

ИНСТИТУТ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИХ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ СИСТЕМ  
КАФЕДРА ПРИКЛАДНОЙ ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ

ОДОБРЕНО

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**  
**ЯДЕРНО-ФИЗИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ АНАЛИЗА МАТЕРИАЛОВ**

Направление подготовки  
(специальность)

[1] 12.04.01 Приборостроение

Семестр	Трудоемкость, кред.	Общий объем курса, час.	Лекции, час.	Практич. занятия, час.	Лаборат. работы, час.	В форме практической подготовки/В СРС, час.	КСР, час.	Форма(ы) контроля, экз./зач./КСР/КП
3	3	108	0	48	24	36	0	3
Итого	3	108	0	48	24	0	36	

## **АННОТАЦИЯ**

Рассматриваются ядерно-физические методы элементного анализа материалов с использованием нейтронных генераторов, включая обнаружение опасных веществ, элементный анализ промышленных изделий, геофизические исследования и т.п., а также в дисциплине уделено внимание рассмотрению физических и методических основ радиографических методов с использованием проникающих излучений, практическому применению рассматриваемых методов. Радиографические методы контроля структуры и вещественного состава исследуемого объекта, основанные на использовании рентгеновского и нейтронного излучений и применяемые при неразрушающем контроле промышленных изделий и потенциально опасных объектов. Теоретическое и методическое рассмотрение материала подкрепляется примерами использования этих методов для решения различных практических задач науки и техники, выполнением лабораторных работ.

### **1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

Цели курса:

1) Ознакомить студентов с физическими основами радиографических методов контроля структуры и вещественного состава исследуемого объекта, основанными на использовании рентгеновского и нейтронного излучений, и применяемыми при неразрушающем контроле промышленных изделий и потенциально опасных предметов.

2) Получение базовых знаний по нейтронным методам обнаружения ядерных материалов, взрывчатых веществ, гамма- и нейтронного каротажа скважин, знакомство студентов с устройством, физическими принципами действия, основными характеристиками и областями применения методов на базе быстрых и тепловых нейтронов, развитием навыков обработки результатов измерений, использования метода максимального правдоподобия и теории распознавания образов, работы с детекторами ядерных излучений.

Основная задача курса - дать студентам знания физических и методических основ радиографических методов с использованием проникающих излучений. После изучения курса студенты должны знать теоретические основы методов, технику их осуществления, приборы и электронно-физическую аппаратуру, необходимую для реализации методов. На основе приобретенных знаний студенты должны уметь свободно ориентироваться в радиографических методах неразрушающего контроля, уметь выбрать методы и оптимальные условия их реализации для решения поставленной перед ними задачи неразрушающего контроля.

По основным разделам курса также поставлены и проводятся лабораторные работы, а также практические занятия, которые способствуют усвоению теоретического курса, практическому освоению методик, знакомству с современным оборудованием и вырабатывают умение с ним работать.

### **2. МЕСТО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО**

Для изучения дисциплины необходимы компетенции, сформированные у обучающихся в результате освоения физико-математических и ядерно-физических дисциплин. Дисциплина является предшествующей для успешного прохождения производственных практик и написания ВКР.

### 3. ФОРМИРУЕМЫЕ КОМПЕТЕНЦИИ И ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ

Универсальные и(или) общепрофессиональные компетенции:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции
--------------------------------	--

Профессиональные компетенции в соответствии с задачами и объектами (областями знаний) профессиональной деятельности:

Задача профессиональной деятельности (ЗПД)	Объект или область знания	Код и наименование профессиональной компетенции; Основание (профессиональный стандарт-ПС, анализ опыта)	Код и наименование индикатора достижения профессиональной компетенции
научно-исследовательский			
Разработка планов и методических программ проведения экспериментальных исследований и разработок по определенной тематике, выбор оптимальных технических средств и обработки результатов измерений	Методы и программы экспериментальных исследований, средства обработки результатов измерений	ПК-2 [1] - Способен к выбору оптимального метода и разработке программ экспериментальных исследований, проведение измерений с выбором технических средств и обработкой результатов  <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 40.011	З-ПК-2[1] - Знать: методологию выбора оптимального метода и разработки программ экспериментальных исследований, проведения измерений с выбором технических средств и обработки результатов ; У-ПК-2[1] - Уметь: аргументированно выбирать оптимальные методы и разрабатывать программы экспериментальных исследований, проведения измерений с выбором технических средств и обработкой результатов; В-ПК-2[1] - Владеть: навыками выбора оптимального метода и разработки программ экспериментальных исследований, проведение измерений

			с выбором технических средств и обработкой результатов
Проводить анализ научно-технической информации в области взаимодействия ионизирующих излучений с веществом	Физические явления и процессы взаимодействия ионизирующего излучения с веществом, а также механизмы взаимодействия микрочастиц с электрическим, магнитным и электромагнитным полями в различных средах и вакууме	ПК-3.1 [1] - Способен к общему физическому анализу процессов взаимодействия ионизирующих излучений с веществом  <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 24.078	3-ПК-3.1[1] - Знать основные принципы взаимодействия ионизирующего излучения с веществом, а также нормы и правила производственной, радиационной безопасности и электробезопасности ; У-ПК-3.1[1] - Уметь анализировать научно-техническую информацию по теме исследований, извлекать информацию и проводить расчеты по взаимодействию излучения с веществом; В-ПК-3.1[1] - Владеть методиками измерения и получения информации от ядерно-физических приборов и устройств

