

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(ФГБОУ ВО «ВГУ»)

УТВЕРЖДАЮ

И.о. заведующий баз. каф.
«Атомные станции с водо-водяными
энергетическими реакторами» (АСВВЭР)



Иванченко А. И.
17.06.2023 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Б1.О.31 Обработка воды на АЭС

1. Код и наименование специальности:

14.05.02 Атомные станции: проектирование, эксплуатация и инжиниринг

2. Профиль подготовки/специализация:

Проектирование и эксплуатация атомных станций

3. Квалификация выпускника: инженер – физик

4. Форма обучения: очная

5. Кафедра, отвечающая за реализацию дисциплины:

Баз. каф. «Атомные станции с водо-водяными энергетическими реакторами» (АСВВЭР)

6. Составители программы:

и.о. зав. базовой каф. «Атомные станции с водо-водяными энергетическими реакторами»
(АСВВЭР) к.т.н., доц. Иванченко А.И.

7. Рекомендована:

Научно – методическим советом физического факультета, протокол №6 от 14.06.2023 г.

8. Учебный год: 2026/2027

Семестр(ы): 8

9. Цели и задачи учебной дисциплины

Целями освоения учебной дисциплины являются:

- приобретение студентами знаний в области подготовки воды для использования в технологических циклах атомных электрических станций, методов обработки воды и очистки сточных вод, вопросов эксплуатации и проектирования водоподготовительного оборудования.

Задачи учебной дисциплины:

- раскрыть основы обеспечения оптимальных режимов работы ядерного реактора, тепломеханического оборудования и энергоблока АС в целом при пуске, останове, работе на мощности и переходе с одного уровня мощности на другой с соблюдением требований безопасности.

10. Место учебной дисциплины в структуре ООП:

Учебная дисциплина Обработка воды на АЭС относится к обязательной части Блока 1

11. Планируемые результаты обучения по дисциплине/модулю (знания, умения, навыки), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями) и индикаторами их достижения:

Код	Название компетенции	Код(ы)	Индикатор(ы)	Планируемые результаты обучения
ОПК-1	Способен использовать базовые знания естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования	ОПК-1.2	Знает основные понятия и законы механики жидкости и газа, тепломассообмена; уравнений неразрывности, движения, сохранения энергии применительно к потокам; основные законы технической термодинамики	Знать: - роль подготовки теплоносителя для обеспечения надежной, безопасной и экономичной эксплуатации АЭС; - физико-химические процессы, протекающие в пароводяных трактах АЭС, водно-химические режимы контуров одно- двух- и трехконтурных АЭС и их обеспечение; - требования, предъявляемые к теплоносителю, основные современные методы и технологические приемы обработки водного теплоносителя; - технологические показатели качества воды, источники радиоактивных загрязнений, качественный состав водного теплоносителя АЭС; - методы предварительной очистки воды от грубодисперсных и коллоидных примесей; - методы снижения щелочности, жесткости воды, обессоливание воды; - источники жидких радиоактивных отходов, осветление и обессоливание радиоактивных вод, технологии спецводоочисток; - методы предотвращения образования отложений, методы защиты оборудования от коррозии; - прогрессивные технологии обработки природных вод и загрязненных конденсатов; - нормы качества воды и пара, конденсатов, питательной воды испарителей; - концентрирование и захоронение радиоактивных отходов;
		ОПК-1.3	Знает основные понятия и законы химии, экологии	
		ОПК-1.10	Владеет составлением и расчетом математических моделей процессов и объектов АС навыками расчета тепловой эффективности рабочих циклов энергетического оборудования	
ПК-2	Способен анализировать и использовать научно-техническую информацию,	ПК-2.5	Применяет физические и химические законы для описания процессов	Уметь: - проводить анализ воды с определением качественных показателей; - обосновать выбор рациональной схемы

	формулировать цели проекта, ставить и решать инновационные задачи комплексного инженерного анализа в области проектирования и эксплуатации АС		использования воды и топлива на АС	водоподготовительной установки; - проводить осветление и умягчение воды в условиях топливно- и водоаналитической лаборатории. Владеть: - навыками самостоятельной индивидуальной работы; - сведениями о конструкциях водоподготовительного оборудования спецводоочисток и конденсатоочисток АЭС; - навыками использования нормативно-технической литературы.
--	---	--	------------------------------------	---

12. Объем дисциплины в зачетных единицах/час. — 5/180.

