



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



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

УТВЕРЖДАЮ

Директор

Института атомной и тепловой
энергетики

_____ С.О.Гапоненко

«_18_» марта 2025 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Неразрушающий анализ ядерных материалов и радиоактивных веществ

Специальность	<u>14.05.02 Атомные станции: проектирование, эксплуатация и инжиниринг</u>
Специализация	<u>Радиационная безопасность атомных станций</u>
Квалификация	<u>Специалист</u>

г. Казань, 2025

Программу разработал(и):

Наименование кафедры	Должность, уч.степень, уч.звание	ФИО разработчика
Автономная распределенная энергетика и химия	Доцент, к.х.н., доцент	Гайнутдинова Д.Ф.
Автономная распределенная энергетика и химия	Ассистент	Гайнутдинов Ф.Р.
Автономная распределенная энергетика и химия	Зав. каф АРЭ, д.т.н., доцент	Филимонова А.А.
Автономная распределенная энергетика и химия	Профессор, д.х.н., профессор	Чичиров А.А.

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

(Цель и задачи освоения дисциплины, соответствующие цели ОП)

Целью дисциплины «Неразрушающий анализ ядерных материалов и радиоактивных веществ» является изучение физических основ взаимодействия излучения с веществом и их применение в анализе ядерных материалов; современных технологий и инструментов, используемых для диагностики и контроля в ядерной промышленности; формирование у студентов глубокого понимания принципов и методов неразрушающего анализа ядерных материалов и радиоактивных веществ; развитие навыков анализа и интерпретации данных, полученных с помощью неразрушающих методов.

Задачи дисциплины направлены на подготовку студентов к решению практических задач, связанных с обеспечением безопасности и мониторингом радиоактивных веществ; специалистов, способных применять инновационные подходы для обеспечения безопасности и эффективности в области ядерной энергетики, развитие навыков работы с оборудованием для неразрушающего анализа, обучение методам обработки и интерпретации данных, полученных в результате неразрушающего анализа.

Компетенции и индикаторы, формируемые у обучающихся:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора
ПК-1. Способен проводить мониторинг состояния технологических систем и оборудования АЭС по факторам поступления ионизирующего излучения за пределы защитных барьеров	ПК-1.3. Способен организовать контроль допуска персонала к работам с источниками ионизирующего излучения и радиоактивными веществами и отходами
ПК-2. Использует знания технологических процессов при проведении ядерно и радиационно опасных работ, отраслевых норм и правил для оценки условий эксплуатации АЭС	ПК-2.2. Способен проводить измерения и оценивать соответствие контролируемых параметров ионизирующего излучения требованиям охраны труда, производственной санитарии, норм и правил экологической, радиационной безопасности и взрывоопасности

2. Место дисциплины в структуре ОП

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

Химия

Радиоизотопы

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

Защита от ионизирующего излучения. Радиационная безопасность населения и окружающей среды

Учет и контроль ядерных материалов и радиоактивных веществ

Методы и средства радиационной безопасности

Современные технологии ядерного топливного цикла

Нормативное и организационное обеспечение ядерного нераспространения, ядерной и радиационной безопасности

Безопасное обращение и захоронение радиоактивных отходов и отработанного ядерного топлива

Физико-химические процессы при эксплуатации систем и установок на АЭС

Теория рисков и принцип ALARA

Инструментальные методы контроля ионизирующего излучения

Радиационный контроль на АЭС

Современные экспериментальные исследования ядерной физики и энергетики

Аварийная готовность и реагирование

3. Структура и содержание дисциплины

3.1. Структура дисциплины

Для очной формы обучения

Вид учебной работы	Всего ЗЕ	Всего часов	Семестр
			8
ОБЩАЯ ТРУДОЕМКОСТЬ ДИСЦИПЛИНЫ	3	108	108
КОНТАКТНАЯ РАБОТА*	1,44	52	52
АУДИТОРНАЯ РАБОТА	1,1	40	40
Лекции	0,67	24	24
Практические (семинарские) занятия	0,44	16	16
Лабораторные работы	-	-	-
САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА ОБУЧАЮЩЕГОСЯ	1,89	68	68
Проработка учебного материала	0,89	32	32
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	24	8	-	6	10	ТК1	ПК-1.3. 3-У-В ПК-2.2. 3.-У-В
Раздел 2	24	8	-	6	10	ТК2	ПК-1.3. 3-У-В ПК-2.2. 3.-У-В

Раздел 3	24	8	-	4	12	ТКЗ	ПК-1.3. 3 –У- В ПК-2.2. 3.-У-В
Экзамен	36				36	ОМ 1	ПК-1, ПК-2
Итого за 8 семестр	108	24		16	32		
ИТОГО	108	24		16	32		

3.3. Содержание дисциплины

Раздел 1. Основы неразрушающего анализа ядерных материалов

Принципы неразрушающего контроля. Основные концепции и задачи неразрушающего контроля. Преимущества и ограничения по сравнению с разрушающими методами. Классификация методов неразрушающего анализа.

Методы и средства диагностики ядерных материалов. Универсальные дефектоскопы, анализаторы структуры. Методы диагностики: визуальный, тепловой, ультразвуковой, рентгеновский, магнитный. Применение методов в зависимости от типа материала и цели анализа

Физические основы взаимодействия излучения с веществом. Типы излучения: альфа, бета, гамма, нейтроны. Основные процессы взаимодействия: поглощение, рассеяние, флуоресценция. Влияние физических параметров материала на результаты анализа.

Технологии визуального и теплового контроля. Инфракрасные камеры, визуальные эндоскопы. Принципы работы и применения визуального контроля. Основы теплового анализа и выявления дефектов по тепловым аномалиям.

Ультразвуковые методы. Ультразвуковые дефектоскопы, толщиномеры. Принципы ультразвукового контроля: отражение, прохождение, рассеяние

Использование рентгеновской и гамма-диагностики. Рентгеновские аппараты, гамма-томографы. Принципы рентгеновского и гамма-контроля

Магнитные и электромагнитные методы анализа. Магнитные дефектоскопы, вихретоковые анализаторы. Принципы магнитного и вихретокового контроля

Радиационная дефектоскопия. Радиационные дефектоскопы, сцинтилляционные счетчики, применение для контроля плотности и структуры материалов.

Раздел 2. Неразрушающий анализ радиоактивных веществ

Методы спектрометрии и радиометрии. Гамма-спектрометры, альфа-спектрометры, бета-спектрометры, сцинтилляционные спектрометры, пропорциональные счетчики. Принципы работы спектрометров и радиометров. Физические основы спектрального анализа излучения. Калибровка и настройка оборудования. Интерпретация спектров и радиометрических данных.

