



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
**Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования**
«КАЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(ФГБОУ ВО «КГЭУ»)

АКТУАЛИЗИРОВАНО
решением ученого совета ИАТЭ
протокол №9 от 28.04.2026

УТВЕРЖДАЮ
Директор ИАТЭ



Подписан: ФГБОУ ВО «КГЭУ»,
КАЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
Владелец: Гапоненко Сергей Олегович,
Директор института атомной и тепловой энергетики,
Сертификат: 22106E380CE806A24F5558F0019C947E
Действителен с 25.02.2026 по 27.02.2027

_____ С.О.Гапоненко
« 18 » марта 2025 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

**Физико-химические процессы при эксплуатации
систем и установок на АЭС**

Специальность: 14.05.02 Атомные станции: проектирование,
эксплуатация и инжиниринг

Специализация: Радиационная безопасность атомных станций

Квалификация

Специалист

г. Казань, 2025

Программу разработала:

Наименование кафедры	Должность, уч.степень, уч.звание	ФИО разработчика
АРЭ	доцент, к.х.н.	Гибадуллина Х.В.

Согласование	Наименование подразделения	Дата	№ протокола	Подпись
Одобрена	АРЭ	07.03.2025	11	_____ Зав.каф., д.т.н., проф. Филимонова А.А..
Согласована	АТЭС	10.03.2025	12-24/25	_____ Зав.каф., д.х.н., проф. Чичирова Н. Д.
Согласована	Учебно- методический совет ИАТЭ	18.03.2025	2	_____ Директор, к.т.н., доц. Гапоненко С.О.
Одобрена	Ученый совет ИАТЭ	18.03.2025	2	_____ Директор, к.т.н., доц. Гапоненко С.О.

1. Цель, задачи и планируемые результаты обучения по дисциплине

Целью освоения дисциплины «Физико-химические процессы при эксплуатации систем и установок на АЭС» является формирование системы знаний по физико-химическим процессам, протекающим при эксплуатации в системах и установках АЭС.

Задачами дисциплины являются:

- познакомить студентов с технологическими циклами, используемыми на АЭС для производства электроэнергии и утилизации тепла;
- познакомить студентов с физико-химическими свойствами теплоносителей и особенностями их применения;
- познакомить студентов с положениями современной теории химической и электрохимической коррозии металлов, привития навыков применения теоретических знаний для решения практических задач по защите металлов от коррозии.

Компетенции и индикаторы, формируемые у обучающихся:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора
ПК-2 Использует знания технологических процессов при проведении ядерно и радиационно опасных работ, отраслевых норм и правил для оценки условий эксплуатации АЭС	ПК-2.1 Демонстрирует готовность к обеспечению радиационной безопасности персонала АЭС и населения при получении и обработке информации о контролируемых параметрах, характеризующих радиационное состояние АЭС и окружающей среды
ПК-3. Разрабатывает и согласовывает производственно-технологическую документацию организации атомной отрасли на соответствие требованиям радиационной безопасности с использованием цифровых технологий и современных программно-технических комплексов	ПК-3.2 Демонстрирует способность к проведению анализа параметров эксплуатации АЭС для определения их соответствия требованиям радиационной безопасности, определению контрольных уровней ионизирующего излучения и критических параметров радиационной обстановки

2. Место дисциплины в структуре ОП

Предшествующие дисциплины (модули), практики, НИР, др.:

- Химия;
- Радиоизотопы;
- Неразрушающий анализ ядерных материалов и радиоактивных веществ

- Защита от ионизирующего излучения. Радиационная безопасность населения и окружающей среды; - Радиационный контроль на АЭС;
- Аварийная готовность и реагирование.

Последующие дисциплины (модули), практики, НИР, др.:

- Методы и средства радиационной безопасности;
- Современные экспериментальные исследования ядерной физики и энергетики;
- Водоподготовка на АЭС;
- Нормативное и организационное обеспечение ядерного нераспространения, ядерной и радиационной безопасности;
- Производственная практика (производственно-технологическая);
- Производственная практика (научно-исследовательская работа 2);
- Производственная практика (преддипломная).

3. Структура и содержание дисциплины

3.1. Структура дисциплины

Для очной формы обучения

Вид учебной работы	Всего ЗЕ	Всего часов	Семестр
			9
ОБЩАЯ ТРУДОЕМКОСТЬ ДИСЦИПЛИНЫ	6	216	216
КОНТАКТНАЯ РАБОТА*	2,61	94	94
АУДИТОРНАЯ РАБОТА	2,06	74	74
Лекции	0,94	34	34
Практические (семинарские) занятия	0,44	16	16
Лабораторные работы	0,67	24	24
САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА ОБУЧАЮЩЕГОСЯ	2,94	142	142
Проработка учебного материала	2,94	106	106
Курсовой проект	-	-	-
Курсовая работа	-	-	-
Подготовка к промежуточной аттестации	1	36	36
Промежуточная аттестация:			Э

3.2. Содержание дисциплины, структурированное по разделам и видам занятий

Разделы дисциплины	Всего часов	Распределение трудоемкости по видам учебной работы				Формы и вид контроля	Индексы индикаторов формируемых компетенций
		лекции	лаб. раб.	пр. зан.	сам. раб.		
Раздел 1.	61	14	8	4	35	ТК1	ПК-2.1 З ПК-3.2 З
Раздел 2.	57	10	8	4	35	ТК2	ПК-2.1 У ПК-3.2 У
Раздел 3.	62	10	8	8	36	ТК3	ПК-2.1 В ПК-3.2 В
Экзамен	36	-	-	-	36	ОМ	ПК-2.1 У, В ПК-3.2 У, В
106	216	34	24	16	142		

3.3. Содержание дисциплины

Раздел 1. Физико-химические основы процессов при эксплуатации систем и установок на АЭС

Сравнительные характеристики теплоносителей энергетических установок. Поступление примесей в пароводяной тракт АЭС и основные конструкционные материалы. Источники и виды загрязнений водных теплоносителей, основные примеси природных и контурных вод. Показатели качества воды. Изменение свойств теплоносителя в пароводяном тракте АЭС. Образование паровых растворов малолетучих примесей. Физико-химические основы распределения примесей между кипящей водой и насыщенным паром. Технология неводных теплоносителей. Поведение газов, растворенных в воде

Раздел 2. Коррозионные процессы и поведение продуктов коррозии в контурах энергетических установок

Физико-химические основы коррозии конструкционных материалов. Влияние внутренних и внешних факторов на коррозию. Коррозионные процессы и поведение продуктов коррозии в контурах энергетических установок. Поведение примесей в пароводяном тракте АЭС. Пассивация и консервация энергетического оборудования.

