

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

Направление подготовки/специальность: 13.04.01 Теплоэнергетика и теплотехника

Наименование образовательной программы: Технология воды и топлива в энергетике

Уровень образования: высшее образование - магистратура

Форма обучения: Очная

Рабочая программа дисциплины
ПРОЕКТИРОВАНИЕ ВОДОПОДГОТОВИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ


Блок:	Блок 1 «Дисциплины (модули)»
Часть образовательной программы:	Часть, формируемая участниками образовательных отношений
№ дисциплины по учебному плану:	Б1.Ч.06
Трудоемкость в зачетных единицах:	3 семестр - 5;
Часов (всего) по учебному плану:	180 часов
Лекции	3 семестр - 32 часа;
Практические занятия	3 семестр - 16 часов;
Лабораторные работы	не предусмотрено учебным планом
Консультации	3 семестр - 18 часов;
Самостоятельная работа	3 семестр - 109,2 часов;
в том числе на КП/КР	3 семестр - 17,7 часов;
Иная контактная работа	3 семестр - 4 часа;
включая:	
Контрольная работа	
Промежуточная аттестация:	
Защита курсового проекта	3 семестр - 0,8 часа;
Экзамен	3 семестр - 0 часов;
	всего - 0,8 часа

Москва 2022

ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:

Преподаватель

(должность)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Громов С.Л.
	Идентификатор	Rb7dd97ab-GromovSL-e5b96e3b

(подпись)


С.Л. Громов

(расшифровка
подписи)

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель
образовательной программы

(должность, ученая степень, ученое звание)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Шацких Ю.В.
	Идентификатор	R6ca75b8e-ShatskikhYV-f045f12f


(подпись)

Ю.В. Шацких

(расшифровка
подписи)

Заведующий выпускающей
кафедры

(должность, ученая степень, ученое звание)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Орлов К.А.
	Идентификатор	R24178de8-OrlovKA-0ab64072

(подпись)

К.А. Орлов

(расшифровка
подписи)

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель освоения дисциплины: изучение общих методов, а также типовых решений, при проектировании систем водоподготовки и очистки сточных вод на ТЭЦ, АЭС, промышленных предприятиях, муниципальных станциях; формирование целостного, комплексного и критического взгляда на технологии водоподготовки, понимание взаимосвязей различных технологий; овладение базовыми навыками проектирования и оценки работы систем водоподготовки.

Задачи дисциплины

- - ознакомление с основными технологическими процессами и аппаратами, используемыми в системах водоподготовки и очистке сточных вод;;
- - изучение принципов создания технологических цепочек водоподготовки на примере типовых решений для разных типов вод;;
- - формирование навыков технологического проектирования систем водоподготовки и очистки стоков;;
- - ознакомление с критериями оценки качества проектов водоподготовительных установок, формирование критического взгляда на процессы проектирования, запуска и эксплуатации;;
- - формирование навыков оптимизации комплексных технологических схем для водоподготовки и очистки сточных вод;;
- - выработка навыков поиска решений проблем, которые могут возникать при эксплуатации систем водоподготовки;;
- - закрепление навыков технологических расчетов процессов ионного обмена и обратного осмоса в контексте проектирования системы водоподготовки в целом;;
- - формирование навыков технологических расчетов систем ультрафильтрации, а также комплексных мембранных систем (ультрафильтрация – осмос) и смешанных систем (ультрафильтрация - осмос – ионный обмен);;
- - ознакомление с принципами составления заданий на разработку проектных решений;;
- - готовность к оценке работы и определения сферы применения нового водоподготовительного 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-2 Способность участвовать в проектировании водоподготовительных и водоочистительных установок и систем с использованием серийного оборудования	ИД-3 _{ПК-2} Проводит расчеты по типовым методикам и расчетным программам, а также проектировать отдельные элементы водоподготовительных установок с использованием средств автоматизированного проектирования	знать: - Терминологию в области аппаратов и технологий водоподготовки, базовые критерии для сравнения различных технологических цепочек;; - Типовые схемы систем водоподготовки, их особенности, достоинства и недостатки, области применения, основные возможности и ограничения существующих технологий ионного обмена, обратного осмоса, осветления, ультрафильтрации, электродеионизации;; - Основные характеристики ионитов и мембран, необходимые для понимания эффективности их работы..