Форма промежуточной аттестации - экзамен

13. Трудоемкость по видам учебной работы

Вид учебной работы		Трудоемкость	
		Всего	По семестрам
			8 семестр
Аудиторные занятия		96	96
в том числе:	лекции	32	32
	практические	32	32
	лабораторные	32	32
Самостоятельная работа		48	48
в том числе: курсовая работа (проект)			
Форма промежуточной аттестации		36	Экзамен (36 ч)
Итого:		180	180

13.1. Содержание дисциплины

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела дисциплины	Реализация раздела дисциплины с помощью онлайн-курса, ЭУМК*
1. Лекции			
1.1	Назначение и роль водоподготовки в технологических схемах одно-, двух- и трехконтурных АЭС	Классификация ядерных реакторов. Принципиальные тепловые схемы одно- двух - и трехконтурных АЭС. Обращение теплоносителя в рабочем цикле станции. Пароводяной баланс. Вода, как теплоноситель, замедлитель, охлаждающая среда и технологическое сырье для генерации пара. Источники загрязнений на АЭС. Основные физико-химические процессы в водопаровых трактах АЭС. Требования к теплоносителю, достоинства и недостатки легководного теплоносителя.	https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=29217
1.2	Примеси природных вод и показатели качества воды	Классификация природных вод и характеристика водоисточника. Классификация примесей природных вод и характеристика ионизированных примесей. Классификация поверхностных природных и подземных вод и закономерности изменения их состава. Физико-химические и технологические показатели качества воды. Нормы качества теплоносителя первых и вторых контуров ядерных энергетических реакторов.	https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=29217
1.3	Физико-химические процессы, протекающие в тракте АЭС	Радиационные процессы, протекающие в контурах ядерных энергетических установок — газообразные носители радиоактивности ЯЭУ, осколочная	https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=29217

		<p>активность теплоносителя, причины поступления примесей в пароводяной тракт АЭС, активация примесей и наведенная активность теплоносителя. Радиолиз воды. Радиационно-химические реакции. Влияние состава среды и мощности реактора на выход продуктов разложения воды. Подавление радиолиза в условиях эксплуатации ЯЭУ. Классификация коррозионных повреждений. Условия протекания коррозии. Коррозия металла первого контура АЭС с различными типами реактора. Образование отложений. Классификация отложений. Качественный состав, теплоносителя. Поведение примесей в активной зоне реактора. Условия образования активных и неактивных отложений в пароводяном тракте АЭС.</p>	
1.4	Предварительная очистка воды	<p>Удаление из воды грубодисперсных и коллоидных примесей. Коагуляция коллоидных примесей воды. Свойства природных коллоидных систем и причины их устойчивости. Коагулянты и механизм коагуляции. Объемная коагуляция, соосаждение с кристаллическими осадками, фосфатная коагуляция. Факторы, влияющие на эффективность процесса коагуляции и эффективность очистки воды от радионуклидов методами коагуляции. Известкование, содоизвесткование и магниезальное обескремнивание воды, факторы, влияющие на эффективность этих процессов. Осветление воды фильтрованием. Высокотемпературные фильтры. Электромагнитные фильтры</p>	<p>https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=29217</p>
1.5	Обработка воды методом ионного обмена	<p>Физико-химические основы ионного обмена. Строение ионитов, их классификация, марки, технологические характеристики. Требования к ионитам, эквивалентность и обратимость ионного обмена. Схемы ионообменных установок для приготовления добавочной, питательной воды, для химического обессоливания, обескремнивания и обжелезивания и их применение в практике обработки радиоактивных вод АЭС. Особенности применения ионообменных материалов в ядерной энергетике – радиолиз и термолиз ионитов.</p>	<p>https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=29217</p>
1.6	Безреагентные методы подготовки воды	<p>Мембранные процессы подготовки воды. Механизм перехода воды через мембрану. Типы мембран. Эффективность обработки воды электродиализом. Комбинирование мембранных методов с ионным обменом. Применение безреагентных методов в практике обработки радиоактивных вод АЭС. Растворимость газов в воде. Способы удаления растворенных газов. Десорбционное обескислороживание. Удаление свободной углекислоты. Классификация, типы и конструкции деаэраторов. Химические методы удаления газов из воды. Устройство, работа и назначение конденсаторов-дегазаторов для обработки радиоактивных вод АЭС. Преимущества и недостатки по сравнению с деаэратором-дегазатором.</p>	<p>https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=29217</p>
1.7	Обработка охлаждающей воды	<p>Схемы водоснабжения. Условия образования и характер накипей. Способы предотвращения. Фосфатирование, подкисление, ингибирование, магнитная, акустическая обработка. Водно-химические условия эксплуатации вспомогательных контуров атомных установок. Контур охлаждения каналов системы управления и</p>	<p>https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=29217</p>