#### 4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Разделы учебной дисциплины, их объем, сроки изучения и формы контроля:

№ п.п	Наименование раздела учебной дисциплины	Недели	Лекции/ Практи. (семинары) / Лабораторные работы, час.	Обязат. текущий контроль (форма*, неделя)	Максимальный балл за раздел**	Аттестация раздела (форма*, неделя)	Индикаторы освоения компетенции
	<i>3 Семестр</i>						
1	Первый раздел	1-8	0/24/16		25	Зд-8	3-ПК-2, У-ПК-2, 3-ПК-3.1

2	Второй раздел	9-16	0/24/8		25	УО-16	У-ПК-2, В-ПК-2, У-ПК-3.1, В-ПК-3.1
	<i>Итого за 3 Семестр</i>		0/48/24		50		
	<b>Контрольные мероприятия за 3 Семестр</b>				50	30	3-ПК-2, У-ПК-2, В-ПК-2, 3-ПК-3.1, У-ПК-3.1, В-ПК-3.1

\* – сокращенное наименование формы контроля

\*\* – сумма максимальных баллов должна быть равна 100 за семестр, включая зачет и (или) экзамен

Сокращение наименований форм текущего контроля и аттестации разделов:

Обозначение	Полное наименование
ЗО	Зачет с оценкой
Зд	Задание (задача)
УО	Устный опрос
З	Зачет

### КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

Недели	Темы занятий / Содержание	Лек., час.	Пр./сем., час.	Лаб., час.
	<i>3 Семестр</i>	0	48	24
<b>1-8</b>	<b>Первый раздел</b>	0	24	16
1	<b>Введение в дисциплину. Обзор ядерных физических методов контроля материалов.</b> Актуальность проблемы нераспространения. Физические основы обнаружения ядерных материалов (ЯМ). Ядерно-физические методы обнаружения ЯМ. Текущее состояние и перспективы.	Всего аудиторных часов		
		0	4	0
		Онлайн		
		0	0	0

	Проблемы противодействия терроризму. Физические основы обнаружения взрывчатых веществ (ВВ). Аналитический обзор ядерно-физических методов обнаружения ВВ. Текущее состояние и перспективы.			
2 - 3	<b>Нейтронные методы контроля. Обработка первичных результатов измерений.</b> Использование генераторов нейтронов для обнаружения ЯМ и ВВ. Основные типы генераторов нейтронов (портативные/стационарные, DD/DT, ГНТ/ВНТ/ПФ и др.). Нейтронно-радиационные методы обнаружения ЯМ. Метод запаздывающих нейтронов. Метод дифференциального затухания. Нейтронно-радиационные методы обнаружения взрывчатых и других опасных веществ. Метод тепловых нейтронов. Методы на базе быстрых нейтронов. Метод меченых нейтронов. Генераторы меченых нейтронов. Обработка результатов измерений при элементном анализе. Метод меченых нейтронов (МН). Принципы идентификации типа веществ методом МН, применение теории распознавания образов, функция плотности вероятности индивидуальных идентификаций, ошибки первого и второго рода, операционные характеристики и их зависимость от конфигурации досмотровой системы.	Всего аудиторных часов		
		0	5	5
		Онлайн		
		0	0	0
4 - 5	<b>Гражданские области применения нейтронно-радиационных технологий. Геофизические исследования.</b> Использование генераторов нейтронов для элементного анализа в промышленности, научных исследованиях, медицине. Нейтронно-радиационный элементный анализ в металлах, цементе, семенах, угле и др. Определение скрытых объектов в объектах культурно-исторического значения. Определение критичности ядерных объектов. Нарботка ядерных данных для существующих и перспективных реакторов (например, ИТЭР). Использование нейтронных генераторов в медицине. Геофизические исследования скважин как основа современной разведки месторождений. Виды скважин. Определяемые параметры коллекторов и скважин. Кабельная и автономная аппаратура для каротажа. Каротаж нефтяных и газовых месторождений: электрический, акустический, магнитный, радиоактивный каротаж. Каротаж в процессе строительства скважин. Радиоактивный каротаж: преимущества и недостатки.	Всего аудиторных часов		
		0	5	0
		Онлайн		
		0	0	0
6	<b>Методы ядерно-физического каротажа. Аппаратура ядерно-физического каротажа.</b> Виды радиоактивного каротажа. Гамма-каротаж естественной радиоактивности. Гамма-гамма каротаж. Нейтронные методы каротажа: взаимодействие нейтронов с веществом породы. Нейтронный каротаж с применением изотопного источника. Импульсные нейтронные методы: нейтрон-нейтронный каротаж, нейтрон-гамма каротаж (интегральный и спектрометрический). Ограничения	Всего аудиторных часов		
		0	5	6
		Онлайн		
		0	0	0