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

Дисциплина относится к основной профессиональной образовательной программе Технология воды и топлива в энергетике (далее – ОПОП), направления подготовки 13.04.01 Теплоэнергетика и теплотехника, уровень образования: высшее образование - магистратура.

Требования к входным знаниям и умениям:

- знать – численные методы (в объёме дисциплин «Информационные технологии» бакалавриата, «Численные методы» магистратуры); – механику (в объёме дисциплины «Прикладная механика» бакалавриата); – основы гидродинамики (в объёме дисциплины «Основы гидрокинетики и гидромеханические процессы разделения»); – основы химии (в объёме дисциплины «Химия» бакалавриата); – основы химии воды (в объёме дисциплины «Основы водных технологий»); – основы физической химии (в объёме дисциплины «Специальные главы физико-химических процессов»); – основы водоподготовки (в объёме дисциплины «Основы водных технологий»); – номенклатуру ионообменных смол, принципы работы систем ионного обмена (в объёме дисциплины «Иониты и ионообменные технологии»); – принципы работы систем обратного осмоса и ультрафильтрации (в объёме дисциплины «Мембранные методы»); – английский язык (в объёме средней школы и технического минимума программы бакалавриата). Дисциплина базируется на следующих дисциплинах: «Математика», «Физика», «Химия», «Информатика», «Техническая термодинамика», «Физическая химия», «Гидродинамика», «Водоподготовка в энергетике» («Основы водных технологий») в объёме программы бакалавриата на базовом уровне, а также «Основы гидрокинетики и гидромеханические процессы разделения», «Иониты и ионообменные технологии», «Мембранные методы» и «Специальные главы физико-химических процессов» программы магистратуры.

- уметь – пользоваться физическими и математическими методами для решения прикладных задач; – использовать в расчетах единицы системы СИ, технической системы; – пользоваться прикладными программами для вычислений в технических и физических задачах,

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 5 зачетных единиц, 180 часов.

№ 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	Общетеоретическая часть	12	3	2	-	2	-	-	-	-	-	8	-	<p><u>Подготовка курсового проекта:</u> Формулирование индивидуальных заданий на курсовой проект (мощность электростанции, тип котлов). Вычисление производительности ХВО.</p> <p><u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], 5-18 [3], 143-208</p>
1.1	Классификация источников воды. Классификация потребителей воды.	6		1	-	1	-	-	-	-	-	4	-	
1.2	Типовые схемы водоподготовки, разбор принципов их работы.	6		1	-	1	-	-	-	-	-	4	-	
2	Предварительная очистка	20		6	-	4	-	-	-	-	-	10	-	
2.1	Общий взгляд на технологии предварительной очистки воды.	10		3	-	2	-	-	-	-	-	5	-	
2.2	Технология ультрафильтрации	10		3	-	2	-	-	-	-	-	5	-	
														<p><u>Подготовка курсового проекта:</u> По индивидуальному заданию подобрать две схемы ХВО по которым будет производиться моделирование. Провести индивидуальную консультацию на тему подбора схем.</p> <p><u>Подготовка расчетных заданий:</u> В рамках практических занятий освоить программу WAVE в разделе "ультрафильтрация" (предварительная очистка. Выполнить тестовое моделирование системы ультрафильтрации производительностью 100 м3/ч.</p> <p><u>Изучение материалов литературных источников:</u> [2], 22-24 [3], 21-142 [4], 107-178</p>