		защиты реактора (СУЗ). Система охлаждения биологической защиты реактора. Вода бассейнов выдержки и хранения кассет (БВ).	
1.8	Метод дистилляции в системе водоподготовки АЭС	Физико-химические основы дистилляции. Типы и конструкции испарителей. Схемы испарительных одно- и многоступенчатых установок. Образование накипи и методы ее предотвращения в испарителях. Схемы установок для подготовки питательной воды испарителей. Схемы паропреобразовательных установок. Дистилляция радиоактивных вод. Конструкция и особенности эксплуатации выпарных аппаратов. Применение в схемах обработки радиоактивных вод.	https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=29217
1.9	Организация водно-химических режимов АЭС	Водно-химический режим первого контура АЭС с реактором ВВЭР. Водно-химический режим второго контура АЭС с реактором ВВЭР. Водно-химический режим одноконтурных АЭС. Перспективные водно-химические режимы.	https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=29217
1.10	Источники и состав радиоактивных отходов на АЭС	Источники радиоактивных отходов. Классификация радиоактивных отходов по уровню активности и характеру загрязнений. Протечки радиоактивных вод и способы их сбора. Дезактивационные стоки. Контурные и технологические воды АЭС с реакторами ВВЭР. Контурные и технологические воды с реакторами РЬМК.	https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=29217
1.11	Принципиальные технологические схемы установок для переработки радиоактивных отходов	Спецводоочистки. Назначение и классификация спецводоочисток. Схема очистки конденсата турбин и питательной воды парогенератора и ядерной паропроизводящей установки (ЯГПУ). Обработка воды основных контуров АЭС. Обработка вод бассейнов выдержки. Очистка охлаждающей воды контура СУЗ. Очистка организованных протечек. Очистка отмывочных вод и вод взрыхления. Очистка дезактивирующих растворов контура многократной принудительной	https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=29217
1.12	Концентрирование и отверждение жидких радиоактивных отходов	Способы глубокого концентрирования радиоактивных отходов. Фильтрование. Отстаивание. Доупаривание. Выпарные аппараты. Конденсатор-дегазатор. Способы отверждения жидких радиоактивных отходов. Стеклование. Цементирование. Битумирование.	https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=29217
2. Практические занятия			
2.1	Предварительная очистка воды	Характеристика водоисточника. Выбор схемы водоподготовки на основе общего анализа воды.	https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=29217
2.2	Метод дистилляции в системе водоподготовки АЭС	Расчет показателей качества воды по ступеням ее обработки	https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=29217
2.3	Концентрирование и отверждение жидких радиоактивных отходов	Расчет комплексной схемы глубокого обессоливания воды	https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=29217
3. Лабораторные занятия			
3.1	Предварительная очистка воды	Лабораторная работа №1.	https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=29217
3.2	Метод дистилляции в системе водоподготовки АЭС	Лабораторная работа №2	https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=29217
3.3	Концентрирование и отверждение жидких радиоактивных отходов	Лабораторная работа №3	https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=29217

13.2. Темы (разделы) дисциплины и виды занятий

№ п/п	Наименование темы (раздела) дисциплины	Виды занятий (количество часов)				
		Лекции	Практические	Лабораторные	Самостоятельная работа	Всего
1.	Назначение и роль водоподготовки в технологических схемах одно-, двух- и трехконтурных АЭС	2			4	6
2.	Примеси природных вод и показатели качества воды	2			4	6
3.	Физико-химические процессы, протекающие в тракте АЭС	4			4	8
4.	Предварительная очистка воды	4	10	10	4	28
5.	Обработка воды методом ионного обмена	2			4	6
6.	Безреагентные методы подготовки воды	2			4	6
7.	Обработка охлаждающей воды	4			4	8
8.	Метод дистилляции в системе водоподготовки АЭС	2	8	8	4	22
9.	Организация водно-химических режимов АЭС	4			4	8
10.	Источники и состав радиоактивных отходов на АЭС	2			4	6
11.	Принципиальные технологические схемы установок для переработки радиоактивных отходов	2			4	6
12.	Концентрирование и отверждение жидких радиоактивных отходов	2	14	14	4	34
	Контроль:					36
	Итого:	32	32	32	48	180

14. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины:

Студентам на лекциях необходимо вести подробный конспект и стараться понять материал курса. Для полного понимания материала следует активно использовать консультации. Для самостоятельного изучения разделов курса, рекомендованных преподавателем, необходимо пользоваться основной и дополнительной литературой, интернет-ресурсами.