	<p>методов. Каротаж урановых месторождений. Метод запаздывающих и мгновенных нейтронов деления. Способ отработки урановых месторождений методов подземного выщелачивания (ПВ).</p> <p>Техническая реализация методов радиоактивного каротажа. Нейтронная трубка: виды, принцип работы. Каротажные нейтронные генераторы. Аппаратура импульсного нейтрон-нейтронного и нейтронного гамма-спектрометрического каротажа: принцип работы, примеры использования. Аппаратура, реализующая метод мгновенных нейтронов деления для каротажа урановых месторождений.</p>			
7 - 8	<p><b>Ядерная электроника для нейтронно-радиационных методов. Генераторы нейтронов для элементного анализа. Безопасность и правовые аспекты использования нейтронно-радиационных методов.</b></p> <p>Амплитудные, временные и амплитудно-временные измерения. Особенности сигналов на выходе детекторов ядерного излучения. Наносекундная электроника. Согласование линий связи. Front-end электроника. Элементы цифровой электроники, ПЛИС. Контроллеры, интерфейсы передачи данных в ЭВМ. Типовое построение аппаратуры.</p> <p>Сечения нейтроннообразующих реакций. Типы генераторов нейтронного излучения. Схемы построения генератора. Ионные источники. Ускоряющие структуры. Взаимодействие пучка с мишенью. Особенности генераторов меченых нейтронов.</p> <p>Безопасность обращения с нейтронными генераторами. Нормативная правовая база (НРБ, ОСПОРБ и др.). Средства контроля радиационной безопасности. Тритий. Защита от нейтронного излучения. Наведенная радиоактивность, средства и методы её определения.</p>	<p>Всего аудиторных часов</p> <p>0 5 5</p> <p>Онлайн</p> <p>0 0 0</p>		
9-16	<b>Второй раздел</b>	0	24	8
9	<p><b>Введение в радиографию. Природа рентгеновского и нейтронного излучений.</b></p> <p>Цель и задачи курса. Классификация методов промышленной радиографии. Основные параметры промышленной радиографии. Единицы измерений ионизирующих излучений. Структурные элементы радиографического контроля. Чувствительность пленочной и цифровой систем регистрации. Пространственное разрешение пленочной и цифровой систем регистрации. Преимущества и недостатки цифровой системы регистрации.</p> <p>Виды взаимодействия фотонов с веществом. Сечения взаимодействия рентгеновского излучения и их энергетическая зависимость. Свойства нейтронного излучения. Основные процессы взаимодействия нейтронного излучения с веществом. Совместное использование нескольких видов излучения. Основные виды взаимодействия рентгеновского и нейтронного</p>	<p>Всего аудиторных часов</p> <p>0 3 0</p> <p>Онлайн</p> <p>0 0 0</p>		

	излучений с веществом.			
10 - 11	<b>Способы реализации методов нейтронной и рентгеновской радиографии. Области применения и спектр задач радиографического контроля. Типы и характеристики радиографических источников излучений.</b> Методы с использованием проходящего пучка. Сравнение методов, основанных на использовании проходящего пучка, в случае линейного (1D) и двухкоординатного (2D) детекторов. Метод с использованием обратно рассеянного пучка. Схемы сканирования обратно рассеянного пучка. Преимущества и недостатки различных методов. Дефектоскопия промышленных изделий. О возможностях радиографического и томографического неразрушающего контроля приборов автоматики ВНИИА и их составных частей. Обнаружение потенциально опасных предметов. Научные исследования. Другие направления работ. Источники ионизирующих излучений: ядерные реакторы, радионуклидные, ускорители, портативные генераторы. Характеристики радиографического источника: спектр, интенсивность, степень коллимации излучения. Физические принципы, используемые в портативных генераторах рентгеновского и нейтронного излучений.	Всего аудиторных часов		
		0	6	0
		Онлайн		
		0	0	0
12	<b>Регистраторы радиографических изображений. Основные характеристики цифровых радиографических детекторов.</b> Классификация систем получения радиографических изображений. Детекторы непрямого преобразования. Детекторы прямого преобразования. Устройство пластин энергонакапливающего люминофора. Что такое фотостимулированная люминесценция? Принцип работы ПЗС-детектора. Газонаполненные детекторы. Полупроводниковые детекторы. Квантовая эффективность регистрации (DQE). Функция рассеяния линии (LSF) (ЧКХ). Поле зрения (FOV).	Всего аудиторных часов		
		0	3	0
		Онлайн		
		0	0	0
13 - 14	<b>Перспективы развития радиографических методов. Характеристики качества радиографического контроля.</b> Совершенствование детекторов. Совершенствование источников. Комплексование методов. Совершенствование методов получения изображений. Совершенствование алгоритмов цифровой обработки изображений. Факторы, влияющие на качество изображения. Показатели качества изображения: - контрастная чувствительность; - пространственное разрешение (нерезкость); - дисторсия и артефакты; - шум в изображении.	Всего аудиторных часов		
		0	6	4
		Онлайн		
		0	0	0
15 - 16	<b>Обработка изображений. Анализ качества контроля и программное обеспечение</b> Характеристика системы зрения оператора. Ранговые	Всего аудиторных часов		
		0	6	4
		Онлайн		