3	Основное обессоливание	52	16	-	6	-	-	-	-	-	-	30	-	<p><u>Подготовка курсового проекта:</u> По индивидуальному заданию провести моделирование в WAVE двух выбранных схем ХВО (без ФСД). Провести индивидуальную консультацию на тему моделирования схем.</p> <p><u>Подготовка расчетных заданий:</u> В рамках практических занятий освоить программу WAVE в разделах "обратный осмос" и "противоточный ионный обмен" (основное обессоливание). Выполнить тестовое моделирование систем обратного осмоса и противоточного ионного обмена производительностью 100 м3/ч.</p> <p><u>Изучение материалов литературных источников:</u></p> <p>[1], 19-40 [2], 24-30 [3], 7-15 [4], 179-247 [5], 72-81</p>
3.1	Технология обратного осмоса	17	5	-	2	-	-	-	-	-	-	10	-	
3.2	Технология ионного обмена	17	5	-	2	-	-	-	-	-	-	10	-	
3.3	Детальное сравнение ионного обмена и обратного осмоса. Технология и оборудование для вибрационного мембранного разделения	18	6	-	2	-	-	-	-	-	-	10	-	
4	Доочистка	22	8	-	4	-	-	-	-	-	-	10	-	<p><u>Подготовка курсового проекта:</u> По индивидуальному заданию добавить моделирование ФСД в WAVE для выбранных схем ХВО (если необходимо). Выполнить графическую часть. Провести индивидуальную консультацию на тему выполнения проектирования.</p> <p><u>Подготовка расчетных заданий:</u> В рамках практических занятий освоить программу WAVE в разделах "ФСД" (основное обессоливание). Выполнить тестовое моделирование систем обратного осмоса и ионного обмена с доочисткой на ФСД производительностью 100 м3/ч.</p> <p><u>Изучение материалов литературных источников:</u></p> <p>[4], 247-281</p>
4.1	Моделирование, конструирование и эксплуатация фильтров ФСД	11	4	-	2	-	-	-	-	-	-	5	-	
4.2	Представление о системах электродеионизации и сэндвич-фильтрах.	11	4	-	2	-	-	-	-	-	-	5	-	
	Экзамен	35.5	-	-	-	-	2.0	-	-	-	-	-	33.5	

	Курсовой проект (КП)	38.5		-	-	-	16	-	4	-	0.8	17.7	-	
	Всего за семестр	180.0		32	-	16	16	2.0	4	-	0.8	75.7	33.5	
	Итого за семестр	180.0		32	-	16	18.0		4		0.8	109.2		

Примечание: Лек – лекции; Лаб – лабораторные работы; Пр – практические занятия; КПП – 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. Общетеоретическая часть

1.1. Классификация источников воды. Классификация потребителей воды.

Типичное качество воды в различных источниках. Типовые требования к качеству очищенной воды (СанПин, РД и т.д.).

1.2. Типовые схемы водоподготовки, разбор принципов их работы.

Краткий обзор процессов и аппаратов водоподготовки в целом и их взаимосвязь. Изучение проблем подбора правильных комбинаций предварительной очистки, основного обессоливания и доочистки..

2. Предварительная очистка

2.1. Общий взгляд на технологии предварительной очистки воды.

Механическая фильтрация, осветление, коагуляция – принципы работы, основные ограничения и области применения, ожидаемое качество фильтрата..

2.2. Технология ультрафильтрации

Принципы работы, основные ограничения и области применения, ожидаемое качество фильтрата. Типы мембран ультрафильтрации, типовая технологическая схема ультрафильтрации, способы промывки. Основы проектирования ультрафильтрации (практические занятия с программой UFlow). Сравнение ультрафильтрации и традиционных систем предварительной очистки воды..

3. Основное обессоливание

3.1. Технология обратного осмоса

Принципы работы, основные ограничения и области применения, ожидаемое качество фильтрата. Схема мембранного элемента, конструкции основных аппаратов, проектирование систем (практические занятия с программой ROSA). Осадкообразование в рулонных обратноосмотических и нанофильтрационных элементах и способы борьбы с ним..

3.2. Технология ионного обмена

Принципы работы, основные ограничения и области применения, ожидаемое качество фильтрата. Типы ионообменных систем. Подбор типов смол. Особенности конструирования и эксплуатации противоточных фильтров и фильтров ФСД. Послойная загрузка и двухкамерные фильтры. Проектирование ионообменных систем (практические занятия с программой CADIX)..

3.3. Детальное сравнение ионного обмена и обратного осмоса. Технология и оборудование для вибрационного мембранного разделения

Критерии выбора технологии в зависимости от качества входной воды и условий на предприятии..