Анализ изотопного состава. Масс-спектрометры, лазерные изотопные анализаторы, времяпролетные масс-спектрометры. Методы масс-спектрометрии и их применение. Изотопные индикаторы. Физические основы изотопного фракционирования.

Нейтронный анализ. Нейтронные генераторы, детекторы нейтронов, активационные анализаторы. Принципы работы нейтронных источников. Методы активационного анализа. Физические основы взаимодействия нейтронов с веществом. Применение для анализа ядерных материалов

Радиохимические методы исследования. Радиохроматографы,

радиоспектрометры, жидкостные сцинтилляционные счетчики. Принципы радиохимического анализа. Разделение и очистка радиоактивных изотопов. Применение в управлении отходами и переработке топлива.

Контроль и мониторинг радиоактивного загрязнения. Портативные радиометры, дозиметры, гамма-камеры, системы мониторинга окружающей среды. Физические основы распространения радиоактивных веществ.

Обработка и интерпретация данных неразрушающего анализа. Программные средства специализированное ПО для обработки спектрометрических данных, статистические пакеты. Методы статистической обработки данных.- Программное обеспечение для анализа данных.

Технологии дистанционного контроля. Беспилотные летательные аппараты с радиационными датчиками, дистанционные сенсоры, системы дистанционного зондирования. Физические основы дистанционного зондирования. Преимущества и ограничения дистанционных методов контроля.

Раздел 3. Инновационные технологии в неразрушающем анализе.

Разработка новых методов и технологий анализа. Внедрение инноваций в практику анализа. Применение искусственного интеллекта и машинного обучения. Алгоритмы обработки и анализа данных. Автоматизация диагностики и прогнозирования. Автоматизация и роботизация процессов контроля. Роботизированные системы для неразрушающего анализа. Программное обеспечение для автоматизации процессов.

Использование дронов и дистанционно управляемых систем. Применение дронов для мониторинга и анализа. Дистанционное управление и сбор данных

Виртуальная и дополненная реальность в обучении и анализе. Тренажеры и симуляторы для подготовки специалистов. Использование AR и VR для визуализации данных.

Нанотехнологии в неразрушающем анализе. Применение наноматериалов и нанодатчиков. Влияние нанотехнологий на точность и чувствительность анализа

Перспективы развития технологий контроля ядерных материалов. Анализ тенденций и прогнозы развития.- Влияние новых технологий на безопасность и эффективность. Оценка экологических рисков и преимуществ. Стратегии интеграции экологически безопасных технологий.

3.4. Тематический план практических занятий

1. Расчет параметров ультразвукового контроля для выявления дефектов в ядерных материалах

2. Моделирование теплового контроля для оценки состояния ядерных компонентов. Расчет тепловых аномалий в материалах при различных условиях эксплуатации.

3. Анализ рентгеновских изображений для оценки структуры ядерных материалов. Расчет параметров рентгеновского облучения для оптимального контраста и разрешения.

4. Расчет энергетических разрешений для гамма-спектрометров. Интерпретация спектров для идентификации и количественной оценки

изотопов.

5. Применение нейтронного анализа для оценки радиоактивности материалов. Расчет параметров нейтронного облучения и активационного анализа.

6. Радиохимический анализ и оценка эффективности разделения изотопов. Расчет кинетики радиохимических реакций и эффективности разделения изотопов.

7. Применение машинного обучения для автоматизации интерпретации данных неразрушающего анализа. Разработка алгоритмов машинного обучения для анализа спектрометрических данных.

8. Использование дронов для дистанционного мониторинга радиоактивных зон. Расчет траекторий и параметров полета дронов для оптимального сбора данных.

3.5. Тематический план лабораторных работ

Данный вид работы не предусмотрен учебным планом.

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-1	ПК-1.3. Способен организовать контроль допуска персонала к работам с источниками ионизирующего излучения и радиоактивн	знать:				
		Методы и принципы неразрушающего анализа ядерных материалов и радиоактивных веществ; физические основы взаимодействия	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, без ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе, имеет место несколько негрубых ошибок	Минимально допустимый уровень знаний, имеет место много негрубых ошибок	Уровень знаний ниже минимальных требований, имеют место грубые ошибки

	ыми веществами и отходами	я излучения с веществом и их применение в диагностике; современные технологии и оборудование для неразрушающе го контроля, процедуры и требования для обеспечения радиационной безопасности на предприятиях ядерной энергетики				
		уметь:				
		применять методы неразрушающе го контроля для анализа состояния ядерных материалов и радиоактивных веществ; интерпретиров ать данные неразрушающе го анализа, и делать выводы о состоянии объектов; разрабатывать планы и процедуры для контроля допуска персонала к работам с радиоактивным и материалами; оценивать эффективность и точность методов анализа и вносить	Продемон стрирован ы все основные умения, решены все основные задачи с отдельны ми несущест венными недочета ми, выполнен ы все задания в полном объеме	Продемон стрирован ы все основные умения, решены все основные задачи с негрубым и ошибками , выполнен ы все задания в полном объеме, но некоторые с недочетам и	Продемо нстриров аны основные умения, решены типовые задачи с негрубым и ошибкам и, выполнен ы все задания, но не в полном объеме	При решении стандарт ных задач не продемон стрирова ны основные умения, имеют место грубые ошибки

		коррективы в процедуры контроля				
		владеть:				
		навыками работы с оборудованием для неразрушающего анализа, техниками обработки и анализа данных, полученных в результате неразрушающего контроля; инновационными подходами и технологиями в области неразрушающего анализа для повышения безопасности и эффективности работы	Продемонстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов	Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами	Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторыми недочетами	При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки, имеют место грубые ошибки
ПК-2	ПК-2.2 Способен проводить измерения и оценивать соответствие контролируемых параметров ионизирующего излучения требованиям охраны труда, производственной санитарии, норм и правил экологической, радиационной безопасности и	Знать				
		виды и источники ионизирующего излучения, их характеристики и способы взаимодействия с веществом; нормативные документы и стандарты, регулирующие охрану труда, производственную санитарии и радиационную безопасность; принципы оценки радиационной и экологической безопасности	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, без ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе, имеет место несколько негрубых ошибок	Минимально допустимый уровень знаний, имеет место много негрубых ошибок	Уровень знаний ниже минимальных требований, имеют место грубые ошибки