Раздел 3. Физико-химические методы очистки технологических растворов и оборудования

Радиоактивное загрязнение и радиолиз водного теплоносителя ядерных энергетических установок. Общая характеристика методов очистки водных технологических сред на энергетических установках. Очистка водного

теплоносителя от газовых примесей. Обработка воды методами ионного обмена. Мембранные технологии в водоподготовке и очистке водных сред.

Химико-технологические аспекты охраны окружающей среды в атомной и тепловой энергетике.

3.4. Тематический план практических занятий

1. Сравнительные характеристики теплоносителей энергетических установок
2. Источники и виды загрязнений водных теплоносителей, основные примеси природных и контурных вод. Показатели качества воды.
3. Коррозионные процессы и поведение продуктов коррозии в контурах энергетических установок
4. Пассивация и консервация энергетического оборудования
5. Радиоактивное загрязнение и радиоллиз водного теплоносителя ядерных энергетических установок.
6. Общая характеристика методов очистки водных технологических сред на энергетических установках. Очистка водного теплоносителя от газовых примесей.
7. Обработка воды методами ионного обмена
8. Мембранные технологии в водоподготовке и очистке водных сред

3.5. Тематический план лабораторных работ

1. Фотометрическое определение ионов металлов в воде (4 час).
2. Очистка воды от продуктов коррозии и других мелкодисперсных примесей с помощью коагуляции и механического фильтрования (4 час).
3. Характеристика коррозионных условий эксплуатации электрохимических установок. Определение коррозионной стойкости в агрессивных средах гравиметрическим методом (4 час).
4. Консервационная и пассивационная защита углеродистых сталей от коррозии (4 час).
5. Очистка воды от продуктов коррозии с использованием ионитных фильтров (4 час).
6. Электродиализ раствора сульфата натрия с использованием мембранных технологий (4 час).

3.6. Курсовой проект /курсовая работа

Данный вид работы не предусмотрен учебным планом.

4. Оценивание результатов обучения

Оценивание результатов обучения по дисциплине осуществляется в рамках текущего контроля и промежуточной аттестации, проводимых по балльно-рейтинговой системе (БРС).

Шкала оценки результатов обучения по дисциплине:

Код компетенции	Код индикатора компетенции	Запланированные результаты обучения по дисциплине	Уровень сформированности индикатора компетенции			
			Высокий	Средний	Ниже среднего	Низкий
			от 85 до 100	от 70 до 84	от 55 до 69	от 0 до 54
			Шкала оценивания			
			отлично	хорошо	удовлетворительно	неудовлетворительно
			зачтено			не зачтено
ПК-2	ПК-2.1	знать:				
		Знает физико-химические процессы при эксплуатации систем и установок на АЭС	Знает физико-химические процессы при эксплуатации систем и установок на АЭС, не допускает ошибок	Знает физико-химические процессы при эксплуатации систем и установок на АЭС, может допустить несколько не грубых ошибок	Знает физико-химические процессы при эксплуатации систем и установок на АЭС, допускает множество мелких ошибок	Знает физико-химические процессы при эксплуатации систем и установок на АЭС, допускает грубые ошибки
		Знает особенности технологических процессов при проведении ядерно и радиационно опасных работ в организации атомной отрасли	Знает особенности технологических процессов при проведении ядерно и радиационно опасных работ в организации атомной отрасли, не допускает ошибок	Знает особенности технологических процессов при проведении ядерно и радиационно опасных работ в организации атомной отрасли, может допустить несколько не грубых ошибок	Знает особенности технологических процессов при проведении ядерно и радиационно опасных работ в организации атомной отрасли, допускает множество мелких ошибок	Знает особенности технологических процессов при проведении ядерно и радиационно опасных работ в организации атомной отрасли, допускает грубые ошибки
		уметь:				
		Умеет обрабатывать информации о контролируемых параметрах радиационного состояния АЭС и окружающей среды	Демонстрирует умение обрабатывать информации о контролируемых параметрах радиационного состояния АЭС и окружающей среды, не допускает ошибок	Демонстрирует умение обрабатывать информации о контролируемых параметрах радиационного состояния АЭС и окружающей среды, может допустить несколько не грубых ошибок	В целом демонстрирует умение обрабатывать информации о контролируемых параметрах радиационного состояния АЭС и окружающей среды, допускает	При решении типовых задач демонстрирует умение обрабатывать информации о контролируемых параметрах радиационного состояния АЭС и окружающей среды, допускает

					множество мелких ошибок	грубые ошибки
		Умеет обеспечивать радиационную безопасность персонала АЭС и населения	Демонстрирует готовность к обеспечению радиационной безопасности персонала АЭС и населения, не допускает ошибок	Демонстрирует готовность к обеспечению радиационной безопасности персонала АЭС и населения, может допустить несколько не грубых ошибок	В целом демонстрирует готовность к обеспечению радиационной безопасности персонала АЭС и населения, допускает множество мелких ошибок	При решении типовых задач демонстрирует готовность к обеспечению радиационной безопасности персонала АЭС и населения, допускает грубые ошибки
		владеть:				
		Владеет навыками обработки информации о контролируемых параметрах АЭС и обеспечения радиационной безопасности персонала и населения	Продемонстрированы навыки обработки информации о контролируемых параметрах АЭС и обеспечения радиационной безопасности персонала, не допускает ошибок	Продемонстрированы навыки обработки информации о контролируемых параметрах АЭС и обеспечения радиационной безопасности персонала, может допустить несколько не грубых ошибок	Имеет минимальный набор навыков обработки информации о контролируемых параметрах АЭС и обеспечения радиационной безопасности персонала и населения, допускает множество мелких ошибок	Не продемонстрированы базовые навыки обработки информации о контролируемых параметрах АЭС и обеспечения радиационной безопасности персонала и населения, допускает грубые ошибки
ПК-3	ПК-3.2	Знать:				
		Знает параметры эксплуатации систем и установок на АЭС и требования радиационной безопасности	Знает параметры эксплуатации систем и установок на АЭС и требования радиационной безопасности, не допускает ошибок	Знает параметры эксплуатации систем и установок на АЭС и требования радиационной безопасности, может допустить несколько не грубых ошибок	Знает параметры эксплуатации систем и установок на АЭС и требования радиационной безопасности, допускает множество мелких ошибок	Знает параметры эксплуатации систем и установок на АЭС и требования радиационной безопасности, допускает грубые ошибки
		Уметь:				
		Умеет определять контрольные уровней ионизирующего излучения и критические параметры радиационной обстановки	Демонстрирует умение определять контрольные уровней ионизирующего излучения и критические параметры радиационной обстановки, не допускает ошибок	Демонстрирует умение определять контрольные уровни ионизирующего излучения и критические параметры радиационной обстановки, может допустить	В целом демонстрирует умение определять контрольные уровни ионизирующего излучения и критические параметры радиационной обстановки, допускает	При решении типовых задач демонстрирует умение определять контрольные уровни ионизирующего излучения и критические параметры радиационной обстановки,