4. Доочистка

4.1. Моделирование, конструирование и эксплуатация фильтров ФСД

Принципы работы, основные ограничения и области применения, ожидаемое качество фильтрата. Внешняя и внутренняя регенерация ФСД..

4.2. Представление о системах электродеионизации и сэндвич-фильтрах.

3.3. Темы практических занятий

1. Проектирование систем обратного осмоса;
2. Проектирование сложных водоподготовительных систем (цепочек);
3. Проектирование фильтров ФСД;
4. Проектирование противоточных ионообменных фильтров;
5. Проектирование систем ультрафильтрации.

3.4. Темы лабораторных работ

не предусмотрено

3.5 Консультации

Аудиторные консультации по курсовому проекту/работе (КПР)

1. Формулирование индивидуальных заданий на курсовой проект (мощность электростанции, тип котлов). Вычисление производительности ХВО.
2. По индивидуальному заданию подобрать две схемы ХВО по которым будет производиться моделирование.
3. По индивидуальному заданию проверяется моделирование в WAVE двух выбранных схем ХВО (без ФСД).
4. По индивидуальному заданию проверяется моделирование ФСД в WAVE для выбранных схем ХВО (если необходимо). Проверяется графическая часть.

Индивидуальные консультации по курсовому проекту /работе (ИККП)

1. Проводится индивидуальная проверка выбора схем ХВО. По необходимости вносятся исправления.
2. Предварительная проверка моделирования в индивидуальном порядке.
3. Финальная проверка моделирования и графической части.

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:						
Основные характеристики ионитов и мембран, необходимые для понимания эффективности их работы.	ИД-3ПК-2	+	+	+		Контрольная работа/КР 2 Подбор технологических схем ХВО. Работа 1
Типовые схемы систем водоподготовки, их особенности, достоинства и недостатки, области применения, основные возможности и ограничения существующих технологий ионного обмена, обратного осмоса, осветления, ультрафильтрации, электродеионизации;	ИД-3ПК-2	+	+			Контрольная работа/КР 1 Предварительная очистка воды
Терминологию в области аппаратов и технологий водоподготовки, базовые критерии для сравнения различных технологических цепочек;	ИД-3ПК-2	+	+	+	+	Контрольная работа/КР 3 Подбор Технологических схем ХВО. Работа 2 Контрольная работа/КР 4 Подбор схемы реконструкции ХВО

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

4.1. Текущий контроль успеваемости

3 семестр

Форма реализации: Письменная работа

1. КР 1 Предварительная очистка воды (Контрольная работа)
2. КР 2 Подбор технологических схем ХВО. Работа 1 (Контрольная работа)
3. КР 3 Подбор Технологических схем ХВО. Работа 2 (Контрольная работа)
4. КР 4 Подбор схемы реконструкции ХВО (Контрольная работа)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

Балльно-рейтинговая структура курсового проекта является приложением Б.

4.2 Промежуточная аттестация по дисциплине

Экзамен (Семестр №3)

Курсовой проект (КП) (Семестр №3)

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

5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1 Печатные и электронные издания:

1. Копылов, А. С. Учебное пособие по курсу "Проектирование и эксплуатации систем обработки воды на ТЭС и АЭС": Проектирование систем обработки воды на ТЭС и АЭС / А. С. Копылов ; Ред. В. Н. Покровский ; Моск. энерг. ин-т (МЭИ) . – М. : Изд-во МЭИ, 1988 . – 48 с.;
2. Методические рекомендации по изучению правил технической эксплуатации электрических станций и сетей Российской Федерации : Учебно-методические материалы / Автор-сост. Ю. Н. Балаков ; Общ. ред. А. В. Цапенко . – М. : Энергосервис, 2003 . – 360 с. - ISBN 5-900835-69-3 .;
3. Рябчиков, Б. Е. Современные методы подготовки воды для промышленного и бытового использования / Б. Е. Рябчиков . – М. : ДеЛи принт, 2004 . – 328 с. - ISBN 5-943430-79-2 .;
4. Технологии мембранного разделения в промышленной водоподготовке / А. А. Пантелеев, Б. Е. Рябчиков, О. В. Хоружий, и др. – М. : ДеЛи плюс, 2012 . – 429 с. - ISBN 978-5-905170-14-0 .;
5. Нормы технологического проектирования тепловых электрических станций и тепловых сетей / М-во энергетики и электрификации СССР . – Москва : СЦНТИ ОРГРЭС, 1975 . – 81 с..

