

ИНСТИТУТ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИХ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ СИСТЕМ
КАФЕДРА ПРИКЛАДНОЙ ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ

ОДОБРЕНО УМС ИФТИС

Протокол № 1

от 31.08.2021 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

**ВЫСОКОВОЛЬТНАЯ И РАДИАЦИОННАЯ СТОЙКОСТЬ ЯДЕРНО-ФИЗИЧЕСКИХ
ПРИБОРОВ И УЗЛОВ**

Направление подготовки
(специальность)

[1] 14.04.02 Ядерные физика и технологии

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./КР/КП
4	2	72	10	10	0	52	0	3
Итого	2	72	10	10	0	52	0	

АННОТАЦИЯ

Радиоэлектронная аппаратура применяется в самых различных отраслях науки и техники, что обусловлено необходимостью передачи, преобразования, приема и обработки больших объемов информации и реализации сложных задач контроля и управления с помощью разнообразных технических устройств и объектов. Эффективность применения РЭА определяется в значительной мере способностью безотказного функционирования в условиях воздействия внешних дестабилизирующих факторов в течение всего периода эксплуатации. Обеспечение необходимых уровней стойкости и надежности РЭА требует применения специальных схемотехнических, технологических и конструктивных решений на всех этапах ее проектирования и изготовления.

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Сформировать у слушателей комплекс знаний, умений и навыков, которые позволят систематизировать знания о природе и характеристиках ионизирующих излучений, физических основах взаимодействия ионизирующих излучений с конструкционными материалами компонентов аппаратуры для физических исследований, методах проектирования радиационно-стойкой аппаратуры, необходимых для практического применения при решении задач в области обеспечения и подтверждения радиационной стойкости аппаратуры для физических измерений.

2. МЕСТО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Дисциплина относится к циклу специализированных дисциплин, обеспечивающих подготовку и освоение теоретических и практических основ специальности обучающихся.

Для изучения дисциплины необходимы компетенции, сформированные у обучающихся в результате освоения математических, физических и химических дисциплин.

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
	проектный		

<p>Проводить расчет и проектирование физических установок и приборов с использованием современных информационных технологий</p>	<p>Пакеты программ выполнения расчетов и проектирования ядерно-физических, электрофизических и киберфизических приборов и устройств</p>	<p>ПК-5 [1] - Способен проводить расчет и проектирование физических установок и приборов с использованием современных информационных технологий</p> <p><i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 29.004</p>	<p>З-ПК-5[1] - Знать основные физические законы и стандартные прикладные пакеты используемые при моделировании физических процессов и установок ; У-ПК-5[1] - Уметь применять стандартные прикладные пакеты используемые при моделировании физических процессов и установок; В-ПК-5[1] - Владеть стандартными прикладными пакетами используемыми при моделировании физических процессов и установок</p>
<p>производственно-технологический</p>			
<p>Осуществлять разработку электрофизических и киберфизических измерительных систем для сбора и анализа информации</p>	<p>измерительные системы для сбора и анализа информации</p>	<p>ПК-17.3 [1] - Способен разрабатывать электрофизические и киберфизические измерительные системы для сбора и анализа информации</p> <p><i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 24.078</p>	<p>З-ПК-17.3[1] - Знать средства и способы коммуникации измерительных систем. Знать устройство измерительных систем; У-ПК-17.3[1] - Уметь разрабатывать измерительных систем и правильно коммутировать их. Уметь работать с современной измерительной техникой; В-ПК-17.3[1] - Владеть аппаратными средствами для проектирования разработки электрофизические и киберфизические</p>

			измерительные системы
научно- исследовательский			
Осуществлять разработку и эксплуатацию установок генерирующих ядерное излучение	генераторы ядерного излучения	ПК-17.5 [1] - Способен эксплуатировать и разрабатывать установки, генерирующие ядерное излучения <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 29.004	З-ПК-17.5[1] - Знать основы радиационной безопасности при работе с источниками ионизирующего излучения. Знать основы безопасности при работе с высоковольтной техникой. Знать принципы работы генераторов ядерного излучения.; У-ПК-17.5[1] - Уметь оценивать уровень опасности и рассчитывать физическую защиту от ионизирующего излучения и высоковольтного напряжения. Уметь эксплуатировать генераторы ядерного излучения и сопутствующую технику; В-ПК-17.5[1] - Владеть навыками проектирования генераторов ядерного излучения.

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>4 Семестр</i>						
1	Первый раздел	1-8	8/8/0		25	УО-8	З-ПК-17.5, У-ПК-

							17.5, 3-ПК-5
2	Второй раздел	9-10	2/2/0		25	УО-10	3-ПК-17.3, У-ПК-17.3, В-ПК-17.3, В-ПК-17.5, У-ПК-5, В-ПК-5
	<i>Итого за 4 Семестр</i>		10/10/0		50		
	Контрольные мероприятия за 4 Семестр				50	3	3-ПК-5, У-ПК-5, В-ПК-5

* – 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
УО	Устный опрос
З	Зачет

КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

Недели	Темы занятий / Содержание	Лек., час.	Пр./сем., час.	Лаб., час.
	<i>4 Семестр</i>	10	10	0
1-8	Первый раздел	8	8	0
1	Базовые механизмы Состав АВХ и СЭХ ИИ ЯВ, КП и ЯЭУ. Порядок задания требований радиационной стойкости аппаратуры для различных этапов жизненного цикла исходя из соблюдения принципа равнопрочности.	Всего аудиторных часов		
		1	1	0
		Онлайн		
		0	0	0
2	Базовые механизмы Классификация радиационных эффектов в материалах, п/п приборах и ИС. Первичные и вторичные структурных	Всего аудиторных часов		
		1	1	0
		Онлайн		