				несколько не грубых ошибок	множество мелких ошибок	допускает грубые ошибки
		Владеть:				
		Владеет навыками контроля физико- химических процессов при эксплуатации систем и установок на АЭС на соответствие их требованиям радиационной безопасности	Продемонстри- рованы навыки контроля физико- химических процессов при эксплуатации систем и установок на АЭС на соответствие их требованиям радиационной безопасности, не допускает ошибок	Продемонстри- рованы навыки контроля физико- химических процессов при эксплуатации систем и установок на АЭС на соответствие их требованиям радиационной безопасности, может допустить несколько не грубых ошибок	Имеет минимальный набор навыков контроля физико- химических процессов при эксплуатации систем и установок на АЭС на соответствие их требованиям радиационной безопасности, допускает множество мелких ошибок	Не продемонстриро- ваны базовые навыки контроля физико- химических процессов при эксплуатации систем и установок на АЭС на соответствие их требованиям радиационной безопасности, допускает грубые ошибки

Оценочные материалы для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации приведены в Приложении к рабочей программе дисциплины.

Полный комплект заданий и материалов, необходимых для оценивания результатов обучения по дисциплине, хранится на кафедре разработчика.

5. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

5.1. Учебно-методическое обеспечение

5.1.1. Основная литература

1. Физико-химические процессы в водном теплоносителе электро- станций: учебник / Т.И. Петрова, В.Н. Воронов, Ф.В. Дяченко. – М.: Издательство МЭИ, 2021. – 384 с.

2. Ядерный топливный цикл: Технологии, безопасность, экономика / В.М. Лебедев . – Москва : Энергоатомиздат, 2005. – 316 с.

3. Коррозия металлов и методы защиты от коррозии: учебное пособие / О.Н. Новгородцева, Н.А. Рогожников. - Новосибирск : Новосибирский государственный технический университет, 2019. - 162 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://ibooks.ru/bookshelf/367852/reading>

5.1.2. Дополнительная литература

1. Коррозия металлов : учебное пособие / Л. И. Рогова, Л. В. Крупнов. — Норильск : НГИИ, 2019. — 134 с. — ISBN 978-5-89009-704-0. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/155896>

2. Ядерные технологии : учебник для вузов / И. Н. Бекман. - 2-е изд., испр. и доп. - Москва : Юрайт, 2021. - 500 с. - (Высшее образование). - ISBN 978-5-534-08681-2. - Текст : непосредственный.

3. Коррозия металла теплоэнергетического оборудования : учебное пособие / Н. Д. Чичирова, Ю. В. Абасев, Э. М. Залаев. - Казань : КГЭУ, 2010. - 164 с. - URL: <https://lib.kgeu.ru>. - 3657. - Текст : непосредственный.

5.2. Информационное обеспечение

5.2.1. Электронные и интернет-ресурсы

1. Электронно-библиотечная система «Лань», <https://e.lanbook.com/>
2. Электронно-библиотечная система «ibooks.ru», <https://ibooks.ru/>
3. Электронно-библиотечная система «book.ru», <https://www.book.ru/>
4. Энциклопедии, словари, справочники, <http://www.rubricon.com>
5. Портал «Открытое образование», <http://npoed.ru>
6. Единое окно доступа к образовательным ресурсам <http://window.edu.ru>

5.2.2. Профессиональные базы данных / Информационно-справочные системы

1. Научная электронная библиотека <http://elibrary.ru>
2. Российская государственная библиотека <http://www.rsl.ru>
3. Образовательный портал <http://www.ucheba.com>

5.2.3. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение дисциплины

1. Windows 7 Профессиональная (Pro)
2. Браузер Chrome
3. Adobe Acrobat
4. LMS Moodle 2

6. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Наименование вида учебной работы	Наименование учебной аудитории, специализированной лаборатории	Перечень необходимого оборудования и технических средств обучения
Лекции	Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа	Специализированная учебная мебель, технические средства обучения, служащие для представления учебной информации большой аудитории (мультимедийный проектор, компьютер (ноутбук), экран), демонстрационное оборудование, учебно-наглядные пособия
Практические занятия	Учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа, групповых и индивиду-	Специализированная учебная мебель, технические средства обучения (мультимедийный проектор, компьютер (ноутбук), экран) и др.

	альных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации	
Лабораторные работы	Учебная лаборатория В-519	Специализированное лабораторное оборудование по профилю лаборатории: доска аудиторная, устройство выпрямительное ВСА-5К, штативы металлические (2 шт.), химические реактивы (от 10 г до 1 кг. в стеклянной и пластиковой таре), химическая стеклянная посуда (от 1 мл до 2 л.), таблица Менделеева, таблица по ТБ, таблица «Стандартный ряд электронов»
	Компьютерный класс с выходом в Интернет В-600а	Специализированная учебная мебель на 30 посадочных мест, 30 компьютеров, технические средства обучения (мультимедийный проектор, компьютер (ноутбук), экран), видеокамеры, программное обеспечение
Самостоятельная работа	Компьютерный класс с выходом в Интернет В-600а	Специализированная учебная мебель на 30 посадочных мест, 30 компьютеров, технические средства обучения (мультимедийный проектор, компьютер (ноутбук), экран), видеокамеры, программное обеспечение
	Читальный зал библиотеки	Специализированная мебель, компьютерная техника с возможностью выхода в Интернет и обеспечением доступа в ЭИОС, экран, мультимедийный проектор, программное обеспечение

7. Особенности организации образовательной деятельности для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Лица с ограниченными возможностями здоровья (ОВЗ) и инвалиды имеют возможность беспрепятственно перемещаться из одного учебно-лабораторного корпуса в другой, подняться на все этажи учебно-лабораторных корпусов, заниматься в учебных и иных помещениях с учетом особенностей психофизического развития и состояния здоровья.

Для обучения лиц с ОВЗ и инвалидов, имеющих нарушения опорно-двигательного аппарата, обеспечены условия беспрепятственного доступа во все учебные помещения. Информация о специальных условиях, созданных для обучающихся с ОВЗ и инвалидов, размещена на сайте университета www/kgeu.ru. Имеется возможность оказания технической помощи ассистентом, а также услуг сурдопереводчиков и тифлосурдопереводчиков.