	взрывоопасности	на предприятиях ядерной отрасли; требования к обеспечению взрывоопасности при работе с радиоактивными и материалами и оборудованием				
	Уметь:					
	проводить измерения параметров ионизирующего излучения с использованием соответствующих приборов и методик; оценивать соответствие полученных данных требованиям охраны труда и радиационной безопасности; анализировать результаты измерений и разрабатывать рекомендации по снижению уровня излучения и улучшению условий труда; проводить аудит и контроль соблюдения норм и правил радиационной и взрывоопасной безопасности		Продемонстрированы все основные умения, решены все основные задачи с отдельными несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме	Продемонстрированы все основные умения, решены все основные задачи с негрубыми ошибками, выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами	Продемонстрированы основные умения, решены типовые задачи с негрубыми ошибками, выполнены все задания, но не в полном объеме	При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения, имеют место грубые ошибки
	Владеть					
	методами	Продемон	Продемон	Имеется	При	

		статистической обработки данных для оценки радиационной обстановки и выявления отклонений от норм; техниками разработки и внедрения мероприятий по обеспечению безопасности труда и охраны окружающей среды; способами документирования и отчетности по результатам измерений и оценок радиационной безопасности; инструментами для проведения тренингов и обучения персонала по вопросам обеспечения безопасности и охраны труда.	стрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов	стрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами	минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторыми недочетами	решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки, имеют место 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. Методы неразрушающего контроля : учебное пособие / О. Н. Петров, А. Н. Сокольников, В. И. Верещагин, Д. В. Агровиченко. — Красноярск : СФУ,

2021. — 132 с. — ISBN 978-5-7638-4317-0. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/181625>.

2. Радиационный метод неразрушающего контроля : учебное пособие / А. А. Беляков, Л. С. Ворович, И. Н. Исакова. - Иваново : ИГЭУ, 2018. - 96 с. - URL: <https://e.lanbook.com/book/154547>. - ~Б. ц. - Текст : электронный.

5.1.2. Дополнительная литература

1. 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.
2. Мельник, Н. А. Практикум по дозиметрии и радиометрии : учебное пособие / Н. А. Мельник. — Мурманск : МГТУ, 2014. — 212 с. — ISBN 978-5-86185-827-4. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/142619>
3. Мозырев, А. Г. Неразрушающий контроль и диагностика химического оборудования : учебное пособие / А. Г. Мозырев. — Тюмень : ТюмГНГУ, 2011. — 84 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/39335>

5.2. Информационное обеспечение

5.2.1. Электронные и интернет-ресурсы

1. Электронная библиотечная система КГЭУ "ИРБИС64" (<http://lib.kgeu.ru/>). Электронно-библиотечная система «Лань» (<https://e.lanbook.com/>)
2. ДК размещенный в LMS Moodle 3.0
3. Интернет тренажеры: www.i-exam.ru.

5.2.2. Профессиональные базы данных / Информационно-справочные системы

1. Международная реферативная база данных (<http://link.springer.com>).
2. Научная электронная библиотека "eLIBRARY.RU" (<http://elibrary.ru/defaultx.asp>).
3. Российская государственная библиотека (<http://www.rsl.ru>)
4. Энциклопедии, словари, справочники (URL: <http://www.rubricon.com>).

5.2.3. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение дисциплины

1. Пользовательская операционная система Windows 10.
2. ПО для эффективного онлайн- взаимодействия преподавателя и студента LMS Moodle. Современное программное обеспечение. <https://download.moodle.org/releases/latest/>

3. Система поиска информации в сети интернет Браузер Chrome
4. Пакет программ для создания и просмотра файлов формата PD Adobe Acrobat
5. "ИРБИС 64 (модульная поставка): АРМ «Читатель», АРМ "Книговыдача

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 лаборатория А-208	Специализированное лабораторное оборудование по профилю лаборатории
	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					



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

Неразрушающий анализ ядерных материалов и радиоактивных веществ

Специальность	<u>14.05.02 Атомные станции: проектирование, эксплуатация и инжиниринг</u>
Специализация	<u>Радиационная безопасность атомных станций</u>
Квалификация	<u>_Специалист_</u>

Оценочные материалы по дисциплине, предназначены 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 8

Наименование раздела	Формы и вид контроля	Рейтинговые показатели						
		I текущий контроль	Дополнительные баллы к ТК1	II текущий контроль	Дополнительные баллы к ТК2	III текущий контроль	Дополнительные баллы к ТК3	Итого
Раздел 1. Основы неразрушающего анализа ядерных материалов	ТК1	20	10-20					10-20
Практическое задание (ПЗ)		10						
Тест		10						
Раздел 2: Неразрушающий анализ радиоактивных веществ	ТК2			20	10-20			10-20
Практическое задание (ПЗ)				10				
Тест				10				
Раздел 3. Инновационные технологии в неразрушающем анализе	ТК3					20	15-20	15-20
Практическое задание (ПЗ)						10		
Собеседование (Сбс)						10		
Промежуточная аттестация, экзамен	ОМ							0-40
Задание промежуточной аттестации								0-10
В письменной форме по билетам								0-30

2. Оценочные материалы текущего контроля и промежуточной аттестации

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-1	ПК-1.3. Способен организовать контроль допуска персонала к работам с источниками ионизирующего излучения и радиоактивными веществами и отходами	знать:				
		Методы и принципы неразрушающего анализа ядерных материалов и радиоактивных веществ; физические основы взаимодействия излучения с веществом и их применение в диагностике; современные технологии и оборудование для неразрушающего контроля, процедуры и требования для обеспечения радиационной безопасности на предприятиях ядерной энергетики	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, без ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе, имеет место несколько негрубых ошибок	Минимально допустимый уровень знаний, имеет место много негрубых ошибок	Уровень знаний ниже минимальных требований, имеют место грубые ошибки
		уметь:				
		применять методы неразрушающего контроля для анализа состояния ядерных материалов и радиоактивных веществ; интерпретировать данные неразрушающего анализа, и делать выводы о состоянии	Продemonстрированы все основные умения, решены все основные задачи с отдельными несущественными недочетами, выполнены все	Продemonстрированы все основные умения, решены все основные задачи с негрубыми и ошибками, выполнены все задания в полном	Продemonстрированы основные умения, решены типовые задачи с негрубыми и ошибками, выполнены все задания, но не в полном	При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения, имеют место грубые ошибки