5.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

1. Office;
2. Windows;
3. CADIX;
4. WAVE;

5. ROSA;
6. Uflow.

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

1. Научная электронная библиотека - <https://elibrary.ru/>
2. Электронная библиотека МЭИ (ЭБ МЭИ) - <http://elib.mpei.ru/login.php>

6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Тип помещения	Номер аудитории, наименование	Оснащение
Учебные аудитории для проведения лекционных занятий и текущего контроля	В-411, Учебная лаборатория «Вычислительный центр ТВТ»	стол преподавателя, стол компьютерный, стул, шкаф для одежды, компьютерная сеть с выходом в Интернет, мультимедийный проектор, экран, доска маркерная, доска маркерная передвижная, компьютер персональный, кондиционер
Учебные аудитории для проведения практических занятий, КР и КП	В-411, Учебная лаборатория «Вычислительный центр ТВТ»	стол преподавателя, стол компьютерный, стул, шкаф для одежды, компьютерная сеть с выходом в Интернет, мультимедийный проектор, экран, доска маркерная, доска маркерная передвижная, компьютер персональный, кондиционер
Учебные аудитории для проведения промежуточной аттестации	В-411, Учебная лаборатория «Вычислительный центр ТВТ»	стол преподавателя, стол компьютерный, стул, шкаф для одежды, компьютерная сеть с выходом в Интернет, мультимедийный проектор, экран, доска маркерная, доска маркерная передвижная, компьютер персональный, кондиционер
Помещения для самостоятельной работы	НТБ-303, Компьютерный читальный зал	стол компьютерный, стул, стол письменный, вешалка для одежды, компьютерная сеть с выходом в Интернет, компьютер персональный, принтер, кондиционер
Помещения для консультирования	В-413/1, Кабинет сотрудников каф. "ТОТ"	стул, шкаф для хранения инвентаря, стол письменный, холодильник
Помещения для хранения оборудования и учебного инвентаря	В-417, Помещение учебно-вспомогательного персонала каф. "ТОТ"	кресло рабочее, рабочее место сотрудника, стол, стул, шкаф для документов, шкаф для хранения инвентаря, компьютерная сеть с выходом в Интернет, доска маркерная, многофункциональный центр, компьютер персональный, принтер, кондиционер

БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ**Проектирование водоподготовительных систем**

(название дисциплины)

3 семестр**Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:**

КМ-1 КР 1 Предварительная очистка воды (Контрольная работа)

КМ-2 КР 2 Подбор технологических схем ХВО. Работа 1 (Контрольная работа)

КМ-3 КР 3 Подбор Технологических схем ХВО. Работа 2 (Контрольная работа)

КМ-4 КР 4 Подбор схемы реконструкции ХВО (Контрольная работа)

Вид промежуточной аттестации – Экзамен.

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4
		Неделя КМ:	4	8	12	16
1	Общетеоретическая часть					
1.1	Классификация источников воды. Классификация потребителей воды.		+	+	+	+
1.2	Типовые схемы водоподготовки, разбор принципов их работы.		+	+	+	+
2	Предварительная очистка					
2.1	Общий взгляд на технологии предварительной очистки воды.		+	+	+	+
2.2	Технология ультрафильтрации			+	+	+
3	Основное обессоливание					
3.1	Технология обратного осмоса			+	+	+
3.2	Технология ионного обмена			+	+	+
3.3	Детальное сравнение ионного обмена и обратного осмоса. Технология и оборудование для вибрационного мембранного разделения			+	+	+
4	Доочистка					
4.1	Моделирование, конструирование и эксплуатация фильтров ФСД				+	+
4.2	Представление о системах электродеионизации и сэндвич-фильтрах.				+	+
Вес КМ, %:			10	35	20	35