Для адаптации к восприятию лицами с ОВЗ и инвалидами с нарушенным

слухом справочного, учебного материала по дисциплине обеспечиваются следующие условия:

- для лучшей ориентации в аудитории, применяются сигналы оповещения о начале и конце занятия (слово «звонок» пишется на доске);
- внимание слабослышащего обучающегося привлекается педагогом жестом (на плечо кладется рука, осуществляется нерезкое похлопывание);
- разговаривая с обучающимся, педагогический работник смотрит на него, говорит ясно, короткими предложениями, обеспечивая возможность чтения по губам.

Компенсация затруднений речевого и интеллектуального развития слабослышащих обучающихся проводится путем:

- использования схем, диаграмм, рисунков, компьютерных презентаций с гиперссылками, комментирующими отдельные компоненты изображения;
- регулярного применения упражнений на графическое выделение существенных признаков предметов и явлений;
- обеспечения возможности для обучающегося получить адресную консультацию по электронной почте по мере необходимости.

Для адаптации к восприятию лицами с ОВЗ и инвалидами с нарушениями зрения справочного, учебного, просветительского материала, предусмотренного образовательной программой по выбранному направлению подготовки, обеспечиваются следующие условия:

- ведется адаптация официального сайта в сети Интернет с учетом особых потребностей инвалидов по зрению, обеспечивается наличие крупношрифтовой справочной информации о расписании учебных занятий;
- педагогический работник, его собеседник (при необходимости), присутствующие на занятии, представляются обучающимся, при этом каждый раз называется тот, к кому педагогический работник обращается;
- действия, жесты, перемещения педагогического работника коротко и ясно комментируются;
- печатная информация предоставляется крупным шрифтом (от 18 пунктов), тотально озвучивается;
- обеспечивается необходимый уровень освещенности помещений;
- предоставляется возможность использовать компьютеры во время занятий и право записи объяснений на диктофон (по желанию обучающихся).

Форма проведения текущей и промежуточной аттестации для обучающихся с ОВЗ и инвалидов определяется педагогическим работником в соответствии с учебным планом. При необходимости обучающемуся с ОВЗ, инвалиду с учетом их индивидуальных психофизических особенностей дается возможность пройти промежуточную аттестацию устно, письменно на бумаге, письменно на компьютере, в форме тестирования и т.п., либо предоставляется дополнительное время для подготовки ответа.

8. Методические рекомендации для преподавателей по организации воспитательной работы с обучающимися.

Методическое обеспечение процесса воспитания обучающихся выступает одним из определяющих факторов высокого качества образования. Преподаватель вуза, демонстрируя высокий профессионализм, эрудицию, четкую гражданскую позицию, самодисциплину, творческий подход в решении профессиональных задач, в ходе образовательного процесса способствует формированию гармоничной личности.

При реализации дисциплины преподаватель может использовать следующие методы воспитательной работы:

- методы формирования сознания личности (беседа, диспут, внушение, инструктаж, контроль, объяснение, пример, самоконтроль, рассказ, совет, убеждение и др.);
- методы организации деятельности и формирования опыта поведения (задание, общественное мнение, педагогическое требование, поручение, приучение, создание воспитывающих ситуаций, тренинг, упражнение, и др.);
- методы мотивации деятельности и поведения (одобрение, поощрение социальной активности, порицание, создание ситуаций успеха, создание ситуаций для эмоционально-нравственных переживаний, соревнование и др.)

При реализации дисциплины преподаватель должен учитывать следующие направления воспитательной деятельности:

Гражданское и патриотическое воспитание:

- формирование у обучающихся целостного мировоззрения, российской идентичности, уважения к своей семье, обществу, государству, принятым в семье и обществе духовно-нравственным и социокультурным ценностям, к национальному, культурному и историческому наследию, формирование стремления к его сохранению и развитию;
- формирование у обучающихся активной гражданской позиции, основанной на традиционных культурных, духовных и нравственных ценностях российского общества, для повышения способности ответственно реализовывать свои конституционные права и обязанности;
- развитие правовой и политической культуры обучающихся, расширение конструктивного участия в принятии решений, затрагивающих их права и интересы, в том числе в различных формах самоорганизации, самоуправления, общественно-значимой деятельности;
- формирование мотивов, нравственных и смысловых установок личности, позволяющих противостоять экстремизму, ксенофобии, дискриминации по социальным, религиозным, расовым, национальным признакам, межэтнической и межконфессиональной нетерпимости, другим негативным социальным явлениям.

Духовно-нравственное воспитание:

- воспитание чувства достоинства, чести и честности, совестливости, уважения к родителям, учителям, людям старшего поколения;
- формирование принципов коллективизма и солидарности, духа милосердия и сострадания, привычки заботиться о людях, находящихся в трудной жизненной ситуации;
- формирование солидарности и чувства социальной ответственности по

отношению к людям с ограниченными возможностями здоровья, преодоление психологических барьеров по отношению к людям с ограниченными возможностями;

- формирование эмоционально насыщенного и духовно возвышенного отношения к миру, способности и умения передавать другим свой эстетический опыт.

Культурно-просветительское воспитание:

- формирование эстетической картины мира;

- формирование уважения к культурным ценностям родного города, края, страны;

- повышение познавательной активности обучающихся.

Научно-образовательное воспитание:

- формирование у обучающихся научного мировоззрения;

- формирование умения получать знания;

- формирование навыков анализа и синтеза информации, в том числе в профессиональной области.

Вносимые изменения и утверждения на новый учебный год

№ п/п	№ раздела внесения изменений	Дата внесения изменений	Содержание изменений	«Согласовано» Зав. каф. реализующей дисциплину	«Согласовано» председатель УМК института (факультета), в состав которого входит выпускающая
1	2	3	4	5	6
1					
2					
3					

*Приложение к рабочей
программе дисциплины*



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«КАЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(ФГБОУ ВО «КГЭУ»)

ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ
по дисциплине

Физико-химические процессы при эксплуатации
систем и установок на АЭС

г. Казань, 2025

Оценочные материалы по дисциплине, предназначенны для оценивания результатов обучения на соответствие индикаторам достижения компетенций.

Оценивание результатов обучения по дисциплине осуществляется в рамках текущего контроля (ТК) и промежуточной аттестации, проводимых по балльно-рейтинговой системе (БРС).

