

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: Технология воды и топлива на ТЭС и АЭС

Уровень образования: высшее образование - бакалавриат

Форма обучения: Очная

Рабочая программа дисциплины
СПЕЦВОДООЧИСТКА НА АЭС

Блок:	Блок 1 «Дисциплины (модули)»
Часть образовательной программы:	Часть, формируемая участниками образовательных отношений
№ дисциплины по учебному плану:	Б1.Ч.05.10
Трудоемкость в зачетных единицах:	8 семестр - 3;
Часов (всего) по учебному плану:	108 часов
Лекции	8 семестр - 28 часа;
Практические занятия	8 семестр - 14 часов;
Лабораторные работы	не предусмотрено учебным планом
Консультации	проводится в рамках часов аудиторных занятий
Самостоятельная работа	8 семестр - 65,7 часа;
в том числе на КП/КР	не предусмотрено учебным планом
Иная контактная работа	проводится в рамках часов аудиторных занятий
включая:	
Контрольная работа	
Промежуточная аттестация:	
Зачет с оценкой	8 семестр - 0,3 часа;

Москва 2024

ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:

Преподаватель

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Верховский А.Е.
	Идентификатор	R96487a0a-VerkhovskyAY-2edec1f

А.Е. Верховский

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель
образовательной программы

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

Ю.В. Шацких

Заведующий выпускающей
кафедрой

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

Ю.В. Шацких

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель освоения дисциплины: изучение технологии очистки радиоактивных вод технологических контуров и обеспечения оптимального водно-химического режима на АЭС Ядерных энергетических установках (ЯЭУ)

Задачи дисциплины

- ознакомление с технологическими процессами при эксплуатации спецводоочисток на АЭС; приобретение навыков применения основных законов термодинамики к процессам, протекающим в сложных термодинамических системах; условиями эволюции подобных систем их равновесного состояния;

- ознакомление с современными методами исследования свойств теплоносителя на АЭС освоение методики расчета процессов, происходящих при фазовых переходах, в том числе и в метастабильном состоянии;

- изучение организации оптимальных водно-химических режимов на АЭС и ЯЭУ;

- овладение навыками принимать и обосновывать конкретные технические решения при последующем проектировании и эксплуатации установок по очистке добавочной воды и обеспечению оптимального водно-химического режима на АЭС;

- ознакомление с современными математическими методами моделирования и расчета поведения примесей теплоносителя;

- приобретение навыков критического мышления при анализе литературных методов расчета схем спецводоочисток на АЭС различного назначения.

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-3 Способен участвовать в организации химического контроля качества воды и поддержании требуемого химического режима на объектах энергетики	ИД-1 _{ПК-3} Владеет методами оценки состояния поверхностей нагрева и трубопроводов, знает современные способы антикоррозионной защиты оборудования и трубопроводов	знать: - основные источники получения информации о физико-химических свойствах теплоносителя технологических контуров АЭС; - основные методы создания уравнений описывающих поведение примесей в теплоносителе технологических контуров АЭС для расчета параметров спецводоочисток различного назначения для инженерных приложений.
ПК-3 Способен участвовать в организации химического контроля качества воды и поддержании требуемого химического режима на объектах энергетики	ИД-3 _{ПК-3} Знает устройство и принцип работы оборудования водоподготовки и водоочистки на объектах энергетики	знать: - способы очистки радиоактивных вод технологических контуров АЭС; - методы прогнозирования количественных характеристик процессов, протекающих в конкретных системах и узлах спецводоочисток на основе существующих методик; - основные способы расчёта химических равновесий и расчёта физико-химических процессов протекающих на спецводоочистках технологических контуров АЭС.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

Дисциплина относится к основной профессиональной образовательной программе Технология воды и топлива на ТЭС и АЭС (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 3 зачетных единицы, 108 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	Радиационная безопасность на АЭС. Источники и состав радиоактивных отходов на АЭС	22	8	8	-	4	-	-	-	-	-	10	-	<p><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Основные источники жидких, твердых и газообразных радиоактивных отходов на АЭС. Протечки радиоактивных вод и способы их сбора. Дезактивационные стоки. Контурные и технологические воды на АЭС с реактором типа ВВЭР, РБМК и БН.</p> <p><u>Изучение материалов литературных источников:</u> [3], стр.5-9</p>	
1.1	Радиационная безопасность на АЭС. Источники и состав радиоактивных отходов на АЭС	22		8	-	4	-	-	-	-	-	10	-		
2	Методы очистки радиоактивных вод.	44		18	-	6	-	-	-	-	-	20	-		<p><u>Подготовка к практическим занятиям:</u> Расчет установок с ионитными фильтрами.</p> <p><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Иониты применяемые для очистки радиоактивных вод. Ионообменные технологии, ионообменные фильтры. Фильтры смешанного действия, регенераторы и ловушки. Вспомогательные устройства ионообменных установок.</p> <p><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Осветление радиоактивных вод при коагуляции. Дозирование и расчет дозы реагентов при коагуляции радиоактивных вод. Осветление радиоактивных вод фильтрованием. Насыпные механические фильтры.</p>
2.1	Методы очистки радиоактивных вод.	44		18	-	6	-	-	-	-	-	20	-		

