

Направление подготовки 14.03.01 «Ядерная энергетика и теплофизика»
Профиль «Атомные электростанции и установки»
РПД Б1.О.18 «Водоподготовка на АЭС»



**Филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения
высшего образования
«Национальный исследовательский университет «МЭИ»
в г. Смоленске**

УТВЕРЖДАЮ
Заместитель директора филиала
ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»
в г. Смоленске
канд. техн. наук, доцент
В.В. Рожков



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Водоподготовка на АЭС

(НАИМЕНОВАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ)

Направление подготовки (специальность): **14.03.01 «Ядерная энергетика и теплофизика»**

Профиль: **«Атомные электростанции и установки»**

Уровень высшего образования: **бакалавриат**

Нормативный срок обучения: **4 года**

Форма обучения: **очная**

Год набора: **2026**

Смоленск

Программа составлена с учетом образовательного стандарта высшего образования (ОС ВО) по направлению подготовки 14.03.01 «Ядерная энергетика и теплофизика», утвержденного ректором ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» Н.Д. Рогалевым 27.10.2023.

Программу составил:


_____ подпись

к.ф.-м.н., доцент

Любова Т.С.
ФИО

« 10 » октября 2025 г.

Программа обсуждена и одобрена на заседании кафедры «**Промышленная теплоэнергетика**»:
« 15 » октября 2025 г., протокол № 2

Заведующий кафедрой «Промышленная теплоэнергетика»:

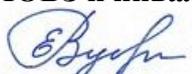

_____ подпись

В.А. Галковский
Ф.И.О.

« 20 » октября 2025 г.

РПД адаптирована для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Ответственный в филиале по работе с ЛОВЗ и инвалидами


_____ подпись

зам. начальника УУ

Е.В. Зуева
ФИО

« 20 » октября 2025 г.

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель

Подготовить обучающихся к научно-исследовательской и проектной деятельности по направлению подготовки 14.03.01 «Ядерная энергетика и теплофизика» посредством обеспечения этапов формирования компетенций, предусматриваемых ФГОС и ОП ВО, в части представленных ниже знаний, умений и навыков; сформировать у обучающихся базовые знания об устройстве и функционировании оборудования для подготовки воды для атомных электростанций.

Вызвать заинтересованность к специальности за счёт ознакомления с основными положениями водно-химической частей теплоэнергетических установок для атомных электростанций и их сетей при соблюдении современных нормативно-технических, высокоэффективных и экологических требований.

Задачи:

Ознакомить со специализированными техническими терминами дисциплины, с основными теоретическими положениями и методами, привить навыки применения теоретических знаний для решения практических и проектных задач подготовки воды для АЭС.

Ознакомить с общими методами анализа схем подготовки воды и топлива, режимов работы и применяемых типов подготовительного оборудования.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОП ВО

Дисциплина «Водоподготовка на АЭС».

Для изучения данной дисциплины необходимы знания, умения и навыки, формируемые базовым средним образованием.

Химия;

Знания, умения и навыки, полученные студентами в процессе изучения данной дисциплины, являются базовыми для изучения следующих дисциплин:

Атомные и тепловые электростанции. Часть 1: Тепловые схемы и режимы работы станций;

Ядерные энергетические реакторы;

Атомные и тепловые электростанции. Часть 2: Тепловые схемы и режимы работы станций;

Парогенераторы атомных и тепловых электростанций и их эксплуатация.

3. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Освоение дисциплины направлено на формирование элементов следующих компетенций в соответствии с ФГОС ВО и ОП ВО по данному направлению подготовки:

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с индикаторами достижения компетенций

Компетенция	Индикаторы достижения компетенций	Результаты обучения
-------------	-----------------------------------	---------------------

<p>УК-9. Способен принимать обоснованные экономические решения в различных областях жизнедеятельности</p>	<p>УК-9.2 Понимает цели и механизмы основных видов государственной социально-экономической политики и ее влияние на индивида</p>	<p>Знает цели и механизмы основных видов государственной социально-экономической политики Владеет основными механизмами государственной социально-экономической политики и ее влияние на индивида Умеет определять стоимость различных процессов и оборудования водоподготовки для объектов АЭС.</p>
<p>ОПК-1. Способен использовать базовые знания естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования</p>	<p>ОПК-1.5 Использует основные законы химии, классификацию и свойства, в том числе закономерности ядерных превращений</p>	<p>Знает: виды оборудования для подготовки воды, его функциональное назначение, режимы работы подготовительных установок на объектах ядерной энергетике. Умеет: определять состав оборудования для подготовки воды и её параметры, разрабатывает альтернативные варианты технических решений. Владеет: навыками поиска и оценки специальной информации о подготовительном оборудовании и необходимых компонент в справочной литературе, каталогах, сети Интернет.</p>