1. Технологическая карта

Семестр 9

[illegible]

2. Оценочные материалы текущего контроля и промежуточной аттестации

Шкала оценки результатов обучения по дисциплине:

Код компетенции	Код индикатора компетенции	Запланированные результаты обучения по дисциплине	Уровень сформированности индикатора компетенции			
			Высокий	Средний	Ниже среднего	Низкий
			от 85 до 100	от 70 до 84	от 55 до 69	от 0 до 54
			Шкала оценивания			
			отлично	хорошо	удовлетворительно	неудовлетворительно
			зачтено			не зачтено
ПК-2	ПК-2.1	знать:				
		Знает физико-химические процессы при эксплуатации систем и установок на АЭС	Знает физико-химические процессы при эксплуатации систем и установок на АЭС, не допускает ошибок	Знает физико-химические процессы при эксплуатации систем и установок на АЭС, может допустить несколько не грубых ошибок	Знает физико-химические процессы при эксплуатации систем и установок на АЭС, допускает множество мелких ошибок	Знает физико-химические процессы при эксплуатации систем и установок на АЭС, допускает грубые ошибки
		Знает особенности технологических процессов при проведении ядерно и радиационно опасных работ в организации атомной отрасли	Знает особенности технологических процессов при проведении ядерно и радиационно опасных работ в организации атомной отрасли, не допускает ошибок	Знает особенности технологических процессов при проведении ядерно и радиационно опасных работ в организации атомной отрасли, может допустить несколько не грубых ошибок	Знает особенности технологических процессов при проведении ядерно и радиационно опасных работ в организации атомной отрасли, допускает множество мелких ошибок	Знает особенности технологических процессов при проведении ядерно и радиационно опасных работ в организации атомной отрасли, допускает грубые ошибки
		уметь:				
		Умеет обрабатывать информации о контролируемых параметрах радиационного состояния АЭС и окружающей среды	Демонстрирует умение обрабатывать информации о контролируемых параметрах радиационного состояния АЭС и окружающей среды, не допускает ошибок	Демонстрирует умение обрабатывать информации о контролируемых параметрах радиационного состояния АЭС и окружающей среды, может допустить несколько не грубых ошибок	В целом демонстрирует умение обрабатывать информации о контролируемых параметрах радиационного состояния АЭС и окружающей среды, допускает множество мелких ошибок	При решении типовых задач демонстрирует умение обрабатывать информации о контролируемых параметрах радиационного состояния АЭС и окружающей среды, допускает грубые ошибки

		Умеет обеспечивать радиационную безопасность персонала АЭС и населения	Демонстрирует готовность к обеспечению радиационной безопасности персонала АЭС и населения, не допускает ошибок	Демонстрирует готовность к обеспечению радиационной безопасности персонала АЭС и населения, может допустить несколько не грубых ошибок	В целом демонстрирует готовность к обеспечению радиационной безопасности персонала АЭС и населения, допускает множество мелких ошибок	При решении типовых задач демонстрирует готовность к обеспечению радиационной безопасности персонала АЭС и населения, допускает грубые ошибки
		владеть:				
		Владеет навыками обработки информации о контролируемых параметрах АЭС и обеспечения радиационной безопасности персонала и населения, не допускает ошибок	Продемонстрированы навыки обработки информации о контролируемых параметрах АЭС и обеспечения радиационной безопасности персонала и населения, не допускает ошибок	Продемонстрированы навыки обработки информации о контролируемых параметрах АЭС и обеспечения радиационной безопасности персонала и населения, может допустить несколько не грубых ошибок	Имеет минимальный набор навыков обработки информации о контролируемых параметрах АЭС и обеспечения радиационной безопасности персонала и населения, допускает множество мелких ошибок	Не продемонстрированы базовые навыки обработки информации о контролируемых параметрах АЭС и обеспечения радиационной безопасности персонала и населения, допускает грубые ошибки
ПК-3	ПК-3.2	Знать:				
		Знает параметры эксплуатации систем и установок на АЭС и требования радиационной безопасности	Знает параметры эксплуатации систем и установок на АЭС и требования радиационной безопасности, не допускает ошибок	Знает параметры эксплуатации систем и установок на АЭС и требования радиационной безопасности, может допустить несколько не грубых ошибок	Знает параметры эксплуатации систем и установок на АЭС и требования радиационной безопасности, допускает множество мелких ошибок	Знает параметры эксплуатации систем и установок на АЭС и требования радиационной безопасности, допускает грубые ошибки
		Уметь:				
		Умеет определять контрольные уровни ионизирующего излучения и критические параметры радиационной обстановки	Демонстрирует умение определять контрольные уровни ионизирующего излучения и критические параметры радиационной обстановки, не допускает ошибок	Демонстрирует умение определять контрольные уровни ионизирующего излучения и критические параметры радиационной обстановки, может допустить несколько не грубых ошибок	В целом демонстрирует умение определять контрольные уровни ионизирующего излучения и критические параметры радиационной обстановки, допускает множество мелких ошибок	При решении типовых задач демонстрирует умение определять контрольные уровни ионизирующего излучения и критические параметры радиационной обстановки, допускает грубые ошибки

		Владеть:				
		Владеет навыками контроля физико-химических процессов при эксплуатации систем и установок на АЭС на соответствие их требованиям радиационной безопасности	Продемонстрированы навыки контроля физико-химических процессов при эксплуатации систем и установок на АЭС на соответствие их требованиям радиационной безопасности, не допускает ошибок	Продемонстрированы навыки контроля физико-химических процессов при эксплуатации систем и установок на АЭС на соответствие их требованиям радиационной безопасности, может допустить несколько не грубых ошибок	Имеет минимальный набор навыков контроля физико-химических процессов при эксплуатации систем и установок на АЭС на соответствие их требованиям радиационной безопасности, допускает множество мелких ошибок	Не продемонстрированы базовые навыки контроля физико-химических процессов при эксплуатации систем и установок на АЭС на соответствие их требованиям радиационной безопасности, допускает грубые ошибки

Оценка **«отлично»** выставляется за выполнение контрольных работ в семестре; оформление и представление отчетов по лабораторным работам; полные и содержательные ответы на вопросы билета (теоретическое и практическое задание).

Оценка **«хорошо»** выставляется за выполнение контрольных работ в семестре; оформление и представление отчетов по лабораторным работам; ответы на вопросы билета (теоретическое или практическое задание) и собеседование.

Оценка **«удовлетворительно»** выставляется за выполнение контрольных работ в семестре; оформление и представление отчетов по лабораторным работам.

Оценка **«неудовлетворительно»** выставляется за слабое и неполное выполнение контрольных работ в семестре; отсутствие отчетов по лабораторным работам.