На практических занятиях необходимо уметь решать задачи и анализировать решение, на устных опросах обучаемый должен уметь продемонстрировать полученные на лекциях и практических занятиях знания, умения и навыки, отвечать на поставленные вопросы, поддерживать дискуссию по существу вопроса.

Методическое обеспечение аудиторной работы: учебно-методические пособия для студентов, учебники и учебные пособия, электронные и Интернет-ресурсы.

Методическое обеспечение самостоятельной работы: учебно-методические пособия по организации самостоятельной работы, контрольные задания и тесты в бумажном и электронном вариантах, тестирующие системы, дистанционные формы

общения с преподавателем. Контроль самостоятельной работы реализуется с помощью опросов, тестов, вопросов по темам заданий и т.д.

15. Перечень основной и дополнительной литературы, ресурсов интернет, необходимых для освоения дисциплины

а) основная литература:

№ п/п	Источник
1.	Чебанов С. Н., Ларин Б. М. Водоподготовка и водно-химический режим тепловых электростанций: практ.пособие/ ГОУ ВПО «Ивановский гос.энерг.ун-т им В. И. Ленина». – Иваново, 2009. -428 с.
2.	Любимова Л.Л., Заворин А.С., Макеев А.А. Технология подготовки воды для контуров котлов, парогенераторов, реакторов и систем их обеспечения: учебное пособие. – Томск: Изд. ТПУ, 2009. -293 с.
3.	Копылов А.С. Процессы и аппараты передовых технологий водоподготовки и их программированные расчеты: учебное пособие для вузов/ Копылов А. С., В.Ф. Очков, Ю.В. Чудова. – М.: Издательский дом МЭИ, 2009. – 222 с.
4.	Вихрев В.Ф., Шкроб М.С. Водоподготовка. – М.: Энергия, 1973 -416 с.

б) дополнительная литература:

№ п/п	Источник
5.	Герасимов В. В., Монахов А. С. Материалы ядерной техники. – М.: Атомиздат, 1973.-336 с.
6.	Хоникевич А. А. Очистка радиоактивно-загрязненных вод лабораторий и исследовательских ядерных реакторов. – М.: Атомиздат, 1974. – 312 с.

в) информационные электронно-образовательные ресурсы (официальные ресурсы интернет)*:

№ п/п	Ресурс
7.	www.lib.vsu.ru – ЗНБ ВГУ.
8.	https://edu.vsu.ru – Электронный университет ВГУ
9.	https://e.lanbook.com – ЭБС «Лань»
10.	https://www.studentlibrary.ru – ЭБС «Консультант студента»
11.	https://urait.ru – Образовательная платформа «ЮРАЙТ»
12.	https://rucont.ru - Информационно-телекоммуникационная система «Контекстум»

16. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы

№ п/п	Источник
1.	Кот, Александр Акимович. Водоподготовка и водный режим атомных электростанций / А.А. Кот.— М. : Атомиздат, 1964 .— 346 с.
2.	Коростелев, Джемилъ Петрович. Обработка радиоактивных вод и газов на АЭС / Д. П. Коростелев.— М. : Энергоатомиздат, 1988 .— 150 с.

17. Образовательные технологии, используемые при реализации учебной дисциплины, включая дистанционные образовательные технологии (ДОТ, электронное обучение (ЭО), смешанное обучение):

При проведении занятий по дисциплине используются следующие образовательные технологии:

- активные и интерактивные формы проведения занятий;
- компьютерные технологии при проведении занятий;
- презентационные материалы и технологии при объяснении материала на лекционных и практических занятиях;
- специализированное оборудование при проведении лабораторных работ;
- разбор конкретных ситуаций при постановке целей и задач к разработке прикладных программ, при выборе программного обеспечения по установленным критериям, при разработке программ по предусмотренным алгоритмам и метода.

Для самостоятельной работы используется ЭБС Университетская библиотека online - www.lib.vsu.ru - ЗНБ ВГУ. Программное обеспечение, применяемое при

реализации дисциплины – Microsoft Windows, LibreOffice, CodeBlocks, Adobe Reader, Mozilla FireFox.

Дистанционные образовательные технологии (ДОТ) применяются с использованием образовательного портала «Электронный университет ВГУ».