													<u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], стр.47-76 [2], стр.23-39
3	Схемы и установки спецводо- и газоочистки	24	2	-	4	-	-	-	-	-	18	-	<u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Структура установок спецводоочистки. Системы очистки малосолевых вод на АЭС с реактором РБМК. Ионнообменные технологии спецводоочисток на АЭС с реакторами ВВЭР.
3.1	Схемы и установки спецводо- и газоочистки	24	2	-	4	-	-	-	-	-	18	-	<u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], стр.84-113
	Зачет с оценкой	18.0	-	-	-	-	-	-	-	0.3	-	17.7	
	Всего за семестр	108.0	28	-	14	-	-	-	-	0.3	48	17.7	
	Итого за семестр	108.0	28	-	14	-	-	-	-	0.3	65.7		

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. Радиационная безопасность на АЭС. Источники и состав радиоактивных отходов на АЭС

1.1. Радиационная безопасность на АЭС. Источники и состав радиоактивных отходов на АЭС

Основные сведения. Воздействие ионизирующих излучений на человека. Количественная характеристика биологических эффектов. Правила радиационной безопасности. Методы регистрации ядерных излучений. Барьеры радиационной безопасности. Влияние АЭС на окружающую среду. Основные источники жидких, твердых и газообразных радиоактивных отходов на АЭС. Протечки радиоактивных вод и способы их сбора. Дезактивационные стоки. Контурные и технологические воды на АЭС с реактором типа ВВЭР, РБМК и БН..

2. Методы очистки радиоактивных вод.

2.1. Методы очистки радиоактивных вод.

Осветление радиоактивных вод при коагуляции. Дозирование и расчет дозы реагентов при коагуляции радиоактивных вод. Осветление радиоактивных вод фильтрованием. Насыпные механические фильтры. Монтаж, эксплуатация и расчет насыпных механических фильтров. Намывные и электромагнитные фильтры. Иониты применяемые для очистки радиоактивных вод. Ионообменные технологии, ионообменные фильтры. Фильтры смешанного действия, регенераторы и ловушки. Вспомогательные устройства ионообменных установок. Эксплуатация и расчет установок с ионитными фильтрами. Требования к сооружениям и оборудованию при ионообменной очистке радиоактивной воды. Ремонт и ревизия оборудования ионообменных установок. Выпарные аппараты. Конденсатор-дегазатор. Эксплуатация и расчет выпарных аппаратов. Хранилища жидких и твердых радиоактивных отходов. Отвержение жидких радиоактивных отходов..

3. Схемы и установки спецводо- и газоочистки

3.1. Схемы и установки спецводо- и газоочистки

Классификация спецводоочисток. Структура установок спецводоочистки. Системы очистки малосолевых вод на АЭС с реактором РБМК. Ионообменные технологии спецводоочисток на АЭС с реакторами ВВЭР. Спецводоочистка на ядерных энергетических установках типа плавучей атомной тепловой электростанции «Академик Ломоносов». Технологические схемы спецводоочисток с выпарными аппаратами. Технологическая схема доочистки борного конденсата. Блочная конденсатоочистка. Очистка газообразных радиоактивных отходов..

3.3. Темы практических занятий

1. Концентрация растворов, перевод концентраций;
2. Расчет значений рН, жесткости, щелочности, реакции нейтрализации;
3. Показатели качества воды после коагуляции и совместной коагуляции известкования;
4. Расчет механических и ионообменных фильтров;
5. Составление схем и расчет производительности установок спецводоочистки различного назначения.;
6. Расчет корректирующих реагентов для обработки теплоносителя технологических контуров АЭС и ЯЭУ.