		объектов; разрабатывать планы и процедуры для контроля допуска персонала к работам с радиоактивным и материалами; оценивать эффективность и точность методов анализа и вносить коррективы в процедуры контроля	задания в полном объеме	объеме, но некоторые с недочетам и	объеме	
		владеть: навыками работы с оборудованием для неразрушающе го анализа, техниками обработки и анализа данных, полученных в результате неразрушающе го контроля; инновационны ми подходами и технологиями в области неразрушающе го анализа для повышения безопасности и эффективности работы	Продемон стрирован ы навыки при решении нестандар тных задач без ошибок и недочетов	Продемон стрирован ы базовые навыки при решении стандартн ых задач с некоторы ми недочетам и	Имеется минимал ьный набор навыков для решения стандарт ных задач с некоторы ми недочета ми	При решении стандарт ных задач не продемон стрирова ны базовые навыки, имеют место грубые ошибки
ПК-2	ПК-2.2 Способен проводить измерения и оценивать соответствие контролируе мых параметров ионизирующ	Знать				
		виды и источники ионизирующег о излучения, их характеристики и способы взаимодействи я с веществом;	Уровень знаний в объеме, соответст вующем программ е подготовк и, без	Уровень знаний в объеме, соответств ующем программе , имеет место несколько	Минимал ьно допустим ый уровень знаний, имеет место много	Уровень знаний ниже минимал ьных требован ий, имеют место

	его излучения требованиям охраны труда, производственной санитарии, норм и правил экологической, радиационной безопасности и взрывоопасности	нормативные документы и стандарты, регулирующие охрану труда, производственную санитарии и радиационную безопасность; принципы оценки радиационной и экологической безопасности на предприятиях ядерной отрасли; требования к обеспечению взрывоопасности при работе с радиоактивными и материалами и оборудованием	ошибок	негрубых ошибок	негрубых ошибок	грубые ошибки
	Уметь:					
	проводить измерения параметров ионизирующего излучения с использованием соответствующих приборов и методик; оценивать соответствие полученных данных требованиям охраны труда и радиационной безопасности; анализировать результаты измерений и разрабатывать рекомендации	Продемонстрированы все основные умения, решены все основные задачи с отдельными несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме	Продемонстрированы все основные умения, решены все основные задачи с негрубыми и ошибками, выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами	Продемонстрированы основные умения, решены типовые задачи с негрубыми и ошибками, выполнены все задания, но не в полном объеме	При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения, имеют место грубые ошибки	

		по снижению уровня излучения и улучшению условий труда; проводить аудит и контроль соблюдения норм и правил радиационной и взрывоопасной безопасности				
		Владеть				
		методами статистической обработки данных для оценки радиационной обстановки и выявления отклонений от норм; техниками разработки и внедрения мероприятий по обеспечению безопасности труда и охраны окружающей среды; способами документирования и отчетности по результатам измерений и оценок радиационной безопасности; инструментами для проведения тренингов и обучения персонала по вопросам обеспечения безопасности и охраны труда.	Продемонстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов	Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами	Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторыми недочетами	При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки, имеют место грубые ошибки

Оценка **«отлично»** выставляется за выполнение практических и тестовых заданий; защиты лабораторных работ, теоретических основ неразрушающего анализа ядерных материалов при собеседовании, полные и содержательные ответы на вопросы билета (теоретическое и практическое задание);

Оценка **«хорошо»** выставляется за выполнение тестовых заданий; защиты лабораторных работ понимание теоретических основ неразрушающего анализа ядерных материалов, ответы на вопросы билета (теоретическое или практическое задание);

Оценка **«удовлетворительно»** выставляется за выполнение тестовых заданий и защиты лабораторных работ;

Оценка **«неудовлетворительно»** выставляется за слабое и неполное выполнение тестовых заданий.

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
Практическое задание (ПЗ)	Средство оценки умения применять полученные теоретические знания в практической ситуации. Задание направлено на оценивание компетенций по дисциплине, содержит четкую инструкцию по выполнению или алгоритм действий	Комплект задач и заданий
Тест (Тест)	Система стандартизированных заданий, позволяющая автоматизировать процедуру измерения уровня знаний и умений обучающегося	Комплект тестовых заданий
Собеседование (Сбс)	Средство контроля, организованное как специальная беседа преподавателя с обучающимся на темы, связанные с изучаемой дисциплиной, и рассчитанное на выяснение объема знаний обучающегося по определенному разделу, теме, проблеме и т.п.	Вопросы по разделам дисциплины

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

Пример задания

Для текущего контроля ТК1:

Проверяемая компетенция: ПК-1

Индикаторы ПК-2.1; ПК-2.2

ПК-1. Способен проводить мониторинг состояния технологических систем и оборудования АЭС по факторам поступления ионизирующего

излучения за пределы защитных барьеров.

ПК-1.3. Способен организовать контроль допуска персонала к работам с источниками ионизирующего излучения и радиоактивными веществами и отходами

Проверяемая компетенция: ПК-2

ПК-2. Использует знания технологических процессов при проведении ядерно и радиационно опасных работ, отраслевых норм и правил для оценки условий эксплуатации АЭС

ПК-2.2 Способен проводить измерения и оценивать соответствие контролируемых параметров ионизирующего излучения требованиям охраны труда, производственной санитарии, норм и правил экологической, радиационной безопасности и взрывоопасности.

ПЗ ТК-1. Практическое задание (ПЗ). Комплект задач и заданий

Практическое занятие 1. Расчет параметров ультразвукового контроля для выявления дефектов в ядерных материалах.

1. Определите оптимальную частоту ультразвуковой волны для контроля стального образца толщиной 50 мм, если скорость звука в стали составляет 5900 м/с и минимальный размер дефекта, который необходимо обнаружить, равен 1 мм. Используйте формулу $f = v/\lambda$, где λ — длина волны.

2. Рассчитайте угол ввода ультразвуковой волны для обнаружения дефектов на глубине 10 мм в алюминиевом сплаве, если скорость звука в алюминии составляет 6320 м/с и частота ультразвука 2 МГц.

3. Вычислите скорость распространения ультразвуковой волны в титановом сплаве при плотности 4500 кг/м³ и модуле упругости 116 ГПа. Используйте формулу $v = \sqrt{E/\rho}$.

4. Определите минимальный размер дефекта, который можно обнаружить при частоте ультразвука 5 МГц и скорости звука в материале 5000 м/с.

5. Рассчитайте коэффициент затухания ультразвуковой волны в медном образце длиной 100 мм, если интенсивность волны уменьшается в 2 раза. Используйте формулу $\alpha = 1/d \ln(I_0/I)$.