Содержание дисциплины:

№	Наименование видов занятий и тематик, содержание
1	<p>Лекционные занятия 9 шт. по 2 часа:</p> <p>1.1. Лекция 1. Показатели качества воды. Схемы обращения воды в циклах АЭС. Классификация и характеристики примесей природных вод. Показатели качества воды.</p> <p>1.2. Лекция 2. Предварительная очистка воды. Методы и схема обработки воды (коагуляция, известкование и коагуляция). Показатели качества воды после коагуляции, известкования и коагуляции.</p> <p>1.3. Лекция 3. Осветление воды методами фильтрования (насыпные, электромагнитные, фильтры). Технология осветления, схемы фильтрования.</p> <p>1.4. Лекция 4. Обработка воды методами ионного обмена. Общие сведения об ионитах и закономерностях ионообменных процессов. Технологические характеристики ионитов.</p> <p>1.5. Лекция 5. Технология ионного обмена (Na-, H-катионирования, анионирование).</p> <p>1.6. Лекция 6. Технологические схемы ионитных установок.</p> <p>1.7. Лекция 7. Мембранные технологии водоподготовки. Технология обратного осмоса и ультрафильтрации. Технология электродиализа.</p> <p>1.8. Лекция 8. Коррекционные методы обработки. Основные методы и закономерности.</p> <p>1.9. Лекция 9. Специальные методы очистки воды для АЭС.</p>
2	<p>Практические занятия 8 шт. по 2 часа:</p> <p>2.1. Расчет показателей качества воды.</p> <p>2.2. Определение ионной силы.</p> <p>2.3. Определение жёсткости, щёлочности воды.</p> <p>2.4. Расчет установки для H-Na-катионирования воды.</p> <p>2.5. Расчет электродиализной установки.</p> <p>2.6. Расчет обратноосмотической установки.</p> <p>2.7. Расчет установки для обезжелезивания воды аэрацией.</p> <p>2.8. Расчет установки для реагентного обезжелезивания воды.</p>
3	<p>Самостоятельная работа студентов - 29 час:</p> <p>3.1. Современные методы обезжелезивания воды.</p> <p>3.2. Классификация накипей.</p> <p>3.3. Виды коррозии, стимуляторы и ингибиторы коррозии.</p> <p>3.3. Коррекционные методы обработки воды.</p> <p>3.4. Очистка конденсатов электромагнитными фильтрами.</p>

Текущий контроль: опросы по материалам лекций, контрольные работы по темам: «Определение производительности водоподготовительной установки», «Определение ионной силы», «Определение жёсткости, щёлочности воды».

5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Таблица 5.1 - Образовательные технологии, используемые при реализации различных видов учебной занятий по дисциплине

№ п/п	Виды учебных занятий	Образовательные технологии
	Лекции	Классическая (традиционная, информационная) лекция

	Практические занятия	Технология обучения на основе решения задач и выполнения упражнений Проектная технология
	Самостоятельная работа студентов (внеаудиторная)	Информационно-коммуникационные технологии (доступ к ЭИОС филиала, к ЭБС филиала, доступ к информационно-методическим материалам по дисциплине)
	Контроль (промежуточная аттестация: зачёт с оценкой, защита реферата)	Технология устного опроса

6. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ – ДЛЯ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

К промежуточной аттестации студентов по дисциплине могут привлекаться представители работодателей, преподаватели последующих дисциплин, заведующие кафедрами.

Оценка качества освоения дисциплины включает как текущий контроль успеваемости, так и промежуточную аттестацию.

Форма текущего контроля по настоящей дисциплине – опросы по материалам лекций, контрольные работы по темам: «Определение производительности водоподготовительной установки», «Определение ионной силы», «Определение жёсткости, щёлочности воды», защита рефератов.