3.4. Темы лабораторных работ не предусмотрено

3.5 Консультации

Групповые консультации по разделам дисциплины (ГК)

1. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Радиационная безопасность на АЭС. Источники и состав радиоактивных отходов на АЭС"
2. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Методы очистки радиоактивных вод."
3. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Схемы и установки спецводо- и газоочистки"

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:					
основные методы создания уравнений описывающих поведение примесей в теплоносителе технологических контуров АЭС для расчета параметров спецводоочисток различного назначения для инженерных приложений	ИД-1ПК-3		+		Контрольная работа/Осветление радиоактивных вод при коагуляции. Дозирование и расчет дозы реагентов при коагуляции радиоактивных вод. Осветление радиоактивных вод фильтрованием. Насыпные механические фильтры. Монтаж, эксплуатация и расчет насыпных механических фильтров. 1.Определение метода коагуляции радиоактивных вод
основные источники получения информации о физико-химических свойствах теплоносителя технологических контуров АЭС	ИД-1ПК-3	+			Контрольная работа/Основные источники жидких, твердых и газообразных радиоактивных отходов на АЭС. Протечки радиоактивных вод и способы их сбора. Дезактивационные стоки. Контурные и технологические воды на АЭС с реактором типа ВВЭР, РБМК и БН
основные способы расчёта химических равновесий и расчёта физико-химических процессов протекающих на спецводоочистках технологических контуров АЭС	ИД-3ПК-3			+	Контрольная работа/Технологические схемы спецводоочисток с выпарными аппаратами. Технологическая схема доочистки борного конденсата. Блочная конденсатоочистка. Очистка газообразных радиоактивных отходов
методы прогнозирования количественных характеристик процессов, протекающих в конкретных системах и узлах спецводоочисток на основе существующих методик	ИД-3ПК-3		+		Контрольная работа/Иониты применяемые для очистки радиоактивных вод. Ионообменные технологии, ионообменные фильтры. Фильтры смешанного действия, регенераторы и ловушки. Вспомогательные устройства ионообменных установок. Эксплуатация и расчет установок с ионитными фильтрами.
способы очистки радиоактивных вод технологических контуров АЭС	ИД-3ПК-3			+	Контрольная работа/Классификация спецводоочисток. Структура установок спецводоочистки. Системы очистки

					малосолевых вод на АЭС с реактором РБМК. Ионобменные технологии спецводоочисток на АЭС с реакторами ВВЭР. Спецводоочистка на ядерных энергетических установках типа плавучей атомной тепловой электростанции «Академик Ломоносов»
--	--	--	--	--	---

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

4.1. Текущий контроль успеваемости

8 семестр

Форма реализации: Письменная работа

1. Иониты применяемые для очистки радиоактивных вод. Ионообменные технологии, ионообменные фильтры. Фильтры смешанного действия, регенераторы и ловушки. Вспомогательные устройства ионообменных установок. Эксплуатация и расчет установок с ионитными фильтрами. (Контрольная работа)
2. Классификация спецводоочисток. Структура установок спецводоочистки. Системы очистки малосолевых вод на АЭС с реактором РБМК. Ионообменные технологии спецводоочисток на АЭС с реакторами ВВЭР. Спецводоочистка на ядерных энергетических установках типа плавучей атомной тепловой электростанции «Академик Ломоносов» (Контрольная работа)
3. Осветление радиоактивных вод при коагуляции. Дозирование и расчет дозы реагентов при коагуляции радиоактивных вод. Осветление радиоактивных вод фильтрованием. Насыпные механические фильтры. Монтаж, эксплуатация и расчет насыпных механических фильтров. 1.Определение метода коагуляции радиоактивных вод (Контрольная работа)
4. Основные источники жидких, твердых и газообразных радиоактивных отходов на АЭС. Протечки радиоактивных вод и способы их сбора. Дезактивационные стоки. Контурные и технологические воды на АЭС с реактором типа ВВЭР, РБМК и БН (Контрольная работа)
5. Технологические схемы спецводоочисток с выпарными аппаратами. Технологическая схема доочистки борного конденсата. Блочная конденсатоочистка. Очистка газообразных радиоактивных отходов (Контрольная работа)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

4.2 Промежуточная аттестация по дисциплине

Зачет с оценкой (Семестр №8)

Заключительная оценка выставляется, как средняя арифметическая за контрольные мероприятия.

В диплом выставляется оценка за 8 семестр.

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. Спецводоочистка на атомных электростанциях : учебное пособие для СПТУ / А. С. Копылов, Е. И. Верховский . – М. : Высшая школа, 1988 . – 208 с.;
2. Пильщиков, А. П. Очистка воды методом фильтрования : Учебное пособие по дисциплине "Химико-технологические процессы, аппараты и режимы" для вузов по направлению "Теплоэнергетика" / А. П. Пильщиков, Моск. энерг. ин-т (МЭИ ТУ) . – М. : Изд-во МЭИ, 2004 . – 64 с. - ISBN 5-7046-1157-5 .;

3. Очков В.Ф.- "Водоподготовка в энергетике", Издательство: "МЭИ", Москва, 2016
<https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785383009680.html>.