18. Материально-техническое обеспечение дисциплины:

<p>Лаборатория им. Л.Н. Сухотина (для проведения занятий лекционного и семинарского типов, текущего контроля и промежуточной аттестации) Специализированная мебель, ноутбук 15,6" DNS (0164925), проектор EPSON EB-X11, переносной экран для проектора на штативе ScenMedia Aplo-T Microsoft Windows 7, Windows 10 договор 3010-15/207-19 от 30.04.2019. LibreOffice (бесплатное и/или свободное ПО (лицензия: https://www.libreoffice.org/about-us/licenses/) Adobe Reader (бесплатное и/или свободное ПО (лицензия: https://get.adobe.com/ru/reader/legal/licenses)</p>	<p>г.Воронеж, площадь Университетская, д.1, пом.1, ауд. 30</p>
<p>Лаборатория (для проведения занятий лекционного и семинарского типов, текущего контроля и промежуточной аттестации. Специализированная мебель, Комплект учебного оборудования "Работа насосов различных типов" Типовой комплект учебного оборудования "Механика жидкости -гидравлический удар".</p>	<p>г.Воронеж, площадь Университетская, д.1, пом.1, ауд. 32</p>
<p>Компьютерный класс, аудитория для групповых и индивидуальных консультаций, помещение для самостоятельной работы Специализированная мебель, компьютеры (системные блоки Intel Pentium-IV, мониторы LG FLATRON L17428-8F) (30 шт.) с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета Microsoft Windows 7, Windows 10 договор 3010-15/207-19 от 30.04.2019. LibreOffice (бесплатное и/или свободное ПО (лицензия: https://www.libreoffice.org/about-us/licenses/) Adobe Reader (бесплатное и/или свободное ПО (лицензия: https://get.adobe.com/ru/reader/legal/licenses)</p>	<p>г.Воронеж, площадь Университетская, д.1, пом.1, ауд. 40/5</p>

19. Оценочные средства для проведения текущей и промежуточной аттестаций

Порядок оценки освоения обучающимися учебного материала определяется содержанием следующих разделов дисциплины:

№ п/п	Наименование раздела дисциплины (модуля)	Компетенция(и)	Индикатор(ы) достижения компетенции	Оценочные средства
1.	Назначение и роль водоподготовки в технологических схемах одно-, двух- и трехконтурных АЭС	ОПК-1 ПК-2	ОПК-1.2; ОПК-1.3; ОПК-1.10; ПК-2.5	Лабораторные задания, реферат, собеседование по вопросам к экзамену
2.	Примеси природных вод и показатели качества воды			
3.	Физико-химические процессы, протекающие в тракте АЭС			
4.	Предварительная очистка воды			
5.	Обработка воды методом ионного обмена			
6.	Безреагентные методы подготовки			

№ п/п	Наименование раздела дисциплины (модуля)	Компетенция(и)	Индикатор(ы) достижения компетенции	Оценочные средства
	воды			
7.	Обработка охлаждающей воды			
8.	Метод дистилляции в системе водоподготовки АЭС			
9.	Организация водно-химических режимов АЭС			
10.	Источники и состав радиоактивных отходов на АЭС			
11.	Принципиальные технологические схемы установок для переработки радиоактивных отходов			
12.	Концентрирование и отверждение жидких радиоактивных отходов			
Промежуточная аттестация форма контроля – экзамен				Перечень вопросов к экзамену Пункт 20.2

20. Типовые оценочные средства и методические материалы, определяющие процедуры оценивания

20.1. Текущий контроль успеваемости

Контроль успеваемости по дисциплине осуществляется с помощью следующих оценочных средств:

Перечень лабораторных работ:

Лабораторная работа №1. «Общий анализ воды. Примеси природных вод. Физические и химические показатели качества воды. Технологические показатели качества воды».

Лабораторная работа №2. «Соосаждение радиоактивных примесей с кристаллическим осадком. Метод объемной коагуляции».

Лабораторная работа №3. «Метод химической деионизации на ионитах».

Перечень тем для рефератов:

1. Простейшая тепловая схема одноконтурной АЭС с реактором РБМК.
2. Простейшая тепловая схема двухконтурной АЭС с реактором ВВЭР.
3. Водные режимы атомных энергетических установок: бескоррекционный, коррекционный, щелочной ВХР при борном регулировании реактивности.
4. Механические насыпные и ионитные фильтры, типы, конструкции
5. Электрокоагуляторы. Механизм электрокоагуляции. Конструкции электрокоагуляторов.
6. Принципы организации водно-химического режима на одноконтурной АЭС с водяным теплоносителем.
7. Организация водно-химического режима первого контура двухконтурной АЭС с реактором, охлаждаемым водой под давлением.
8. Действие реакторных излучений на водяной теплоноситель.
9. Намывные фильтры. Конструкции.
10. Сравнительные характеристики свойств отечественных и зарубежных ионитов.
11. Влияние внешних и внутренних факторов на коррозионные процессы.
12. Качество воды охлаждения контура СУЗ.