3. Перечень оценочных средств

Краткая характеристика оценочных средств, используемых при текущем контроле успеваемости и промежуточной аттестации обучающегося по дисциплине:

Наименование оценочного средства	Краткая характеристика оценочного средства	Описание оценочного средства
Контрольная работа (Кнтр)	Средство проверки умений применять полученные знания для решения задач определенного типа по теме или разделу	Комплект контрольных заданий по вариантам
Собеседование (Сбс)	Средство контроля, организованное как специальная беседа преподавателя с обучающимся на темы, свя-	Вопросы по разделам дисциплины

	занные с изучаемой дисциплиной, и рассчитанное на выяснение объема знаний обучающегося по определенному разделу, теме, проблеме и т.п.	
Отчет по лабораторной работе (ОЛР)	Выполнение лабораторной работы, обработка результатов испытаний, измерений, эксперимента. Оформление отчета, защита результатов лабораторной работы по отчету	Перечень заданий и вопросов для защиты лабораторной работы, перечень требований к отчету

4. Перечень контрольных заданий или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения дисциплины

Для текущего контроля:

Проверяемые компетенции:

ПК-2.1 Демонстрирует готовность к обеспечению радиационной безопасности персонала АЭС и населения при получении и обработке информации о контролируемых параметрах, характеризующих радиационное состояние АЭС и окружающей среды

ПК-3.2 Демонстрирует способность к проведению анализа параметров эксплуатации АЭС для определения их соответствия требованиям радиационной безопасности, определению контрольных уровней ионизирующего излучения и критических параметров радиационной обстановки

Контрольные задания

Билет 1

1. Рассчитайте, как изменилась в воде концентрация ионов Ca^{2+} , если в воду после фильтрования через Na-катионит перешло 23 мг/л Na^{+} .

2. Оценить коррозионную стойкость алюминия в серной кислоте, если убыль массы алюминиевой пластины размером 70x20x1 мм составила после восьми суток испытаний 0,0348 г.

3. Какие методы и реагенты используются для консервации парогенераторов на АЭС с реакторами ВВЭР?

Билет 2

1. Определите жесткость, солесодержание и pH воды после ее обработки методом H-катионирования, если природная вода имеет следующий состав: 1200 мг $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$, 550 мг MgCl_2 , 350 мг NaCl . Объем воды 3,5 л.

2. С какой целью на АЭС проводится консервация оборудования? Какие способы консервации при этом используются?

3. Определить коррозионную стойкость цинка на воздухе при температуре 673 К. Образец цинка с площадью 30 м² и начальной массой 21,4261 г после 180 ч испытаний на воздухе имеет массу 21,4279 г. При окислении цинка образуется оксид цинка. Оценить по десятибалльной шкале коррозионную стойкость металла.

Билет 3

1. Рассчитайте, как изменилась в воде концентрация ионов Ca²⁺, если в воду после фильтрования через Na-катионит перешло 23 мг/л Na⁺.

2. Оценить коррозионную стойкость кадмия на воздухе при высоких температурах. Образец кадмия плотностью 8,65 г/см³, размером 45x25x1 мм после 150 ч. окисления и снятия продуктов коррозии весил 10,0031 г.

3. Вывести зависимость изменения окислительно- восстановительного потенциала (ОВП) от pH воды для уравнения $\text{H}_2(\text{газ}) = 2\text{H}^+ + 2\text{e}$.

Билет 4

1. Определите жесткость, солесодержание и pH воды после ее обработки методом Н-катионирования, если природная вода имеет следующий состав: 1200 мг Ca(HCO₃)₂, 550 мг MgCl₂, 350 мг NaCl. Объем воды 3,5 л.

2. Приведите примеры в двух металлов, пригодных для протекторной защиты железа. Для обоих случаев напишите уравнение электрохимической коррозии во влажной среде, насыщенной кислородом.

3. Вывести уравнение для расчета pH, при котором устанавливается равновесие между Cu⁺ и Cu₂O в соответствии с реакцией $\text{Cu}^+ + 0,5 \text{H}_2\text{O} = 0,5 \text{Cu}_2\text{O} + \text{H}^+$.

Билет 5

1. Рассчитайте солесодержание воды, в которой было растворено 162 мг/л Ca(HCO₃)₂ после Н-катионирования и ОН-анионирования, если образовалось 1,95 ммоль/л воды.

2. Оценить коррозионную стойкость цинка на воздухе при высоких температурах. Образец цинка плотностью 7,17 г/см³, размером 50x30x1 мм после 180 ч окисления и снятия продуктов коррозии весил 10,6032 г.

3. При электрохимической коррозии изделия из низкоуглеродистой стали с кислородной деполяризацией за 45 мин образовывалось 0,0225 г гидроксида железа (III). Вычислите величину коррозионного тока, объем поглощенного кислорода при нормальных условиях и массу прокорродировавшего железа.

Билет 6

1. Определите жесткость, солесодержание и pH воды после ее обработки методом Н-катионирования, если природная вода имеет следующий состав: 760 мг Mg(HCO₃)₂, 280 мг CaCl₂, 270 мг NaCl. Объем воды 2,5 л.

2. Будет ли корродировать железо до Fe₃O₄ при температуре 800 К и газовой фазе, состоящей из 30 % H₂ и 70 % H₂O?

3. Железо корродирует в морской воде со скоростью $2,5 \text{ г/м}^2 \cdot \text{сут.}$ Рассчитайте минимальную начальную плотность тока (А/м^2), необходимую для полной катодной защиты. Принять, что коррозия идет с кислородной деполяризацией в режиме предельного тока диффузии по кислороду.

Билет 7

1 Рассчитайте солесодержание воды, в которой было растворено 162 мг/л $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ после Н-катионирования и ОН-анионирования, если образовалось $1,95 \text{ ммоль/л}$ воды.

2 При каком соотношении СО и CO_2 станет невозможной коррозия молибдена до MoO_2 , если температура равна 1050 К ?

3. Рассчитать ОВП для системы $\text{Cu}^+ = \text{Cu}^{2+} + e$ при концентрациях Cu^+ и Cu^{2+} соответственно 10 и 5 мкг/дм^3 . Соотношение RT/F при температуре 25°C равно $0,059$.

Билет 8

1. Рассчитайте изменение солесодержания воды, в которой были растворены соли $\text{KCl} - 0,5 \text{ ммоль/л}$ и $\text{CaCl}_2 - 1,5 \text{ ммоль/л}$ после Н-катионирования и ОН-анионирования, если при этом образовалось $2,8 \text{ ммоль/л}$ воды.

2. Будет ли протекать коррозия вольфрама с образованием WO_3 при $T = 900 \text{ К}$ в газовой смеси из $40\% \text{ H}_2$ и $60\% \text{ H}_2\text{O}$?