алгоритмы. Разностные методы. Гистограммные методы. Метод локальных контрастов. Координатный метод анализа изображения. Спектральный метод анализа изображения. Показатели качества контроля. Рабочая характеристика системы. Виды тестовых образцов.	0	0	0
--	---	---	---

Сокращенные наименования онлайн опций:

Обозначение	Полное наименование
ЭК	Электронный курс
ПМ	Полнотекстовый материал
ПЛ	Полнотекстовые лекции
ВМ	Видео-материалы
АМ	Аудио-материалы
Прз	Презентации
Т	Тесты
ЭСМ	Электронные справочные материалы
ИС	Интерактивный сайт

#### ТЕМЫ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

Недели	Темы занятий / Содержание
	<i>3 Семестр</i>
2 - 3	<b>Измерение откликов различных элементов на воздействие 14 МэВ нейтронов</b> Изучение метода меченых нейтронов. Определение амплитудно-временных характеристик гамма-излучения при прохождении быстрых нейтронов через вещество.
6	<b>Определение элементного состава образцов с помощью 14 МэВ нейтронов</b> Определение C/N/O-отношений произвольного объекта методом меченых нейтронов. Задача данной работы - провести измерения спектра отклика образца с органическим материалом с целью определения состава, используя в качестве эталонных спектров результаты предыдущей лабораторной работы №1.
7 - 8	<b>Импульсный нейтронный каротаж</b> Получение начальных навыков работы с современными ядерно-физическими аппаратными комплексами.
9 - 12	<b>Основные структурные элементы установки радиографического контроля</b> Изучение устройства и технических характеристик переносного рентгеновского аппарата РАПАН М 200/100 и регистраторов радиографического изображения на основе ПЗС-матрицы и энергонакапливающих экранов.
13 - 16	<b>Определение пространственных характеристик радиографического изображения</b> Определение пространственных характеристик радиографического изображения, полученного с

использованием РАПАН М 200/100 в качестве радиографического источника.

## ТЕМЫ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ

Недели	Темы занятий / Содержание
	<i>3 Семестр</i>
1	<b>Введение в дисциплину. Обзор ядерных физических методов контроля материалов.</b> Актуальность проблемы нераспространения. Физические основы обнаружения ядерных материалов (ЯМ). Ядерно-физические методы обнаружения ЯМ. Текущее состояние и перспективы. Проблемы противодействия терроризму. Физические основы обнаружения взрывчатых веществ (ВВ). Аналитический обзор ядерно-физических методов обнаружения ВВ. Текущее состояние и перспективы.
2 - 3	<b>Нейтронные методы контроля. Обработка первичных результатов измерений.</b> Использование генераторов нейтронов для обнаружения ЯМ и ВВ. Основные типы генераторов нейтронов (портативные/стационарные, DD/DT, ГНТ/ВНТ/ПФ и др.). Нейтронно-радиационные методы обнаружения ЯМ. Метод запаздывающих нейтронов. Метод дифференциального затухания. Нейтронно-радиационные методы обнаружения взрывчатых и других опасных веществ. Метод тепловых нейтронов. Методы на базе быстрых нейтронов. Метод меченых нейтронов. Генераторы меченых нейтронов. Обработка результатов измерений при элементном анализе. Метод меченых нейтронов (МН). Принципы идентификации типа веществ методом МН, применение теории распознавания образов, функция плотности вероятности индивидуальных идентификаций, ошибки первого и второго рода, операционные характеристики и их зависимость от конфигурации досмотровой системы.
4 - 5	<b>Гражданские области применения нейтронно-радиационных технологий. Геофизические исследования.</b> Использование генераторов нейтронов для элементного анализа в промышленности, научных исследованиях, медицине. Нейтронно-радиационный элементный анализ в металлах, цементе, семенах, угле и др. Определение скрытых объектов в объектах культурно-исторического значения. Определение критичности ядерных объектов. Нарботка ядерных данных для существующих и перспективных реакторов (например, ИТЭР). Использование нейтронных генераторов в медицине. Геофизические исследования скважин как основа современной разведки месторождений. Виды скважин. Определяемые параметры коллекторов и скважин. Кабельная и автономная аппаратура для каротажа.