Критерии оценки реферата

Критерии оценки	Оценка
Соответствие целям и задачам дисциплины, актуальность темы и рассматриваемых проблем, соответствие содержания заявленной теме, заявленная тема полностью раскрыта, рассмотрение дискуссионных вопросов по проблеме, сопоставлены различные точки зрения по рассматриваемому вопросу, научность языка изложения, логичность и последовательность в изложении материала, количество исследованной литературы, в том числе новейших источников по проблеме, четкость выводов, оформление работы соответствует предъявляемым требованиям.	Отлично
Соответствие целям и задачам дисциплины, актуальность темы и рассматриваемых проблем, соответствие содержания заявленной теме, научность языка изложения, заявленная тема раскрыта недостаточно полно, отсутствуют новейшие литературные источники по проблеме, при оформлении работы имеются недочеты	Хорошо
Соответствие целям и задачам дисциплины, содержание работы не в полной мере соответствует заявленной теме, заявленная тема раскрыта недостаточно полно, использовано небольшое количество научных источников, нарушена логичность и последовательность в изложении материала, при оформлении работы имеются недочеты	Удовлетворительно
Работа не соответствует целям и задачам дисциплины, содержание работы не соответствует заявленной теме, содержание работы изложено не научным стилем.	Неудовлетворительно

20.2. Промежуточная аттестация

Промежуточная аттестация по дисциплине осуществляется с помощью следующих оценочных средств:

Перечень вопросов к экзамену:

- простейшая принципиальная схема движения воды и пара на одноконтурной АЭС;
- определение селективности адсорбции, которой подчиняется процесс обмена ионов. Ряды селективности для катионов, их практическое значение;
- роль подготовки водного теплоносителя для надежной и безопасной эксплуатации АЭС;
- почему удельная электропроводимость воды является нормируемым показателем качества воды АЭС?
- требования к теплоносителям атомных энергетических установок.
- преимущества и недостатки легководного теплоносителя;
- соосаждение как способ обработки радиоактивных вод.
- физико-химические основы процесса коагуляции; показатели качества фильтрата после процесса объемной коагуляции;
- схема движения воды и пара на двухконтурной АЭС. Баланс воды и пароводяных потерь. Характеристика дебалансных вод;
- барьеры безопасности на АЭС и роль теплоносителя в обеспечении барьеров безопасности при эксплуатации станции;
- цели и задачи подготовки теплоносителя на АЭС;
- почему высокоосновные аниониты ставят в схемах водоочистки в ее последних ступенях?
- причины поступления в теплоноситель продуктов деления ядерного топлива;
- влияние хлоридов и фторидов на коррозию хромоникелевых нержавеющей сталей АЭС?
- влияние хлоридов и фторидов на коррозию хромоникелевых нержавеющей сталей АЭС?