3. Коррозия образца кобальта на воздухе при 700°C сопровождается за 1 ч удельным привесом 15 г/м^2 . Энергия активации процесса равна 150 кДж/моль . Учитывая параболический закон роста окарины, оцените время, за которое полностью окислится кобальтовая пластинка толщиной 1 мм при 900°C . Продукт коррозии – CoO .

Билет 9.

1. Рассчитайте обменную емкость катионита марки КУ-2, если через адсорбционную колонку, содержащую 100 г этого ионита, пропустили 25 л воды с общей жесткостью $13,6 \text{ ммоль экв. /л}$.

2 Сталь состава $0,15\% \text{ C}$, $0,35\% \text{ Mn}$, $0,2\% \text{ Si}$ помещена в чистый сероводород при 340°C . Оцените по 10-балльной шкале ее коррозионную стойкость, если при коррозии образца площадью 100 см^2 за 1000 мин. в системе образовалось $1,64 \text{ л}$ водорода.

3. Для коррекции водно-химического режима пароводяного тракта используется аммиак. рН пара, поступающего на турбину, равен 9 . В паре содержится CH_3COOH в концентрации 5 мкг/дм^3 . Рассчитать рН жидких плёнок на поверхности турбин-ных лопаток, образующихся при температуре 150°C . Степень концентрирования CH_3COOH в жидкой пленке равна 180 , $K_d(\text{CH}_3\text{COOH}) = 1,7 \cdot 10^{-5}$. Видимый коэффициент распределения аммиака равен $14,45$, $K_d(\text{NH}_4\text{OH}) = 1,8 \cdot 10^{-5}$.

Билет 10.

1. Обменная емкость катионита-пермутита $\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ равна 7,2 ммоль-экв/л. Каково значение устранимой жесткости воды, если через 200 г этого катионита пропущено 50 л воды?

2. Коррозия в естественных условиях и ее разновидности. Атмосферная коррозия и факторы, на нее влияющие.

3. Скорость коррозии углеродистой стали в водном растворе, содержащем аммиак, составляет 10 мм/год. Применение анодной поляризации обеспечило снижение скорости коррозии при анодной защитной плотности тока $i = 0,05 \text{ А/м}^2$ до 0,06 мм/год. Оценить эффективность анодной защиты в данных условиях.

Отчет по лабораторной работе

Лабораторная работа № 1. Фотометрическое определение ионов металлов в воде (4 час).

Отчет о работе должен включать:

- название выполняемой работы, цель;
- перечисление оборудования и реактивов;
- краткие теоретические сведения по теме;
- порядок и ход выполнения лабораторной работы;
- объяснение полученных результатов;
- выводы.

Лабораторная работа № 2. Очистка воды от продуктов коррозии с использованием ионитных фильтров (4 час).

Отчет о работе должен включать:

- название выполняемой работы, цель;
- перечисление оборудования и реактивов;
- краткие теоретические сведения по теме;
- порядок и ход выполнения лабораторной работы;
- объяснение полученных результатов;
- выводы.

Лабораторная работа № 3. Очистка воды от продуктов коррозии и других мелкодисперсных примесей с помощью коагуляции и механического фильтрования (4 час).

Отчет о работе должен включать:

- название выполняемой работы, цель;
- перечисление оборудования и реактивов;
- краткие теоретические сведения по теме;
- порядок и ход выполнения лабораторной работы;
- объяснение полученных результатов;
- выводы.

Лабораторная работа № 4. Электродиализ раствора сульфата натрия с использованием мембранных технологий (4 час).

Отчет о работе должен включать:

- название выполняемой работы, цель;
- перечисление оборудования и реактивов;
- краткие теоретические сведения по теме;
- порядок и ход выполнения лабораторной работы;
- объяснение полученных результатов;
- выводы.

Лабораторная работа № 5. Характеристика коррозионных условий эксплуатации электрохимических установок. Определение коррозионной стойкости в агрессивных средах гравиметрическим методом (4 час).

Отчет о работе должен включать:

- название выполняемой работы, цель;
- перечисление оборудования и реактивов;
- краткие теоретические сведения по теме;
- порядок и ход выполнения лабораторной работы;
- объяснение полученных результатов;
- выводы.

Лабораторная работа № 6. Консервационная и пассивационная защита углеродистых сталей от коррозии (4 час).

Отчет о работе должен включать:

- название выполняемой работы, цель;
- перечисление оборудования и реактивов;
- краткие теоретические сведения по теме;
- порядок и ход выполнения лабораторной работы;
- объяснение полученных результатов;
- выводы.

Вопросы к комплексному заданию ТК1 (Сбс)

1. Какие характеристики теплоносителя изменяются при движении его по пароводяному тракту ТЭС и АЭС?
2. Как изменяется ионное произведение воды при повышении температуры и на какие процессы, протекающие в пароводяном тракте, может влиять изменение рН?
3. Как изменяются плотность и диэлектрическая проницаемость воды и пара в двухфазной среде?
4. Как влияет изменение плотности воды и пара в двухфазной среде на растворимость примесей в воде и равновесном с ней насыщенном паре?
5. Какие основные факторы влияют на образование паровых растворов?
6. Влияет ли энергия кристаллической решётки на растворимость примесей в паре? Если влияет, то почему?

7. В каких случаях могут нарушаться общие закономерности образования паровых растворов?
8. Чем определяется диапазон температур, в котором можно использовать установленную закономерность для расчёта растворимости?
9. Как органические примеси поступают в пароводяной тракт и как они влияют на работу оборудования?
10. Какие органические примеси поступают в пароводяной тракт с добавочной водой и с конденсатом после конденсатоочистки?
11. Как изменяется состав органических примесей в воде и паре при повышении температуры?
12. Происходит ли термическое разложение органических примесей, которые используются для коррекции водно-химического режима?
13. На какие категории можно разделить растворенные в воде газы?
14. Что характеризует константа Генри?
15. Какое влияние оказывают кислород и углекислота на работу энергетического оборудования?
16. В работе какого оборудования на ТЭС и АЭС используется закон Генри?
17. Можно ли снизить концентрацию углекислоты в воде после декарбонизатора, если для декарбонизации используется воздух?
18. Какие факторы влияют на растворимость углекислоты и аммиака в воде?

Вопросы к комплексному заданию ТК2 (Сбс)

1. Что называется коррозией металла и какие виды коррозии известны?
2. В каком случае возможно протекание контактной коррозии?
3. Коррозия металлов в природных средах.
4. Что является основным стимулирующим фактором атмосферной коррозии? Какие факторы усиливают атмосферную коррозию?
5. Что влияет на скорость почвенной коррозии? Каким образом микроорганизмы влияют на почвенную коррозию?
6. По какому механизму протекает коррозия железа в морской воде?
7. Газовая коррозия в технологических средах. Обезуглероживание стали.
8. В каком случае возможна карбонильная коррозия?
9. В каком случае протекает сернистая коррозия?
10. В чем заключается различие в поведении металлов в среде газообразного хлора и хлористого водорода от действия других агрессивных сред?