Для проведения опросов по материалам лекций используется следующий примерный перечень вопросов:

1. Принципиальная схема обращения воды в АЭС.
2. Классификация примесей и характеристика примесей природных вод.
3. Основные показатели качества воды.
4. Классификация накипей.
5. Виды коррозии, стимуляторы и ингибиторы коррозии.
6. Коагуляция коллоидных примесей воды.
7. Технологические показатели качества воды после коагуляции.
8. Известкование и коагуляция.
9. Технологические показатели качества воды после известкования и коагуляции.
10. Конструкции осветлителей.
11. Принципиальная схема коагуляционной установки.
12. Принципиальная схема осветлителя типа ЦНИИ-2.
13. Фильтрация, виды, механизм, основные параметры.
14. Технология осветления воды на насыпных фильтрах.
15. Очистка конденсатов электромагнитными фильтрами.
16. Технология характеристики ионитов.
17. Технология Na-катионирования.
18. Технология H-катионирования.
19. Технология аммоний-катионирования.
20. H-катионирование в различных схемах обработки воды.
21. H-катионирование с «голодной» регенерацией фильтров.
22. Технология Na-Cl-ионирования.
23. Методы определения свободной углекислоты в исходной воде.

24. Процесс декарбонизации, технология удаления диоксида углерода в декарбонизаторе.
25. Технология умягчения воды методом обратного осмоса.
26. Принципиальная схема обратноосмотической установки.
27. Виды полупроницаемых мембран, технические характеристики.
28. Технология ультрадиализа.
29. Технология электродиализа.
30. Принципиальная схема многокамерного электродиализатора.
31. Характеристики ионообменных мембран.
32. Коррекционные методы обработки воды для объектов ядерной энергетика: а) фосфатирование; б) аминирование; в) нитратирование; г) сульфитирование.

Пример типового задания на контрольной работе: «Определение производительности водо-подготовительной установки».

Определить производительность ВПУ для АЭС, на которой суммарная паропроизводительность равна 2560 т/ч, отдача пара на производство составляет 120 т/ч, возврат конденсата 80%.

Пример типового задания на контрольной работе: «Определение ионной силы».

При анализе речной воды установлено следующее содержание в ней ионов:

$$C_{Na^+} = 52,2 \text{ мг/л}; \quad C_{Ca^{2+}} = 57,4 \text{ мг/л}; \quad C_{Mg^{2+}} = 18 \text{ мг/л}; \quad C_{SO_4^-} = 161 \text{ мг/л}; \quad C_{Cl^-} = 35 \text{ мг/л}; \\ C_{CO_3^{2-}} = 68,4 \text{ мг/л}. \text{ Определить ионную силу воды.}$$

Пример типового задания на контрольной работе: «Определение жёсткости, щёлочности воды».

Определить общую щелочность воды, если в ней сумма анионов слабых кислот

$$\sum C_{An}^{с.к.} = 1,3 \frac{\text{мг-экв}}{\text{л}}, \text{ а её pH} = 7,0 \text{ и ионная сила воды } \mu = 0,1.$$

Форма промежуточной аттестации по настоящей дисциплине – зачет с оценкой в 1-м семестре.

Примерный перечень вопросов к зачету:

1. Принципиальная схема обращения воды в АЭС.
2. Классификация примесей и характеристика примесей природных вод.
3. Основные показатели качества воды.
4. Классификация накипей.
5. Виды коррозии, стимуляторы и ингибиторы коррозии.
6. Коагуляция коллоидных примесей воды.
7. Технологические показатели качества воды после коагуляции.
8. Известкование и коагуляция.
9. Технологические показатели качества воды после известкования и коагуляции.
10. Конструкции осветлителей.
11. Принципиальная схема коагуляционной установки.
12. Принципиальная схема осветлителя типа ЦНИИ-2.
13. Фильтрование, виды, механизм, основные параметры.
14. Технология осветления воды на насыпных фильтрах.
15. Очистка конденсатов электромагнитными фильтрами.
16. Технология характеристики ионитов.
17. Технология Na-катионирования.
18. Технология H-катионирования.
19. Технология аммоний-катионирования.
20. H-катионирование в различных схемах обработки воды.
21. H-катионирование с «голодной» регенерацией фильтров.
22. Технология Na-Cl-ионирования.
23. Методы определения свободной углекислоты в исходной воде.

24. Процесс декарбонизации, технология удаления диоксида углерода в декарбонизаторе.
25. Технология умягчения воды методом обратного осмоса.
26. Принципиальная схема обратноосмотической установки.
27. Виды полупроницаемых мембран, технические характеристики.
28. Технология ультрадиализа.
29. Технология электродиализа.
30. Принципиальная схема многокамерного электродиализатора.
31. Характеристики ионообменных мембран.
32. Коррекционные методы обработки воды для объектов ядерной энергетики : а) фосфатирование; б) аминирование; в) нитратирование; г) сульфитирование.