	<p>Каротаж нефтяных и газовых месторождений: электрический, акустический, магнитный, радиоактивный каротаж. Каротаж в процессе строительства скважин. Радиоактивный каротаж: преимущества и недостатки.</p>
6	<p><b>Методы ядерно-физического каротажа. Аппаратура ядерно-физического каротажа.</b></p> <p>Виды радиоактивного каротажа. Гамма-каротаж естественной радиоактивности. Гамма-гамма каротаж. Нейтронные методы каротажа: взаимодействие нейтронов с веществом породы. Нейтронный каротаж с применением изотопного источника. Импульсные нейтронные методы: нейтрон-нейтронный каротаж, нейтрон-гамма каротаж (интегральный и спектрометрический). Ограничения методов. Каротаж урановых месторождений. Метод запаздывающих и мгновенных нейтронов деления. Способ отработки урановых месторождений методов подземного выщелачивания (ПВ).</p> <p>Техническая реализация методов радиоактивного каротажа. Нейтронная трубка: виды, принцип работы. Каротажные нейтронные генераторы. Аппаратура импульсного нейтрон-нейтронного и нейтронного гамма-спектрометрического каротажа: принцип работы, примеры использования. Аппаратура, реализующая метод мгновенных нейтронов деления для каротажа урановых месторождений.</p>
7 - 8	<p><b>Ядерная электроника для нейтронно-радиационных методов. Генераторы нейтронов для элементного анализа. Безопасность и правовые аспекты использования нейтронно-радиационных методов.</b></p> <p>Амплитудные, временные и амплитудно-временные измерения. Особенности сигналов на выходе детекторов ядерного излучения. Наносекундная электроника. Согласование линий связи. Front-end электроника. Элементы цифровой электроники, ПЛИС. Контроллеры, интерфейсы передачи данных в ЭВМ. Типовое построение аппаратуры.</p> <p>Сечения нейтроннообразующих реакций. Типы генераторов нейтронного излучения. Схемы построения генератора. Ионные источники. Ускоряющие структуры. Взаимодействие пучка с мишенью. Особенности генераторов меченых нейтронов.</p> <p>Безопасность обращения с нейтронными генераторами. Нормативная правовая база (НРБ, ОСПОРБ и др.). Средства контроля радиационной безопасности. Тритий. Защита от нейтронного излучения. Наведенная радиоактивность, средства и методы её определения.</p>
9	<p><b>Введение в радиографию. Природа рентгеновского и нейтронного излучений.</b></p> <p>Цель и задачи курса. Классификация методов промышленной радиографии. Основные параметры промышленной радиографии. Единицы измерений ионизирующих излучений. Структурные элементы</p>

	<p>радиографического контроля. Чувствительность пленочной и цифровой систем регистрации.</p> <p>Пространственное разрешение пленочной и цифровой систем регистрации. Преимущества и недостатки цифровой системы регистрации.</p> <p>Виды взаимодействия фотонов с веществом. Сечения взаимодействия рентгеновского излучения и их энергетическая зависимость. Свойства нейтронного излучения. Основные процессы взаимодействия нейтронного излучения с веществом. Совместное использование нескольких видов излучения. Основные виды взаимодействия рентгеновского и нейтронного излучений с веществом.</p>
10 - 11	<p><b>Способы реализации методов нейтронной и рентгеновской радиографии. Области применения и спектр задач радиографического контроля. Типы и характеристики радиографических источников излучений.</b></p> <p>Методы с использованием проходящего пучка. Сравнение методов, основанных на использовании проходящего пучка, в случае линейного (1D) и двухкоординатного (2D) детекторов. Метод с использованием обратно рассеянного пучка. Схемы сканирования обратно рассеянного пучка.</p> <p>Преимущества и недостатки различных методов.</p> <p>Дефектоскопия промышленных изделий. О возможностях радиографического и томографического неразрушающего контроля приборов автоматики ВНИИА и их составных частей. Обнаружение потенциально опасных предметов.</p> <p>Научные исследования. Другие направления работ.</p> <p>Источники ионизирующих излучений: ядерные реакторы, радионуклидные, ускорители, портативные генераторы.</p> <p>Характеристики радиографического источника: спектр, интенсивность, степень коллимации излучения.</p> <p>Физические принципы, используемые в портативных генераторах рентгеновского и нейтронного излучений.</p>
12	<p><b>Регистраторы радиографических изображений. Основные характеристики цифровых радиографических детекторов.</b></p> <p>Классификация систем получения радиографических изображений. Детекторы непрямого преобразования.</p> <p>Детекторы прямого преобразования. Устройство пластин энергонакапливающего люминофора. Что такое фотостимулированная люминесценция? Принцип работы ПЗС-детектора. Газонаполненные детекторы.</p> <p>Полупроводниковые детекторы.</p> <p>Квантовая эффективность регистрации (DQE). Функция рассеяния линии (LSF) (ЧКХ). Поле зрения (FOV).</p>
13 - 14	<p><b>Перспективы развития радиографических методов. Характеристики качества радиографического контроля.</b></p> <p>Совершенствование детекторов. Совершенствование источников. Комплексование методов.</p>

	<p>Совершенствование методов получения изображений. Совершенствование алгоритмов цифровой обработки изображений. Факторы, влияющие на качество изображения. Показатели качества изображения: - контрастная чувствительность; - пространственное разрешение (нерезкость); - дисторсия и артефакты; - шум в изображении.</p>
15 - 16	<p><b>Обработка изображений. Анализ качества контроля и программное обеспечение</b> Характеристика системы зрения оператора. Ранговые алгоритмы. Разностные методы. Гистограммные методы. Метод локальных контрастов. Координатный метод анализа изображения. Спектральный метод анализа изображения. Показатели качества контроля. Рабочая характеристика системы. Виды тестовых образцов.</p>

## 5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Практические занятия и лабораторные работы.

В основе преподавания дисциплины лежат традиционные образовательные технологии, которые показали себя достаточно эффективными средствами формирования и развития профессиональных навыков студентов.