11. Что характеризуют количественные показатели коррозии? Изменение массы, глубинные и объемные, механические показатели.
12. Укажите признаки коррозионных процессов.
13. Какую роль играют процессы поляризации и деполяризации в развитии коррозионных процессов, и какие соединения могут быть поляризаторами и деполяризаторами?
14. Какие внешние факторы влияют на процесс электрохимической коррозии?
15. Что характеризует анодная поляризационная кривая?
16. Какие условия характерны для возникновения и протекания коррозии под напряжением?
17. При каких условиях возникает щелочная коррозия и водородное охрупчивание металла?

Вопросы к комплексному заданию ТКЗ (Сбс)

1. Какие факторы приводят к образованию отложений кальция и магния на теплопередающих поверхностях оборудования?
2. Что такое соединения с положительным и отрицательным коэффициентом растворимости?
3. Влияет ли анионный состав соединений кальция и магния на растворимость?
4. Какие факторы влияют на скорость образования отложений кальция и магния?
5. Какие факторы влияют на образование отложений продуктов коррозии железа и меди?
6. Как влияет температура на образование отложений продуктов коррозии железа в котлах?
7. Что такое рН изоэлектрической точки?
8. Как влияет тепловая нагрузка на скорость образования отложений продуктов коррозии железа, меди и соединений кальция и магния?
9. Различается ли количественный состав отложений в турбинах, работающих на насыщенном и перегретом паре?
10. Какие процессы протекают в зоне фазового перехода от перегретого к насыщенному пару в проточной части паровых турбин и как они влияют на надёжность работы оборудования?
11. Какими основными принципами руководствуются при выборе реагентов для химических промывок?
12. С какой целью на АЭС проводится консервация оборудования?
13. Как регулируется качество реакторной воды?
14. Какие технические средства применяются для регулирования качества теплоносителя на АЭС с реакторами РБМК?

15. Чем определяется выбор нормируемых и диагностических показателей для контроля за качеством теплоносителя?

16. Напишите реакцию радиолиза воды в реакторной воде.

17. Какие способы подавления радиолиза воды используются на одноконтурных и двухконтурных АЭС? Напишите реакции, описывающие этот процесс.

Для промежуточной аттестации:

1. Ядерный топливный цикл. Роль топливного цикла в атомной энергетике. Основные технологические этапы цикла.

2. Атомные электростанции и их роль в энергетике. Особенности эксплуатации АЭС.

3. Ядерные энергетические установки АЭС. Типы ядерных реакторов. Основные физико-технические особенности реакторов РБМК, ВВЭР, БН и др.

4. Общая характеристика теплоносителей АЭС. Требования к теплоносителям ядерных энергетических установок.

5. Физико-химические свойства теплоносителей и особенности применения. Водные теплоносители. Неводные теплоносители ЯЭУ: органические теплоносители, жидкометаллические теплоносители (ЖМТ), газовые теплоносители.

6. Радиолиз водных теплоносителей.

7. Термическое и радиационное разложение органического теплоносителя.

8. Радионуклиды и их поведение в контурах с жидкометаллическим теплоносителем.

9. Что понимают под безопасностью объекта ядерного топливного цикла?

10. Какие нормы и правила необходимо соблюдать при выводе из эксплуатации объекта ЯТЦ?

11. С какой целью и в каком документе установлены пределы безопасной эксплуатации объекта ЯТЦ?

12. Химическая и электрохимическая коррозия.

13. Образование защитных оксидных пленок как решающий фактор пассивации металлов.

14. Химическая защита теплоэнергетического оборудования.

15. Основные технологические показатели качества воды и водных теплоносителей: жесткость, щелочность, pH, окисляемость, концентрация

ионов, концентрация грубодисперсных примесей, сухой остаток, прокаленный остаток.

16. Удаление грубодисперсных и коллоидных примесей из природных вод.

17. Сорбционные материалы (органические и неорганические), их сравнительные характеристики.

18. Основные закономерности ионного обмена.

19. Технология ионитного (химического) обессоливания воды. Процессы последовательного Н- и ОН-ионирования воды. Процесс совместного Н- и ОН-ионирования воды.

20. Технология дистилляции воды в испарителях.

21. Причины загрязнения пара: капельный унос, избирательный унос.

22. Особенности ионного обмена и процессов в ионообменных мембранах.

23. Принципиальные схемы электродиализных аппаратов.

24. Диализ. Обратный осмос.

25. Кислотно-основное регулирование растворов. Обработка воды комплексообразующими веществами и окислителями.

26. Физико-химические процессы, протекающие в воде при реагентной очистке.

27. Выбор методов и условий водоподготовки и обработки технологических растворов на основе термодинамических и кинетических характеристик процессов.

28. Показатели эффективности очистки (коэффициент распределения, коэффициент очистки, коэффициент концентрирования). Требования к материалам и реагентам.

29. Химико-технологический мониторинг рабочей среды технологических контуров АЭС.

30. Характеристика основных методов защиты конструкционных материалов при эксплуатации и простоях оборудования АЭС.

31. Виды и происхождение загрязнений теплоносителей и технологического оборудования (продукты деления, продукты активации, продукты коррозии).

32. Методы дезактивации и химической очистки технологических растворов.

33. Технология дезактивации основных циркуляционных контуров АЭС и локализации радиоактивных отходов.

34. Проблема переработки высокосолевых кубовых остатков АЭС, содержащих органические комплексоны.

35. Дезактивация вспомогательных циркуляционных контуров.

- 36. Организованные и неорганизованные протечки. Регенерационные и промывочные воды.
- 37. Воды бассейнов выдержки отработанного топлива. Воды спецпрачечных и душевых.
- 38. Дезактивация оборудования. Способы дезактивации оборудования и дезактивирующие рецептуры.
- 39. Эффективность и радиационная стойкость дезактивирующих рецептур.
- 40. Экологические проблемы загрязнения природной среды при эксплуатации АЭС.
- 41. Радиоактивные продукты деления и активации, их поступление в окружающую среду.
- 42. Требования хранения радиоактивных отходов на АЭС и захоронения.
- 43. Особенности проблемы «обезвреживания» радиоактивных отходов АЭС и пути решения.
- 44. Способы обработки, хранения, захоронения жидких и твердых радиоактивных отходов.
- 45. Технология переработки и отверждения концентратов и пульп.
- 46. Организация контроля при хранении радиоактивных отходов на АЭС.