

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.  
17.06.2022 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 14.06.2022 г.

**8. Учебный год:** 2025/2026

**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:<br>- роль подготовки теплоносителя для обеспечения надежной, безопасной и экономичной эксплуатации АЭС;<br>- физико-химические процессы, протекающие в пароводяных трактах АЭС, водно-химические режимы контуров одно- двух- и трехконтурных АЭС и их обеспечение;<br>- требования, предъявляемые к теплоносителю, основные современные методы и технологические приемы обработки водного теплоносителя;<br>- технологические показатели качества воды, источники радиоактивных загрязнений, качественный состав водного теплоносителя АЭС;<br>- методы предварительной очистки воды от грубодисперсных и коллоидных примесей;<br>- методы снижения щелочности, жесткости воды, обессоливание воды;<br>- источники жидких радиоактивных отходов, осветление и обессоливание радиоактивных вод, технологии спецводоочисток;<br>- методы предотвращения образования отложений, методы защиты оборудования от коррозии;<br>- прогрессивные технологии обработки природных вод и загрязненных конденсатов;<br>- нормы качества воды и пара, конденсатов, питательной воды испарителей;<br>- 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:<br>- проводить анализ воды с определением качественных показателей;<br>- 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 | <p>водоподготовительной установки;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- проводить осветление и умягчение воды в условиях топливно- и водоаналитической лаборатории.</li> </ul> <p>Владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- навыками самостоятельной индивидуальной работы;</li> <li>- сведениями о конструкциях водоподготовительного оборудования спецводоочисток и конденсатоочисток АЭС;</li> <li>- навыками использования нормативно-технической литературы.</li> </ul> |
|--|---|--|------------------------------------|--|

**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             |
|                                       | практические | 32             |
|                                       | лабораторные | 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*   |
|------------------|--|---|---|
| <b>1. Лекции</b> |  |   |   |
| 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. | <a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=29217">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=29217</a> |
| 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.   | <a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=29217">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=29217</a> |
| 1.3              | Физико-химические процессы, протекающие в тракте АЭС                                       | Радиационные процессы, протекающие в контурах ядерных энергетических установок — газообразные носители радиоактивности ЯЭУ, осколочная  | <a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=29217">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=29217</a> |

|     |                                       |  |   |
|-----|---------------------------------------|--|---|
|     |                                       | <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>   | <a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=29217">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=29217</a> |
| 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>  | <a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=29217">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=29217</a> |
| 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>           | <a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=29217">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=29217</a> |
| 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>  | <a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=29217">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=29217</a> |

|                                |  |  |   |
|--------------------------------|--|--|---|
|                                |  | 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. | <a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=29217">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=29217</a> |
| 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.   | <a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=29217">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=29217</a> |
| 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.  | <a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=29217">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=29217</a> |
| 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  | <a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=29217">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=29217</a> |
| 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.   | <a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=29217">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=29217</a> |
| <b>2. Практические занятия</b> |  |  |   |
| 2.1                            | Предварительная очистка воды   | Характеристика водоисточника. Выбор схемы водоподготовки на основе общего анализа воды.  | <a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=29217">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=29217</a> |
| 2.2                            | Метод дистилляции в системе водоподготовки АЭС                                       | Расчет показателей качества воды по ступеням ее обработки  | <a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=29217">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=29217</a> |
| 2.3                            | Концентрирование и отверждение жидких радиоактивных отходов                          | Расчет комплексной схемы глубокого обессоливания воды  | <a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=29217">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=29217</a> |
| <b>3. Лабораторные занятия</b> |  |  |   |
| 3.1                            | Предварительная очистка воды   | Лабораторная работа №1.  | <a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=29217">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=29217</a> |
| 3.2                            | Метод дистилляции в системе водоподготовки АЭС                                       | Лабораторная работа №2   | <a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=29217">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=29217</a> |
| 3.3                            | Концентрирование и отверждение жидких радиоактивных отходов                          | Лабораторная работа №3   | <a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=29217">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=29217</a> |

### 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.    | <a href="http://www.lib.vsu.ru">www.lib.vsu.ru</a> – ЗНБ ВГУ.   |
| 8.    | <a href="https://edu.vsu.ru">https://edu.vsu.ru</a> – Электронный университет ВГУ                           |
| 9.    | <a href="https://e.lanbook.com">https://e.lanbook.com</a> – ЭБС «Лань»                                      |
| 10.   | <a href="https://www.studentlibrary.ru">https://www.studentlibrary.ru</a> – ЭБС «Консультант студента»      |
| 11.   | <a href="https://urait.ru">https://urait.ru</a> – Образовательная платформа «ЮРАЙТ»                         |
| 12.   | <a href="https://rucont.ru">https://rucont.ru</a> - 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](http://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)<br/>         Специализированная мебель, ноутбук 15,6" DNS (0164925), проектор EPSON EB-X11, переносной экран для проектора на штативе ScenMedia Aplo-T<br/>         Microsoft Windows 7, Windows 10 договор 3010-15/207-19 от 30.04.2019.<br/>         LibreOffice (бесплатное и/или свободное ПО (лицензия:<br/> <a href="https://www.libreoffice.org/about-us/licenses/">https://www.libreoffice.org/about-us/licenses/</a>)<br/>         Adobe Reader (бесплатное и/или свободное ПО (лицензия:<br/> <a href="https://get.adobe.com/ru/reader/legal/licenses">https://get.adobe.com/ru/reader/legal/licenses</a>)</p>   | <p>г.Воронеж, площадь<br/>         Университетская, д.1,<br/>         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<br/>         Университетская, д.1,<br/>         пом.1, ауд. 32</p>   |
| <p>Компьютерный класс, аудитория для групповых и индивидуальных консультаций, помещение для самостоятельной работы<br/>         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<br/>         Microsoft Windows 7, Windows 10 договор 3010-15/207-19 от 30.04.2019.<br/>         LibreOffice (бесплатное и/или свободное ПО (лицензия:<br/> <a href="https://www.libreoffice.org/about-us/licenses/">https://www.libreoffice.org/about-us/licenses/</a>)<br/>         Adobe Reader (бесплатное и/или свободное ПО (лицензия:<br/> <a href="https://get.adobe.com/ru/reader/legal/licenses">https://get.adobe.com/ru/reader/legal/licenses</a>)</p> | <p>г.Воронеж, площадь<br/>         Университетская, д.1,<br/>         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<br>ПК-2  | ОПК-1.2;<br>ОПК-1.3;<br>ОПК-1.10;<br>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<br>форма контроля – экзамен |  |                |                                     | Перечень вопросов к экзамену<br>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 pH 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/дм<sup>3</sup>, при малых значениях – в мкг-экв/дм<sup>3</sup>.

Б) суммарная концентрация ионов калия и марганца, выражаемая в мг-экв/дм<sup>3</sup>, при малых значениях – в мкг-экв/дм<sup>3</sup>.

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 разложения теплоносителя при работе реактора на мощности;

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

минимальное количество отложений на поверхностях теплообменников 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.