Принятый подход предполагает активное использование современных информационных технологий при самостоятельной работе студентов и выполнении домашних заданий. Также предполагается использование средств компьютерной симуляции, математической обработки результатов и лабораторные исследования.

## 6. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

Фонд оценочных средств по дисциплине обеспечивает проверку освоения планируемых результатов обучения (компетенций и их индикаторов) посредством мероприятий текущего, рубежного и промежуточного контроля по дисциплине.

Связь между формируемыми компетенциями и формами контроля их освоения представлена в следующей таблице:

Компетенция	Индикаторы освоения	Аттестационное мероприятие (КП 1)
ПК-2	З-ПК-2	ЗО, Зд-8
	У-ПК-2	ЗО, Зд-8, УО-16
	В-ПК-2	ЗО, УО-16
ПК-3.1	З-ПК-3.1	ЗО, Зд-8
	У-ПК-3.1	ЗО, УО-16
	В-ПК-3.1	ЗО, УО-16

## Шкалы оценки образовательных достижений

Шкала каждого контрольного мероприятия лежит в пределах от 0 до установленного максимального балла включительно. Итоговая аттестация по дисциплине оценивается по 100-балльной шкале и представляет собой сумму баллов, заработанных студентом при выполнении заданий в рамках текущего и промежуточного контроля.

Итоговая оценка выставляется в соответствии со следующей шкалой:

Сумма баллов	Оценка по 4-ех балльной шкале	Оценка ECTS	Требования к уровню освоению учебной дисциплины
90-100	5 – <i>«отлично»</i>	A	Оценка «отлично» выставляется студенту, если он глубоко и прочно усвоил программный материал, исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно его излагает, умеет тесно увязывать теорию с практикой, использует в ответе материал монографической литературы.
85-89	4 – <i>«хорошо»</i>	B	Оценка «хорошо» выставляется студенту, если он твёрдо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос.
75-84		C	
70-74		D	
65-69	3 – <i>«удовлетворительно»</i>	E	Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если он имеет знания только основного материала, но не усвоил его деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушения логической последовательности в изложении программного материала.
60-64			
Ниже 60	2 – <i>«неудовлетворительно»</i>	F	Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, который не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки. Как правило, оценка «неудовлетворительно» ставится студентам, которые не могут продолжить обучение без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине.

## 7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. ЭИ Б 25 Введение в компьютерную рентгеновскую и нейтронную томографию : учеб. пособие, Москва: Буки Веди, 2018
2. 621.38 К43 Генераторы быстрых нейтронов. Исследования, разработки, применения : , Москва: Аспект Пресс, 2016

3. ЭИ Б 28 Нейтронные методы элементного анализа : лабораторный практикум, Москва: Буки Веди, 2020
4. ЭИ Н 46 Нейтронные методы элементного анализа : учеб. пособие, Москва: Буки Веди, 2018
5. ЭИ К 64 Основы радиационной безопасности : учебное пособие, Санкт-Петербург: Лань, 2019
6. ЭИ Б 25 Основы цифровой рентгеновской и нейтронной радиографии : учеб. пособие, Москва: Эдитус, 2022
7. ЭИ О-75 Основы ядерно-физических методов исследования скважин : учеб. пособие, Москва: Буки Веди, 2021

#### ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. 620 А86 Радиационный контроль : учебное пособие для подготовки специалистов, Москва: Спектр, 2011
2. 539.1 Н63 Твердотельные трековые детекторы в радиационных исследованиях : , Санкт-Петербург: Издательство Политехнического университета, 2012
3. 004 Г65 Цифровая обработка изображений : , : Техносфера, 2006
4. 621.37 А72 Цифровые фильтры: анализ и проектирование : , А. Антонию, М.: Радио и связь, 1983
5. 621.7 Н50 Теоретические основы рентгеновской эмиссионной спектроскопии : , В. В. Немошкаленко, В. Г. Алешин, Киев: Наукова Думка, 1974
6. 005 Б20 Управленческие решения : учебник для вузов, К. В. Балдин, С. Н. Воробьев, В. Б. Уткин, Москва: Дашков и К0, 2012
7. 621.38 А42 Приемники оптического излучения : Справочник, М.Д. Аксененко, М.Л. Бараночников, М.: Радио и связь, 1987
8. 517 Б82 Обработка цифровых сигналов и изображений с помощью вейвлетов : тексты лекций, Н. А. Борисенко, В. А. Нечитайло, Москва: НИЯУ МИФИ, 2011
9. 620 Т98 Основы нейтронной радиографии : , Н.Д. Тюфяков, А.С. Штань, М.: Атомиздат, 1975

#### ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ:

Специальное программное обеспечение не требуется

#### LMS И ИНТЕРНЕТ-РЕСУРСЫ:

<https://online.mephi.ru/>

<http://library.mephi.ru/>

## **8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

Специальное материально-техническое обеспечение не требуется

## **9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ СТУДЕНТОВ**

### **1. Общие положения**

1.1. Цель методических рекомендаций - обеспечить студенту оптимальную организацию процесса изучения дисциплины, а также выполнения различных форм самостоятельной работы.