6. Оцените влияние температуры на скорость ультразвуковой волны в стали, если температура увеличивается на 50°C и коэффициент температурного расширения составляет 0.000012/°C.

7. Рассчитайте оптимальную мощность ультразвукового излучателя для контроля композитного материала, если необходимо обеспечить глубину проникновения волны 20 мм и коэффициент затухания 0,1 дБ/мм.

8. Определите время прохождения ультразвуковой волны через образец толщиной 20 мм, если скорость звука в материале составляет 3000 м/с.

9. Рассчитайте разрешающую способность ультразвукового дефектоскопа при длине волны 0,5 мм.

10. Определите оптимальное расстояние между преобразователем и поверхностью образца для максимальной чувствительности, если длина волны составляет 1 мм и угол падения.

Практическое занятие 2. Моделирование теплового контроля для оценки состояния ядерных компонентов. Расчет тепловых аномалий в материалах при различных условиях эксплуатации.

1. Рассчитайте тепловое сопротивление слоя изоляции на поверхности реактора толщиной 5 см и теплопроводностью 0,04 Вт/(м·К). Используйте формулу $R = d/kA$.

2. Определите температуру поверхности компонента при тепловой нагрузке 1000 Вт и коэффициенте теплопередачи 50 Вт/(м²·К) при комнатной температуре 20 °С. Используйте формулу $Q = hA (T_s - T_\infty)$.

3. Вычислите тепловую аномалию в зоне дефекта, если теплопроводность материала уменьшается на 20.

4. Оцените влияние внешней температуры 30 °С на распределение тепла в компоненте, если температура внутри составляет 100°С и коэффициент теплопередачи 10 Вт/(м²·К).

5. Рассчитайте время достижения теплового равновесия для компонента массой 10 кг с удельной теплоемкостью 500 Дж/(кг·К) и начальной температурой 150°С.

6. Определите распределение температуры в многослойной структуре компонента, состоящей из трех слоев толщиной 2 см, 3 см и 5 см с теплопроводностями 0,1, 0,2 и 0,3 Вт/(м·К) соответственно.

7. Вычислите изменение теплового потока через материал с дефектом площадью 1 см² и начальной теплопроводностью 0.5 Вт/(м·К).

8. Оцените эффективность термоизоляции при температуре окружающей среды 25°С и внутренней температуре 150°С, если тепловая нагрузка составляет 500 Вт.

9. Рассчитайте параметры теплового излучения для обнаружения дефектов в компоненте при температуре 200°С и коэффициенте излучения 0,8.

10. Определите оптимальные условия для проведения теплового контроля в условиях влажности 60.

Практическое занятие 3. Анализ рентгеновских изображений для оценки структуры ядерных материалов. Расчет параметров рентгеновского облучения для оптимального контраста и разрешения.

1. Рассчитайте оптимальное напряжение рентгеновской трубки для исследования образца из свинца толщиной 10 мм, чтобы обеспечить проникновение излучения. Используйте формулу $E = 1.24/\lambda$, где λ – длина волны.

2. Определите толщину фильтра из алюминия для уменьшения низкоэнергетического излучения при рентгенографии стали толщиной 5 мм, если начальная интенсивность излучения 100 мкГр.

3. Вычислите время экспозиции для получения изображения с высоким контрастом при токе трубки 10 мА и напряжении 100 кВ, если необходимая доза 5 мГр.

4. Оцените разрешение рентгеновского изображения при длине волны излучения 0.1 нм и диаметре фокусного пятна 0,5 мм.

5. Рассчитайте необходимую дозу облучения для выявления дефектов в алюминиевом образце толщиной 15 мм при использовании пленки с чувствительностью 2 мГр.

6. Определите влияние угла падения рентгеновских лучей 45° на качество изображения, если начальная интенсивность 50 мкГр.

7. Вычислите оптимальное расстояние между рентгеновской трубкой и детектором для максимальной четкости при расстоянии 1 м и размером детектора 20 см.

8. Оцените влияние рассеяния излучения на качество рентгеновского изображения при использовании коллиматора с диаметром 2 см.

9. Рассчитайте параметры контрастного вещества для улучшения видимости дефектов в полиэтиленовом образце толщиной 10 мм.

10. Определите условия для минимизации артефактов на рентгеновских снимках при использовании цифрового детектора с разрешением 1024x1024 пикселей.

Тест ТК-1

1. Минимальное разрешение которое может быть достигнуто, при ультразвуковом контроле стального образца толщиной 100 мм с частотой 5 МГц, если скорость звука в стали составляет 5900 м/с:

- A) 0,6 мм
- B) 1,2 мм
- C) 2,4 мм
- D) 4,8 мм

2. Метод контроля наиболее эффективный для выявления трещин в поверхности композитных материалов:

- A) Ультразвуковой контроль
- B) Магнитопорошковый контроль
- C) Тепловизионный контроль
- D) Рентгенографический контроль

3. Фильтр используемый для улучшения контраста при использовании рентгеновского аппарата с напряжением 200 кВ для контроля алюминиевого образца толщиной 30 мм,

- A) Медь 1 мм
- B) Алюминий 2 мм
- C) Свинец 0,5 мм
- D) Цирконий 1 мм

4. Утверждение верное для магнитного дефектоскопа:

- A) Он может быть использован для всех типов материалов
- B) Он требует непосредственного контакта с поверхностью материала
- C) Он эффективен только для ферромагнитных материалов
- D) Он основан на использовании ультразвуковых волн

5. В тепловом анализе реактора было зафиксировано изменение температуры на 15°C при увеличении тепловой нагрузки на 200 Вт. Тепловая сопротивляемость системы равна:

- A) 0,075 K/Вт
- B) 0,15 K/Вт
- C) 0,3 K/Вт
- D) 0,6 K/Вт

6. Тип излучения используемый для радиационной дефектоскопии, если требуется проникновение через свинцовый экран толщиной 10 мм:

- A) Альфа-излучение
- B) Бета-излучение
- C) Гамма-излучение
- D) Нейтронное излучение

7. Метод контроля использующий эффект Холла для выявления дефектов в материалах:

- A) Вихретоковый контроль
- B) Магнитный контроль
- C) Ультразвуковой контроль
- D) Рентгенографический контроль

8. Утверждение верно для метода вихретокового контроля:

- A) Используется для анализа неметаллических материалов
- B) Основан на изменении электрического сопротивления
- C) Эффективен только для поверхностных дефектов в электропроводящих материалах
- D) Требуется применения высоких температур

9. Метод контроля наиболее эффективен для выявления коррозионных повреждений на внутренних поверхностях труб:

- A) Ультразвуковой контроль
- B) Магнитный контроль
- C) Визуальный контроль
- D) Рентгенографический контроль

10. Фактор наиболее сильно влияющий на затухание ультразвуковой волны в материале:

- A) Плотность материала
- B) Частота ультразвука
- C) Температура окружающей среды
- D) Толщина материала

Пример задания

Для текущего контроля ТК2:

Проверяемая компетенция: ПК-1

Индикаторы ПК-2.1; ПК-2.2

ПК-1. Способен проводить мониторинг состояния технологических систем и оборудования АЭС по факторам поступления ионизирующего излучения за пределы защитных барьеров.