- составляющие жесткости и щелочности воды. Единицы измерения.
- Удельная электрическая проводимость воды;
- влияние ионизирующих излучений на свойства ионитов; термолиз
- ионитов и продукты загрязнения воды в результате термолиза; простейшая принципиальная схема движения воды и пара на одноконтурной АЭС;
- определение селективности адсорбции, которой подчиняется процесс обмена ионов. Ряды селективности для катионов, их практическое значение;
- роль подготовки водного теплоносителя для надежной и безопасной эксплуатации АЭС;
- почему удельная электропроводимость воды является нормируемым показателем качества воды АЭС?
- требования к теплоносителям атомных энергетических установок. Преимущества и недостатки легководного теплоносителя;
- соосаждение как способ обработки радиоактивных вод.
- физико-химические основы процесса коагуляции; показатели качества фильтрата после процесса объемной коагуляции;
- схема движения воды и пара на двухконтурной АЭС. Баланс воды и пароводяных потерь. Характеристика дебалансных вод;
- барьеры безопасности на АЭС и роль теплоносителя в обеспечении барьеров безопасности при эксплуатации станции;
- цели и задачи подготовки теплоносителя на АЭС;
- почему высокоосновные аниониты ставят в схемах водоочистки в ее последних ступенях?
- причины поступления в теплоноситель продуктов деления ядерного топлива;
- влияние хлоридов и фторидов на коррозию хромоникелевых нержавеющей сталей АЭС?
- влияние хлоридов и фторидов на коррозию хромоникелевых нержавеющей сталей АЭС?
- составляющие жесткости и щелочности воды. Единицы измерения. Удельная электрическая проводимость воды;
- влияние ионизирующих излучений на свойства ионитов; термолиз ионитов и продукты загрязнения воды в результате термолиза;
- влияние противоионного эффекта на процесс регенерации ионитных фильтров;
- виды коррозии оборудования АЭС;
- сущность борного регулирования реактивности и особенности ВХР первого контура АЭС с ВВЭР;
- организация охлаждения каналов СУЗ реактора;
- системы охлаждения конденсаторов пара турбин и требования к охлаждающей воде;
- влияние мощности поглощенной дозы на стационарную концентрацию молекулярных продуктов радиолиза;
- основные продукты радиолиза и влияние рН на стационарную концентрацию молекулярных продуктов радиолиза;
- причины выноса продуктов коррозии в теплоноситель;
- механизм образования активных отложений вне активной зоны реактора.
- действие радиоактивных излучений на водяной теплоноситель.
- вклад в активность теплоносителя продуктов наведенной радиоактивности.

Промежуточная аттестация проводится в соответствии с Положением о промежуточной аттестации обучающихся по программам высшего образования.

Контрольно-измерительные материалы промежуточной аттестации включают в себя теоретические вопросы, позволяющие оценить уровень полученных знаний и/или практическое(ие) задание(я), позволяющее(ие) оценить степень сформированности умений и(или) навыков, и(или) опыт деятельности.

При оценивании используются количественные или качественные шкалы оценок. Критерии оценивания приведены ниже.

Критерии оценивания компетенций	Шкала оценок
Обучающийся демонстрирует полное и глубокое усвоение материала, грамотное и логичное изложение мыслей, обоснованность выводов, умение сочетать теорию с практикой, наличие аналитического мышления.	<i>Отлично</i>
Обучающийся демонстрирует твердое знание материалов учебного курса, его грамотное изложение, отсутствие существенных неточностей в ответе.	<i>Хорошо</i>
Обучающийся демонстрирует наличие пробелов в усвоении основного материала, неточности формулировок, недостаточная аргументация выводов, отсутствие последовательности в ответе.	<i>Удовлетворительно</i>
Обучающийся демонстрирует отсутствие знаний основного материала, существенные ошибки при ответах на дополнительные вопросы, неумение логически обосновать ответ	<i>Неудовлетворительно</i>

4) Какие характеристики входят в физико-химические показатели природных вод (выберите несколько вариантов)?

А) Концентрация ГДП (взвешенные вещества).

Б) Концентрация ионов Na, K, Ca, Mg, Fe и тд.

В) Показатель pH.

Г) Удельная проводимость.

Д) Технологические показатели.

Е) Все вышеперечисленные.

5) Какие характеристики входят в технологические показатели (выберите несколько вариантов)?

А) Жесткость.

Б) Щелочность.

В) Сухой остаток.

Г) Окисляемость (органические вещества).

Д) Концентрация коррозионно-активных газов.

Е) Все вышеперечисленные.

6) Каким методом определяется прозрачность воды?

А) С помощью методов шрифта и креста.

Б) Методом конвертов

7) Мутность воды –

А) пропорциональную содержанию в воде взвешенных частиц, определяют, сравнивая анализируемую пробу с определенным эталоном мутности.

Б) обратно пропорциональную содержанию в воде взвешенных частиц.

8) Показатель концентрации водородных ионов (pH) воды характеризует.

А) реакцию воды (кислая, щелочная, нейтральная) и учитывается при всех видах обработки воды.

Б) реакцию воды (кислая, щелочная, нейтральная) и учитывается при обработке контурной воды.

9) Жесткость — это

А) суммарная концентрация ионов кальция и магния, выражаемая в мг-экв/дм³, при малых значениях – в мкг-экв/дм³.

Б) суммарная концентрация ионов калия и марганца, выражаемая в мг-экв/дм³, при малых значениях – в мкг-экв/дм³.