1.2. При реализации программы дисциплины используются образовательные технологии в форме практических занятий, лабораторных работ и самостоятельной работы с использованием Internet-ресурсов, методических разработок, учебной, научно-популярной и научной литературы.

1.3. Приступая к изучению дисциплины студенту необходимо ознакомиться с целями и задачами дисциплины, содержанием рабочей программы дисциплины, рекомендуемыми литературными источниками, методическими разработками по данной дисциплине, имеющимися на образовательном портале и сайте кафедры.

1.4. Изучение дисциплины требует систематического и последовательного накопления знаний, следовательно, пропуски отдельных тем не позволяют глубоко освоить предмет. Поэтому студентам, пропустившим занятия, необходимо самостоятельно проработать тему.

### **2. Рекомендации по подготовке к практическим занятиям.**

2.1. Практические занятия служат для закрепления изученного теоретического материала. Подготовка к практическому занятию включает в себя текущую работу над учебными материалами с использованием конспектов и рекомендуемой основной и дополнительной литературы.

2.2. При подготовке к практическим занятиям следует проработать теоретический материал по рекомендованным литературным источникам, внимательно прочитать материал лекций, относящихся к данному практическому занятию.

2.3. В ходе практических занятий давать конкретные, четкие ответы по существу вопросов, доводить каждую задачу до окончательного решения, демонстрировать понимание проведенных расчетов (анализов, ситуаций), в случае затруднений обращаться к преподавателю.

### **3. Рекомендации по подготовке и выполнению лабораторных работ.**

3.1. Лабораторные работы - это один из основных видов учебных занятий, направленный на экспериментальное подтверждение теоретических положений. Обучающиеся самостоятельно выполняют задания под контролем преподавателя в соответствии с изучаемым содержанием учебного материала. Обучающимся рекомендуется ознакомиться с графиком выполнения лабораторных работ согласно календарному плану дисциплины.

3.2. Перед выполнением лабораторной работы следует самостоятельно изучить теоретическую часть работы, используя лабораторный практикум, подготовить ответы на контрольные вопросы.

3.3. Перед выполнением каждой работы предшествует проверка готовности к лабораторной работе (см. п.3.2), которая проводится преподавателем.

Студент должен:

- знать ответы на контрольные вопросы для проверки теоретических знаний, умений и навыков до выполнения работы (контрольные вопросы прилагаются);
- самостоятельно изучить методические указания по проведению конкретной лабораторной работы;
- подготовить форму отчета;
- уметь составлять структурную схему измерений;
- быть готовым продемонстрировать изображение предполагаемого хода кривых, которые будут сниматься в работе.

По итогам проверки преподаватель принимает решение о допуске студента к выполнению лабораторной работы.

3.4. Перед выполнением лабораторной работы студент проходит инструктаж по технике безопасности (при необходимости).

3.5. В процессе лабораторной работы четко следовать инструкциям и указаниям преподавателя или дежурного лаборанта, не приступать к выполнению работы без разрешения; руководствоваться правилами техники безопасности и мерами предосторожности, указанными в описаниях; фиксировать в лабораторном журнале результаты измерений для последующей их обработки. По завершению работы привести рабочее место в порядок и сдать лабораторный стенд преподавателю или дежурному лаборанту.

3.6. Выполнение работы заканчивается составлением краткого отчета, в котором следует указать: что и каким методом исследовалось или определялось; какой результат и с какими погрешностями (абсолютными и относительными) был получен; краткое обсуждение полученных результатов. Защитить результаты лабораторной работы следует до начала следующей по расписанию работы. Не рекомендуется иметь более одной не сданной работы перед началом следующей работы.

#### 4. Самостоятельная работа обучающихся

4.1. Самостоятельная работа предполагает формирование и усвоение теоретического материала на базе изучения и систематизации материалов учебников, официальных государственных документов, законов, нормативно-справочных материалов с использованием информационно-поисковых систем, компьютерной сети Интернет.

4.2. Качество освоения учебной дисциплины находится в прямой зависимости от способности студента самостоятельно и творчески учиться.

4.3. Обучающимся следует руководствоваться графиком самостоятельной работы, определенным рабочим планом дисциплины и выполнять все плановые задания, выдаваемые преподавателем для самостоятельной работы, и представлять их в установленный срок.

#### 5. Рекомендации по подготовке и сдаче аттестации по дисциплине.

5.1. Аттестация по дисциплине основана на балльно-рейтинговой системе, которая включает текущий контроль успеваемости, рубежный контроль в семестре и промежуточную аттестацию по итогам освоения дисциплины.

5.2. Текущий контроль подразумевает проверку готовности студентов к занятиям, для чего могут быть использованы различные проверочные задания. Прохождение контрольных рубежей проводится в середине и в конце семестра и может осуществляться в виде контрольных работ, письменных опросов и т.д. Этап промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины в целом подразумевает сдачу зачета и самостоятельную подготовку к нему, а также курсового проекта. При подготовке к промежуточной аттестации необходимо по рекомендованным литературным источникам проработать и внимательно изучить теоретический материал, соответствующий вопросам, выносимым на аттестацию.