ПК-1.3. Способен организовать контроль допуска персонала к работам с источниками ионизирующего излучения и радиоактивными веществами и отходами

Проверяемая компетенция: ПК-2

ПК-2. Использует знания технологических процессов при проведении ядерно и радиационно опасных работ, отраслевых норм и правил для оценки условий эксплуатации АЭС

ПК-2.2 Способен проводить измерения и оценивать соответствие контролируемых параметров ионизирующего излучения требованиям охраны труда, производственной санитарии, норм и правил экологической,

радиационной безопасности и взрывоопасности.

ПЗ ТК-2. Практическое задание (ПЗ). Комплект задач и заданий

Практическое занятие 4. Расчет энергетических разрешений для гамма-спектрометров. Интерпретация спектров для идентификации и количественной оценки изотопов.

1. Рассчитайте энергетическое разрешение гамма-спектрометра при энергии фотона 1.33 МэВ и разрешении 2.

2. Определите минимальную концентрацию изотопа Cs-137, которую можно обнаружить при данном разрешении и активности 10 кБк, если фон составляет 1 кБк.

3. Вычислите вклад шумов детектора в общее энергетическое разрешение, если шум составляет 0,5

4. Оцените влияние температуры 25°C на энергетическое разрешение спектрометра с полупроводниковым детектором, если температурный коэффициент составляет 0,01

5. Рассчитайте оптимальную толщину сцинтилляционного кристалла для улучшения разрешения при энергии 0,662 МэВ и коэффициенте поглощения 0.9.

6. Определите влияние времени сбора данных 60 секунд на точность измерений, если начальная ошибка 5

7. Вычислите энергетическое разрешение для смешанного спектра изотопов Co-60 и Cs-137 при общей активности 20 кБк.

8. Оцените эффективность различных материалов детекторов (NaI(Tl), HPGe) для улучшения разрешения, если начальное разрешение 3

9. Рассчитайте параметры калибровки спектрометра для достижения максимальной точности при использовании источника Co-60 с активностью 5 кБк.

10. Определите условия минимизации погрешностей при измерении спектров в условиях повышенного фона 2 кБк.

Практическое занятие 5. Применение нейтронного анализа для оценки радиоактивности материалов. Расчет параметров нейтронного облучения и активационного анализа.

1. Рассчитайте поток нейтронов, необходимый для активации образца массой 1 г из алюминия, чтобы достичь активности 1 мкКи, если эффективность активации 10

2. Определите время облучения для достижения заданного уровня активности при потоке нейтронов 10^{12} нейтронов/см²/с и начальной активности 0.1 мкКи.

3. Вычислите эффективность детектирования для детектора BF₃ при энергии нейтронов 0,025 эВ и начальной эффективности 30

4. Оцените влияние температуры 300 К на результаты нейтронного анализа, если температурный коэффициент составляет 0,01

5. Рассчитайте параметры защиты для минимизации воздействия нейтронного облучения в лаборатории, если допустимый уровень облучения 0,1 мкЗв/ч.

6. Определите оптимальные условия для активационного анализа образца

из железа массой 5 г при начальной активности 0,5 мкКи.

7. Вычислите вклад фона в измерения нейтронной активности при уровне фона 0,1 мкКи и начальной активности 1 мкКи.

8. Оцените влияние геометрии образца (цилиндр диаметром 2 см и высотой 5 см) на результаты анализа, если начальная активность 0,2 мкКи.

9. Рассчитайте параметры калибровки нейтронного анализатора для работы с образцами из меди массой 10 г.

10. Определите условия для минимизации ошибок при нейтронном анализе в условиях повышенной влажности 70%.

Практическое занятие 6. Радиохимический анализ и оценка эффективности разделения изотопов. Расчет кинетики радиохимических реакций и эффективности разделения изотопов.

1. Рассчитайте кинетику реакции для разделения изотопов урана, если начальная концентрация составляет 0.1 моль/л и скорость реакции 0,01 моль/л/ч, через 10 ч.

2. Определите эффективность процесса экстракции для раствора с концентрацией 0.5 моль/л, если извлечено 90% изотопов и начальная масса 10 г.

3. Вычислите концентрацию изотопа в конечном продукте после разделения, если начальная концентрация 0.1 моль/л и разделение эффективно на 95%, для объема 1 л.

4. Оцените влияние температуры 50°C на скорость радиохимической реакции с коэффициентом температурного ускорения 2, если начальная скорость 0,02 моль/л/ч.

5. Рассчитайте параметры центрифугирования для разделения изотопов, если радиус ротора 10 см и скорость 5000 об/мин, для разделения массы 5 г.

6. Определите оптимальные условия для осаждения радиоактивных элементов при pH 7 и начальной концентрации 0,2 моль/л.

7. Вычислите степень очистки раствора от нежелательных изотопов, если эффективность очистки 99% и начальная концентрация 0,3 моль/л.

8. Оцените влияние pH среды на эффективность разделения при изменении pH с 5 до 9 и начальной концентрации 0,2 моль/л.

9. Рассчитайте параметры для кристаллизации выделенных изотопов при температуре 25°C и начальной концентрации 0,1 моль/л.

10. Определите условия для минимизации потерь при радиохимическом анализе, если потери не должны превышать 1% и начальная масса 10 г.