В филиале используется система с традиционной шкалой оценок – «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно», «зачтено», «не зачтено» (далее - пятибалльная система).

Применяемые критерии оценивания по дисциплинам (в соответствии с инструктивным письмом НИУ МЭИ от 14 мая 2012 года № И-23):

Оценка по дисциплине	Критерии оценки результатов обучения по дисциплине
«отлично»/ «зачтено (отлично)»/ «зачтено»	Выставляется обучающемуся, обнаружившему всестороннее, систематическое и глубокое знание материалов изученной дисциплины, умение свободно выполнять задания, предусмотренные программой, усвоивший основную и знакомый с дополнительной литературой, рекомендованной рабочей программой дисциплины; проявившему творческие способности в понимании, изложении и использовании материалов изученной дисциплины, безупречно ответившему не только на вопросы билета, но и на дополнительные вопросы в рамках рабочей программы дисциплины, правильно выполнившему практическое задание. Оценка по дисциплине выставляется обучающемуся с учётом результатов текущего контроля. Компетенции, закреплённые за дисциплиной, сформированы на уровне – «эталонный».
«хорошо»/ «зачтено (хорошо)»/ «зачтено»	Выставляется обучающемуся, обнаружившему полное знание материала изученной дисциплины, успешно выполняющему предусмотренные задания, усвоившему основную литературу, рекомендованную рабочей программой дисциплины; показавшему систематический характер знаний по дисциплине, ответившему на все вопросы билета, правильно выполнивший практическое задание, но допустивший при этом не принципиальные ошибки. Оценка по дисциплине выставляется обучающемуся с учётом результатов текущего контроля. Компетенции, закреплённые за дисциплиной, сформированы на уровне – «продвинутый».
«удовлетворительно»/ «зачтено (удовлетворительно)»/ «зачтено»	Выставляется обучающемуся, обнаружившему знание материала изученной дисциплины в объеме, необходимом для дальнейшей учебы и предстоящей работы по профессии, справляющемуся с выполнением заданий, знакомому с основной литературой, рекомендованной рабочей программой дисциплины; допустившему погрешность в ответе на теоретические вопросы и/или при выполнении практических заданий, но обладающему необходимыми знаниями для их устранения под руководством преподавателя, либо неправильно выполнившему практическое задание, но по указанию преподавателя выполнившему другие практические задания из того же раздела дисциплины.. Компетенции, закреплённые за дисциплиной, сформированы на уровне – «пороговый».
«неудовле-	Выставляется обучающемуся, обнаружившему серьезные пробелы в знаниях ос-

Оценка по дисциплине	Критерии оценки результатов обучения по дисциплине
творительно/ не зачтено	новного материала изученной дисциплины, допустившему принципиальные ошибки в выполнении заданий, не ответившему на все вопросы билета и дополнительные вопросы и неправильно выполнившему практическое задание (неправильное выполнение только практического задания не является однозначной причиной для выставления оценки «неудовлетворительно»). Как правило, оценка «неудовлетворительно» ставится студентам, которые не могут продолжить обучение по образовательной программе без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине. Оценка по дисциплине выставляется обучающемуся с учётом результатов текущего контроля. Компетенции на уровне «пороговый», закреплённые за дисциплиной, не сформированы.

7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Учебное и учебно-лабораторное оборудование

Учебная аудитория для проведения лекционных и практических занятий, оснащённая следующим основным оборудованием:

- доска маркерная – 1 шт.;
- доска меловая – 1 шт.;
- парты 20 шт. на 40 посадочных мест.

Помещение для самостоятельной работы обучающихся, оснащённое компьютерной техникой, с возможностью подключения к сети Интернет и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду организации <https://eleden.sbmpei.ru/>:

- персональный компьютер – 18 шт.;
- принтер – 1 шт.;
- мультимедийный проектор – 1 шт.;
- компьютерная сеть с выходом в Интернет – 1 шт.

8. ОБЕСПЕЧЕНИЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ДЛЯ ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ И ИНВАЛИДОВ

В ходе реализации дисциплины используются следующие дополнительные методы обучения, текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся в зависимости от их индивидуальных особенностей:

для слепых и слабовидящих:

- лекции оформляются в виде электронного документа, доступного с помощью компьютера со специализированным программным обеспечением;
- письменные задания выполняются на компьютере со специализированным программным обеспечением, или могут быть заменены устным ответом;
- обеспечивается индивидуальное равномерное освещение не менее 300 люкс;
- для выполнения задания при необходимости предоставляется увеличивающее устройство; возможно также использование собственных увеличивающих устройств;

- письменные задания оформляются увеличенным шрифтом;
- экзамен и зачёт проводятся в устной форме или выполняются в письменной форме на компьютере.

для глухих и слабослышащих:

- лекции оформляются в виде электронного документа;
- письменные задания выполняются на компьютере в письменной форме;
- экзамен и зачёт проводятся в письменной форме на компьютере; возможно проведение в форме тестирования.

для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

- лекции оформляются в виде электронного документа, доступного с помощью компьютера со специализированным программным обеспечением;
- письменные задания выполняются на компьютере со специализированным программным обеспечением;
- экзамен и зачёт проводятся в устной форме или выполняются в письменной форме на компьютере;
- используется специальная учебная аудитория для лиц с ЛОВЗ – ауд. 106 главного учебного корпуса по адресу 214013, г. Смоленск, Энергетический пр-д, д.1, здание энергетического института (основной корпус).

При необходимости предусматривается увеличение времени для подготовки ответа.

Процедура проведения промежуточной аттестации для обучающихся устанавливается с учётом их индивидуальных психофизических особенностей. Промежуточная аттестация может проводиться в несколько этапов.

При проведении процедуры оценивания результатов обучения предусматривается использование технических средств, необходимых в связи с индивидуальными особенностями обучающихся. Эти средства могут быть предоставлены филиалом, или могут использоваться собственные технические средства.

Проведение процедуры оценивания результатов обучения допускается с использованием дистанционных образовательных технологий.

Обеспечивается доступ к информационным и библиографическим ресурсам в сети Интернет для каждого обучающегося в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

для слепых и слабовидящих:

- в печатной форме увеличенным шрифтом;
- в форме электронного документа;
- в форме аудиофайла.

для глухих и слабослышащих:

- в печатной форме;
- в форме электронного документа.

для обучающихся с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

- в печатной форме;
- в форме электронного документа;
- в форме аудиофайла.

9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Основная литература.

1. Копылов А.С. Водоподготовка в энергетике: учебное пособие для вузов / А. С. Копылов, В. М. Лавыгин, В. Ф. Очков - Москва: Издательский дом МЭИ, 2016. - ISBN 978-5-383-00968-0. - Текст: электронный // ЭБС "Консультант студента": [сайт]. - URL: <https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785383009680.html> (дата обращения: 01.04.2021). - Режим доступа: по подписке.

Дополнительная литература.

1. Чиж В.А. Водоподготовка и водно-химические режимы ТЭС и АЭС. Лабораторный практикум: учеб. пособие / В. А. Чиж, Н. Б. Карницкий, Е. Н. Криксина, А. В. Нерезько - Минск: Высш. шк., 2019. - 159 с. - ISBN 978-985-06-2122-1. - Текст: электронный // ЭБС "Консультант студента": [сайт]. - URL: <https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9789850621221.html> (дата обращения: 01.04.2021). - Режим доступа: по подписке.

2. Копылов А. С. Процессы и аппараты передовых технологий водоподготовки и их программированные расчеты: учебное пособие / А. С. Копылов, В. Ф. Очков, Ю. В. Чудова - Москва: Издательский дом МЭИ, 2016. - ISBN 978-5-383-01028-0. - Текст: электронный // ЭБС "Консультант студента": [сайт]. - URL: <https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785383010280.html> (дата обращения: 01.04.2021). - Режим доступа: по подписке.

3. Воронов, Ю.В. Водоподготовка и спецводоочистка на АЭС [Текст] / Ю. В. Воронов, А. Г. Первов, М. А. Сомов ; под общ. ред. Ю. В. Воронова. — Москва : Изд-во АСВ, 2016. — 199 с. : ил. : 21 см.; ISBN 978-5-4323-0147-5.

ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ

Но- мер изме- не- ния	Номера страниц				Всего стра- ниц в доку- менте	Наименование и № документа, вводящего изменения	Подпись, Ф.И.О. внесшего измене- ния в данный эк- земпляр	Дата внесения из- менения в данный эк- земпляр	Дата введения из- менения
	изме- нен- ных	заме- нен- ных	но- вых	анну- лиро- ванн- ых					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10