## **10. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ ПРЕПОДАВАТЕЛЕЙ**

### **1. Общие положения**

1.1. При реализации программы дисциплины используются образовательные технологии в форме практических занятий, лабораторных работ и самостоятельной работы с использованием Internet-ресурсов, методических разработок, учебной, научно-популярной и научной литературы.

#### **1.2. На первом занятии преподаватель:**

- знакомит студентов с целями и задачами преподаваемой дисциплины, определяет ее место в образовательной программе, обозначает междисциплинарные связи;
- уточняет планы практических (семинарских, лабораторных) занятий в соответствии с рабочей программой дисциплины, с учетом контингента и уровня подготовки студентов;
- рекомендует основную и дополнительную литературу для успешного освоения дисциплины;
- доводит до сведения студентов систему оценки знаний.

### **2. Рекомендации по подготовке и преподаванию дисциплины**

#### **2.1. Рекомендации по подготовке и проведению практических (семинарских) занятий:**

2.1.1. Цель практических (семинарских) занятий - предоставление возможностей для углубленного изучения теории, овладения практическими навыками и выработки самостоятельного творческого мышления у студентов. На каждом таком занятии обучающиеся решают практические задачи и демонстрируют результаты выполнения домашнего задания, выданного на предыдущем занятии.

2.1.2. Для максимального усвоения дисциплины рекомендуется выполнение расчетно-графических работ студентов по материалам лекций и практических работ. Подборка заданий осуществляется на основе изученного теоретического материала. Такой подход позволяет повысить мотивацию студентов при конспектировании лекционного материала и других источников.

#### **2.2. Рекомендации по организации руководства самостоятельной работой студентов**

2.2.1. Самостоятельная работа предполагает формирование и усвоение теоретического материала на базе изучения и систематизации материалов учебников, официальных государственных документов, законов, нормативно-справочных материалов с использованием информационно-поисковых систем, компьютерной сети Интернет.

2.2.2. В ходе руководства самостоятельной работой студентов преподаватель приобщает их к научному творчеству, поиску и решению актуальных современных проблем.

#### **2.3. Рекомендации по подготовке и проведению лабораторных работ.**

2.3.1. Лабораторная (практическая) работа - это такой метод обучения, при котором обучающиеся под руководством преподавателя и по заранее намеченному плану проделывают опыты или выполняют определенные практические задания и в процессе их воспринимают и осмысливают новый учебный материал.

2.3.2. Перед выполнением каждой работы предшествует проверка готовности к лабораторной работе, которая проводится преподавателем.

Преподаватель оценивает уровень подготовки студентов по следующим ключевым критериям:

- подготовка ответов на контрольные вопросы для проверки теоретических знаний, умений и навыков до выполнения работы (контрольные вопросы прилагаются);

- самостоятельное изучение методических указаний по проведению конкретной лабораторной работы;

- подготовка формы отчета.

Допускается также введение других вопросов:

- составление структурной схемы измерений;

- изображение предполагаемого хода кривых, которые будут сниматься в работе.

По итогам проверки преподаватель принимает решение о допуске студента к выполнению лабораторной работы и проводит для студентов инструктаж по технике безопасности (при необходимости).

2.3.3. Проведение лабораторных работ включает в себя следующие методические приемы:

- постановку темы занятий и определение задач лабораторно-практической работы;

- определение порядка лабораторно-практической работы или отдельных ее этапов;

- непосредственное выполнение лабораторно-практической работы учащимися и контроль преподавателя за ходом занятий и соблюдением техники безопасности;

- подведение итогов лабораторно-практической работы и формулирование основных выводов.

2.3.4. Преподаватель проверяет результаты выполнения лабораторной работы, оформленной учащимися в виде отчета, форма и содержание которого определяются соответствующими рекомендациями, приведенными в лабораторном практикуме дисциплины.

2.3.5. Оценки за выполнение лабораторной работы являются показателями текущей успеваемости учащихся по учебной дисциплине.

2.4. Рекомендации по осуществлению контроля знаний обучаемых

2.4.1. По дисциплине действует балльно-рейтинговая система, которая включает текущий контроль успеваемости и промежуточную аттестацию по итогам освоения дисциплины.

2.4.2. По дисциплине предусмотрены следующие виды аттестации: текущий контроль, рубежный контроль и промежуточная аттестация.

2.4.3. Текущий контроль подразумевает проверку готовности студентов к семинарским, лабораторным и практическим занятиям, могут быть использованы различные проверочные задания.

2.4.4. Прохождение контрольных рубежей по итогам освоения дисциплины проводится в середине и в конце семестра.

2.4.5. Этап промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины в целом подразумевает приём зачета и самостоятельную подготовку к нему.

Автор(ы):

Микеров Виталий Иванович

Каретников Максим Донатович

Зверев Владимир Игоревич

Батяев Вячеслав Феликсович, к.ф.-м.н.