5.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

1. Office / Российский пакет офисных программ;
2. Windows / Операционная система семейства Linux;
3. Acrobat Reader;
4. SmathStudio.

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 ВИНТИ online - <http://www.viniti.ru/>
5. База данных журналов издательства Elsevier - <https://www.sciencedirect.com/>
6. База данных Web of Science - <http://webofscience.com/>
7. База данных Scopus - <http://www.scopus.com>
8. Журналы American Chemical Society - <https://www.acs.org/content/acs/en.html>
9. Журналы издательства SAGE Publication (Sage) - <https://journals.sagepub.com/>
10. Журнал Science - <https://www.sciencemag.org/>
11. Журналы издательства Wiley - <https://onlinelibrary.wiley.com/>
12. Электронная библиотека МЭИ (ЭБ МЭИ) - <http://elib.mpei.ru/login.php>
13. Портал открытых данных Российской Федерации - <https://data.gov.ru>
14. База открытых данных Министерства труда и социальной защиты РФ - <https://rosmintrud.ru/opendata>
15. База открытых данных профессиональных стандартов Министерства труда и социальной защиты РФ - <http://profstandart.rosmintrud.ru/obshchiy-informatsionnyy-blok/natsionalnyy-reestr-professionalnykh-standartov/>
16. База открытых данных Министерства экономического развития РФ - <http://www.economy.gov.ru>
17. Официальный сайт Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии - <http://protect.gost.ru/>
18. Открытая университетская информационная система «РОССИЯ» - <https://uisrussia.msu.ru>
19. Официальный сайт Министерства науки и высшего образования Российской Федерации - <https://minobrnauki.gov.ru>
20. Официальный сайт Федеральной службы по надзору в сфере образования и науки - <https://obrnadzor>
21. Федеральный портал "Российское образование" - <http://www.edu.ru>

6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Тип помещения	Номер аудитории, наименование	Оснащение
Учебные аудитории для проведения лекционных занятий и текущего контроля	А-404, Учебная аудитория "А"	парта, стол преподавателя, стул, доска меловая, мультимедийный проектор, экран
Учебные аудитории для проведения	А-404, Учебная аудитория "А"	парта, стол преподавателя, стул, доска меловая, мультимедийный проектор, экран

практических занятий, КР и КП		
Учебные аудитории для проведения промежуточной аттестации	А-404, Учебная аудитория "А"	парта, стол преподавателя, стул, доска меловая, мультимедийный проектор, экран
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 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

Спецводоочистка на АЭС

(название дисциплины)

8 семестр

Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:

- КМ-1 Основные источники жидких, твердых и газообразных радиоактивных отходов на АЭС. Протечки радиоактивных вод и способы их сбора. Дезактивационные стоки. Контурные и технологические воды на АЭС с реактором типа ВВЭР, РБМК и БН (Контрольная работа)
- КМ-2 Осветление радиоактивных вод при коагуляции. Дозирование и расчет дозы реагентов при коагуляции радиоактивных вод. Осветление радиоактивных вод фильтрованием. Насыпные механические фильтры. Монтаж, эксплуатация и расчет насыпных механических фильтров. 1.Определение метода коагуляции радиоактивных вод (Контрольная работа)
- КМ-3 Иониты применяемые для очистки радиоактивных вод. Ионообменные технологии, ионообменные фильтры. Фильтры смешанного действия, регенераторы и ловушки. Вспомогательные устройства ионообменных установок. Эксплуатация и расчет установок с ионитными фильтрами. (Контрольная работа)
- КМ-4 Технологические схемы спецводоочисток с выпарными аппаратами. Технологическая схема доочистки борного конденсата. Блочная конденсатоочистка. Очистка газообразных радиоактивных отходов (Контрольная работа)
- КМ-5 Классификация спецводоочисток. Структура установок спецводоочистки. Системы очистки малосолевых вод на АЭС с реактором РБМК. Ионообменные технологии спецводоочисток на АЭС с реакторами ВВЭР. Спецводоочистка на ядерных энергетических установках типа плавучей атомной тепловой электростанции «Академик Ломоносов» (Контрольная работа)

Вид промежуточной аттестации – Зачет с оценкой.

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4	КМ-5
		Неделя КМ:	4	8	10	14	16
1	Радиационная безопасность на АЭС. Источники и состав радиоактивных отходов на АЭС						
1.1	Радиационная безопасность на АЭС. Источники и состав радиоактивных отходов на АЭС		+				
2	Методы очистки радиоактивных вод.						
2.1	Методы очистки радиоактивных вод.			+	+		
3	Схемы и установки спецводо- и газоочистки						
3.1	Схемы и установки спецводо- и газоочистки					+	+
Вес КМ, %:			15	10	40	20	15