10) Сухой остаток – это

- А) суммарное количество растворенных в воде нелетучих органических и коллоидных веществ.*
- Б) суммарное количество растворенных в воде летучих органических и коллоидных веществ.*
- В) суммарное количество растворенных в воде нелетучих неорганических и коллоидных веществ.*
- Г) суммарное количество растворенных в воде летучих неорганических и коллоидных веществ.*

11) Концентрация растворенных газов в воде зависит от множества факторов (выберите несколько вариантов):

- А) природы газа, температуры воды.*
- Б) степени минерализации воды.*
- В) парциального давления газа над водой.*
- Г) рН воды и т.п.*
- Д) Все вышеперечисленные.*

12) Вода классифицируется по (выберите несколько вариантов):

- А) величине общей жесткости.*
- Б) преобладающему аниону.*
- В) солесодержанию.*
- Г) содержанию углеводов.*

13) Перечислите нормы качества воды (выберите несколько вариантов):

- А) Стандарты качества природной воды и воды для коммунально-бытовых и разных производственных потребителей.*
- Б) Нормативы качества воды для систем хозяйственно-питьевого, коммунальнобытового и промышленного водоснабжения и воды водоемов и водотоков*
- В) Нормативы качества воды для систем теплоснабжения, горячего водоснабжения, паровых и водогрейных котлов*
- Г) Правила промышленной безопасности опасных производственных объектов, на которых используется оборудование, работающее под избыточным давлением*
- Д) Все вышеперечисленные.*

14) Борное регулирование – это

- А) управление интенсивностью цепной реакции деления (реактивностью) в двухконтурных водо-водяных ядерных реакторах.*
- Б) управление мощностью цепной реакции деления (реактивностью) в одноконтурных реакторах.*

15) Пробы воды отбираются из:

- А) трубопроводов пробоотборными зондами.*
- Б) непосредственно из бассейна выдержки.*

Вопросы с развернутым ответом:

1. Опишите метод шрифта и креста

По шрифту: используют стеклянный цилиндр высотой 30 см, под дно которого подложен определенный шрифт. Столб воды в см, через который еще можно прочесть текст и определяет прозрачность воды.

По кресту: трубка длиной 350 см, диаметром 3 см, на дно помещается бумажный круг с крестом, имеющим ширину линий 1 мм.

2. Задача химического контроля воды?

Основной задачей химического контроля является выявление источников загрязнения питательной воды с целью их своевременного устранения. На основе результатов химического контроля организуется режим очистки природной и радиоактивных вод: вводятся корректирующие добавки и борная кислота, осуществляются водные промывки оборудования и консервация его при выводе в резерв; проверяется концентрация регенерационных и промывочных растворов, а также растворов аммиака и гидразина, дозируемых в питательную воду.

3. Задача радиохимического контроля воды?

Основной задачей радиохимического контроля является контроль герметичности оболочек твэлов и активности пара для предупреждения радиоактивного загрязнения оборудования машинного зала; определяются количество и состав радиоактивных отложений на внутренней поверхности основных контуров АЭС и количество радионуклидов, удаленных из контура при дезактивации; проверяется работа оборудования установок переработки радиоактивных вод, например выпарных аппаратов, а также осуществляется контроль за загрязнением окружающей среды радионуклидами.

4. Водно-химический режим первого контура должен обеспечивать:

подавление образования окислительных продуктов радиолитического распада теплоносителя при работе реактора на мощности;

проектную коррозионную стойкость конструкционных материалов активной зоны реактора, оборудования и трубопроводов;

минимальное количество отложений на поверхностях теплообменников сборок активной зоны реактора и теплообменных поверхностях парогенераторов;

минимизацию накопления активированных продуктов коррозии на поверхностях оборудования и трубопроводов первого контура.

5. Для предотвращения коррозионного растрескивания конструкционных материалов ПГ и коррозионно-эрозийного износа оборудования второго контура с точки зрения технологии ведения ВХР должно быть обеспечено:

снижение общего содержания котловой воды в ПГ и особенно содержания хлоридов и сульфатов; эквивалентность концентраций катионов и анионов для стабильного поддержания величины рН продувочной воды в слабощелочной области во всех режимах работы ПГ;

низкое содержание кислорода в конденсате и питательной воде;

стабильное поддержание величины рН питательной воды. Основными возможными источниками загрязнения среды второго контура являются:

добавочная вода после химводоочистки;

присосы воздуха через неплотности в вакуумной части конденсатного тракта;

присосы охлаждающей воды через неплотности в конденсаторах турбины; ▪ протечки сетевой воды в бойлерах теплосети;

конденсат дренажных баков;

продукты коррозии конструкционных материалов оборудования и трубопроводов второго контура.