Тест ТК2

Пример задания

1. Прибор, используемый для измерения энергетического спектра гамма-излучения:

- А) Дозиметр
- В) Альфа-спектрометр
- С) Гамма-спектрометр
- Д) Радиометр

2. Метод анализа изотопного состава основанный на измерении масс ионов:

- A) Нейтронный активационный анализ
- B) Радиохимический анализ
- C) Масс-спектрометрия
- D) Спектрофотометрия

3. Для нейтронного активационного анализа образца массой 10 г требуется поток нейтронов 10^{12} нейтронов/см²/с. Время облучения необходимое для достижения активности 1 мкКи:

- A) 10 мин
- B) 30 мин
- C) 1 ч
- D) 2 ч

4. Метод наиболее подходящий для определения изотопного состава в образцах с низкой концентрацией радиоактивных веществ:

- A) Гамма-спектрометрия
- B) Нейтронный активационный анализ
- C) Радиохимический анализ
- D) Магнитный резонанс

5. Фактор, оказывающий наибольшее влияние на точность спектрометрического анализа:

- A) Время сбора данных
- B) Размер образца
- C) Температура окружающей среды
- D) Скорость потока газа в системе

6. Метод дистанционного контроля наиболее эффективный для мониторинга радиоактивного загрязнения на больших территориях:

- A) Использование портативных радиометров
- B) Применение беспилотных летательных аппаратов
- C) Установка стационарных датчиков
- D) Проведение наземных инспекций вручную

7. Метод наиболее подходит для анализа радиоактивных отходов:

- A) Спектрофотометрия
- B) Альфа-спектрометрия
- C) Гамма-спектрометрия
- D) Тепловой анализ

8. Верное утверждение для радиохимического анализа:

- A) Используется только для твердых образцов
- B) Не требует предварительной подготовки образца
- C) Основан на химическом разделении изотопов
- D) Применяется только для анализа металлов

9. Метод наиболее эффективный для определения содержания трития в воде:

- A) Гамма-спектрометрия
- B) Жидкостная сцинтилляционная спектрометрия

С) Нейтронный активационный анализ

Д) Радиохимический анализ

10. Прибор наиболее подходит для измерения радиационного фона на промышленных объектах:

А) Гамма-спектрометр

В) Дозиметр

С) Альфа-спектрометр

Д) Радиометр

Для текущего контроля ТКЗ:

Проверяемая компетенция: ПК-1

Индикаторы ПК-2.1; ПК-2.2

ПК-1. Способен проводить мониторинг состояния технологических систем и оборудования АЭС по факторам поступления ионизирующего излучения за пределы защитных барьеров.

ПК-1.3. Способен организовать контроль допуска персонала к работам с источниками ионизирующего излучения и радиоактивными веществами, и отходами.

Проверяемая компетенция: ПК-2

ПК-2. Использует знания технологических процессов при проведении ядерно и радиационно опасных работ, отраслевых норм и правил для оценки условий эксплуатации АЭС

ПК-2.2 Способен проводить измерения и оценивать соответствие контролируемых параметров ионизирующего излучения требованиям охраны труда, производственной санитарии, норм и правил экологической, радиационной безопасности и взрывоопасности.

ПЗ ТК-3. Практическое задание (ПЗ). Комплект задач и заданий

Практическое занятие 7. Применение машинного обучения для автоматизации интерпретации данных неразрушающего анализа. Разработка алгоритмов машинного обучения для анализа спектрометрических данных.

1. Разработайте алгоритм классификации спектров по типам изотопов с использованием 1000 обучающих спектров и 10 различных классов.

2. Определите параметры для обучения модели на основе нейронных сетей с 3 скрытыми слоями и 100 нейронами в каждом, при обучающем наборе из 5000 примеров.

3. Рассчитайте точность модели на тестовом наборе данных из 200 спектров, если начальная точность 85%.

4. Оцените влияние размера обучающего набора от 500 до 2000 спектров на качество модели, если начальная точность 80%.

5. Разработайте методику предобработки данных для улучшения результатов анализа с использованием нормализации данных, если начальная ошибка 10%.

6. Определите оптимальные гиперпараметры модели (коэффициент обучения 0.01, количество эпох 100) для повышения точности до 95%.

7. Рассчитайте время обучения модели при конфигурации с 1000 эпох и размером батча 32, если начальное время 10 ч.

8. Оцените эффективность применения машинного обучения для различных типов данных (гамма-спектры, альфа-спектры) с начальной точностью 90%.

9. Разработайте алгоритм для автоматической калибровки спектрометра с использованием данных от 10 различных источников, если начальная ошибка 5%.

10. Определите условия для минимизации ошибок классификации в модели при использовании метода перекрестной проверки с 5 фолдами.

Практическое занятие 8. Использование дронов для дистанционного мониторинга радиоактивных зон. Расчет траекторий и параметров полета дронов для оптимального сбора данных.

1. Рассчитайте параметры для использования дрона в условиях низкой температуры -10°C и скорости ветра 15 м/с.

2. Определите влияние высоты полета 120 м на точность измерений при использовании сенсоров с разрешением 0,5 м.

3. Вычислите время полета дрона при увеличении нагрузки на 20% и начальной емкости батареи 4000 мАч.

4. Оцените влияние солнечной радиации на работу сенсоров при полете в ясную погоду.

5. Рассчитайте параметры для использования дрона в условиях повышенной влажности 90%.

6. Определите оптимальный маршрут для сбора данных в зоне с ограниченным доступом.

7. Вычислите влияние времени суток на точность измерений при полете в условиях ограниченной видимости.

8. Оцените эффективность использования различных типов сенсоров для мониторинга радиационного фона.

9. Рассчитайте параметры для передачи данных в условиях слабого сигнала на расстоянии 2 км.

10. Определите условия для безопасного использования дрона вблизи промышленных объектов с высоким уровнем радиации.

Вопросы к комплексному заданию ТКЗ (Срс)

1. Какие преимущества дает использование искусственного интеллекта в неразрушающем анализе ядерных материалов?

2. Как машинное обучение может улучшить точность и скорость интерпретации данных неразрушающего контроля?

3. В чем заключается роль автоматизации в процессах неразрушающего анализа и как она влияет на безопасность?

4. Какие типы дронов наиболее эффективны для дистанционного мониторинга радиоактивных зон и почему?

5. Как виртуальная и дополненная реальность могут быть использованы для обучения специалистов в области неразрушающего анализа?

6. Какие нанотехнологии применяются в неразрушающем анализе и как они улучшают результаты диагностики?

7. Как роботизированные системы могут быть интегрированы в процессы

неразрушающего контроля на атомных станциях?

8. Какие преимущества дает использование беспилотных летательных аппаратов для мониторинга труднодоступных или опасных зон?

9. Как алгоритмы машинного обучения могут быть использованы для предсказания дефектов в ядерных материалах?

10. Какие инновационные методы анализа позволяют снизить воздействие на окружающую среду при работе с радиоактивными веществами?

11. Как использование больших данных и аналитики может оптимизировать процессы неразрушающего анализа?

12. Какие перспективы развития технологий контроля ожидаются в ближайшие годы в области ядерной энергетики?

13. Как технологии дополненной реальности могут помочь в визуализации сложных данных, полученных при неразрушающем анализе?

14. Какие ограничения существуют при использовании дронов для мониторинга радиационных зон и как их можно преодолеть?

15. Как применение нейронных сетей может улучшить обработку и анализ спектрометрических данных?

16. Какие новые материалы и технологии могут улучшить чувствительность и точность неразрушающего анализа?

17. Как автоматизация процессов контроля влияет на требования к квалификации персонала на атомных станциях?

18. Какие меры безопасности необходимо учитывать при использовании роботизированных систем в радиационно опасных зонах?

19. Как использование облачных технологий может улучшить доступность и обработку данных неразрушающего анализа?

20. Какие инновационные подходы используются для снижения радиационного воздействия на персонал и окружающую среду в процессе контроля?

Для промежуточной аттестации:

Перечень вопросов к экзамену:

1. Основные методы неразрушающего контроля, применяемые для анализа ядерных материалов.

2. Физические основы взаимодействия ультразвуковых волн с материалами.

3. Преимущества и недостатки рентгенографического метода в неразрушающем анализе.

4. Принцип работы магнитного дефектоскопа.

5. Разрешающая способность ультразвукового дефектоскопа.

6. Факторы, влияющие на выбор метода неразрушающего анализа для конкретного материала.

7. Тепловой анализ в диагностике ядерных материалов.

8. Принципы радиационной дефектоскопии и области ее применения.

9. Влияние изменений температуры на результаты ультразвукового контроля.

10. Виды излучения, используемые в неразрушающем анализе, и их характеристики.
11. Приборы, используемые для спектрометрического анализа радиоактивных веществ.
12. Калибровка гамма-спектрометра.
13. Анализ изотопного состава и используемые методы.
14. Принцип нейтронного активационного анализа.
15. Радиохимические методы, применяемые для разделения изотопов.
16. Контроль радиоактивного загрязнения окружающей среды.
17. Интерпретация данных, полученных с помощью радиометрии.
18. Факторы, влияющие на точность спектрометрического анализа.
19. Этапы обработки данных неразрушающего анализа радиоактивных веществ.
20. Методы дистанционного контроля, применяемые для мониторинга радиоактивных зон.
21. Искусственный интеллект используется для автоматизации процессов неразрушающего анализа.
22. Инновационные технологии, применяемые для повышения безопасности ядерных объектов.
23. Использование дронов для мониторинга радиационной обстановки.
24. Преимущества роботизированных систем в неразрушающем анализе.
25. Перспективы развития технологий неразрушающего контроля в ближайшие годы.
26. Лополненная реальность в обучении специалистов по неразрушающему анализу.
27. Нанотехнологии, применяемые для улучшения чувствительности методов анализа.
28. Оптимизация процессов неразрушающего контроля.
29. Влияние автоматизации процессов на точность и скорость анализа.
30. Меры безопасности, которые необходимо учитывать при использовании инновационных технологий в радиоактивных зонах.

Билет 1

1. Объясните методы неразрушающего контроля, используемые для анализа ядерных материалов.
2. Охарактеризуйте роль теплового анализа в диагностике ядерных материалов.
3. Рассчитайте оптимальную частоту ультразвуковой волны для выявления дефектов в стальном образце толщиной 50 мм, если скорость звука в стали составляет 5900 м/с и минимальный размер дефекта равен 1 м.

Билет 2

1. Опишите физические основы взаимодействия ультразвуковых волн с материалами.
2. Приборы, используемые для спектрометрического анализа радиоактивных веществ.

3. Рассчитайте тепловое сопротивление изоляции на поверхности реактора толщиной 5 см и теплопроводностью 0.04 Вт/(м·К).

Билет 3

1. Охарактеризуйте преимущества и недостатки рентгенографического метода в неразрушающем анализе.
2. Объясните процесс калибровки гамма-спектрометра.
3. Рассчитайте необходимую дозу облучения для выявления дефектов в алюминиевом образце толщиной 15 мм при использовании пленки с чувствительностью 2 мГр.

Билет 4

1. Раскройте принцип работы магнитного дефектоскопа.
2. Опишите процесс анализа изотопного состава и используемые методы.
3. Рассчитайте энергетическое разрешение гамма-спектрометра при энергии фотона 1,33 МэВ и разрешении 2%.

Билет 5

1. Разрешающая способность ультразвукового дефектоскопа.
2. Раскройте принцип нейтронного активационного анализа.
3. Рассчитайте поток нейтронов, необходимый для активации образца из алюминия массой 1 г, чтобы достичь активности 1 мкКи, при эффективности активации 10%.

Билет 6

1. Факторы, влияющие на выбор метода неразрушающего анализа для конкретного материала.
2. Радиохимические методы, применяемые для разделения изотопов.
3. Рассчитайте кинетику реакции для разделения изотопов урана, если начальная концентрация составляет 0,1 моль/л и скорость реакции 0,01 моль/л·ч через 10 часов.

Билет 7

1. Автоматизация в процессах неразрушающего анализа.
2. Опишите процесс контроля радиоактивного загрязнения окружающей среды.
3. Рассчитайте параметры для использования дрона в условиях низкой температуры -10°C и скорости ветра 15 м/с.

Билет 8

1. Искусственный интеллект для автоматизации процессов неразрушающего анализа.
2. Методы дистанционного контроля, применяемые для мониторинга радиоактивных зон.
3. Рассчитайте время полета дрона с емкостью батареи 5000 мАч и потребляемой мощностью 100 Вт, если начальная емкость 4500 мАч.

Билет 9

1. Перечислите инновационные технологии, применяемые для повышения безопасности ядерных объектов.
2. Охарактеризуйте преимущества роботизированных систем в неразрушающем анализе.

3. Рассчитайте условия для минимизации потерь при радиохимическом анализе, если потери не должны превышать 1% и начальная масса 10 г.

Билет 10

1. Использование дронов для мониторинга радиационной обстановки.

2. Нанотехнологии, применяемые для улучшения чувствительности методов анализа.

3. Рассчитайте оптимальную толщину сцинтилляционного кристалла для улучшения разрешения при энергии 0,662 МэВ и коэффициенте поглощения 0,9.