	дефекты, приводящие к деградации основных параметров п/п приборов и ИС.	0	0	0
3	Базовые механизмы Поверхностные и объемные ионизационные эффекты в изолирующих окислах и КМОП-структурах. Устойчивость сложных микропроцессорных схем к полной накопленной дозе. Эффект низкой интенсивности.	Всего аудиторных часов		
		1	1	0
		Онлайн		
		0	0	0
4	Базовые механизмы Объемные ионизационные эффекты в ПП и ИС при воздействии импульсного ИИ. Переходные процессы в п/п приборах и ИС, инициированные излучением, их зависимость от характеристик п/п материалов	Всего аудиторных часов		
		1	1	0
		Онлайн		
		0	0	0
5	Базовые механизмы Влияние спектрально-энергетических и амплитудно-временных характеристик импульсных излучений на длительность переходных процессов. Проблемы учета этого влияния при радиационных испытаниях	Всего аудиторных часов		
		1	1	0
		Онлайн		
		0	0	0
6	Базовые механизмы УБР – один из основных показателей радиационной стойкости ЭКБ. Методы определения УБР по результатам испытаний на МУ. Вероятностные оценки УБР по непрерывным и пороговым параметрам.	Всего аудиторных часов		
		1	1	0
		Онлайн		
		0	0	0
7	Базовые механизмы Одиночные события (ОС) как проявление радиационных эффектов в изделиях электронной техники (ИЭТ) в условиях воздействия ИИ КП. Классификация одиночных событий (SEU, SET, SEB, SEGR и т.д.). Физические причины их возникновения и особенности проявления в различных классах ИЭТ.	Всего аудиторных часов		
		1	1	0
		Онлайн		
		0	0	0
8	Базовые механизмы Методы моделирования ОС в лабораторных условиях. Расчетно-экспериментальные методы оценок интенсивности возникновения ОС в ИЭТ и РЭА на борту космических аппаратов.	Всего аудиторных часов		
		1	1	0
		Онлайн		
		0	0	0
9-10	Второй раздел	2	2	0
9	Основы разработки и испытаний аппаратуры для физических экспериментов Этапы разработки РЭА и решаемые задачи по обеспечению стойкости. Программа обеспечения стойкости (ПОСТ) - как организационная основа работ по обеспечению стойкости аппаратуры	Всего аудиторных часов		
		1	1	0
		Онлайн		
		0	0	0
10	Основы разработки и испытаний аппаратуры для физических экспериментов Методология подтверждения показателей радиационной стойкости ЭКБ. Концепция моделирования радиационных эффектов. Моделирующие установки (МУ), имитирующие установки (ИУ). Технические средства радиационных испытаний ЭКБ и аппаратуры	Всего аудиторных часов		
		1	1	0
		Онлайн		
		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 ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ

Недели	Темы занятий / Содержание
	<i>4 Семестр</i>
1	Базовые механизмы Состав, АВХ и СЭХ ИИ ЯВ, КП и ЯЭУ. Порядок задания требований радиационной стойкости аппаратуры для различных этапов жизненного цикла исходя из соблюдения принципа равно прочности.
2	Базовые механизмы Классификация радиационных эффектов в материалах, п/п приборах и ИС. Первичные и вторичные структурных дефекты, приводящие к деградации основных параметров п/п приборов и ИС.
3	Базовые механизмы Поверхностные и объемные ионизационные эффекты в изолирующих окислах и КМОП-структурах. Устойчивость сложных микропроцессорных схем к полной накопленной дозе. Эффект низкой интенсивности.
4	Базовые механизмы Объемные ионизационные эффекты в ПП и ИС при воздействии импульсного ИИ. Переходные процессы в п/п приборах и ИС, инициированные излучением, их зависимость от характеристик п/п материалов
5	Базовые механизмы Влияние спектрально-энергетических и амплитудно-временных характеристик импульсных излучений на длительность переходных процессов. Проблемы учета этого влияния при радиационных испытаниях
6	Базовые механизмы УБР – один из основных показателей радиационной стойкости ЭКБ. Методы определения УБР по результатам испытаний на МУ. Вероятностные оценки УБР по непрерывным и пороговым параметрам
7	Базовые механизмы Одиночные события (ОС) как проявление радиационных эффектов в изделиях электронной техники (ИЭТ) в условиях воздействия ИИ КП. Классификация одиночных событий (SEU, SET, SEB, SEGR и т.д.). Физические

	причины их возникновения и особенности проявления в различных классах ИЭТ.
8	Базовые механизмы Методы моделирования ОС в лабораторных условиях. Расчетно-экспериментальные методы оценок интенсивности возникновения ОС в ИЭТ и РЭА на борту космических аппаратов.
9	Основы разработки и испытаний аппаратуры для физических экспериментов Этапы разработки РЭА и решаемые задачи по обеспечению стойкости. Программа обеспечения стойкости (ПОСТ) - как организационная основа работ по обеспечению стойкости аппаратуры
10	Основы разработки и испытаний аппаратуры для физических экспериментов Методология подтверждения показателей радиационной стойкости ЭКБ. Концепция моделирования радиационных эффектов. Моделирующие установки (МУ), имитирующие установки (ИУ). Технические средства радиационных испытаний ЭКБ и аппаратуры.

5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

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

Лекционный материал данного курса представлен в среде Microsoft PowerPoint. Презентации лекций содержат цветные иллюстрации для лучшего усвоения материала.

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

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-17.3	З-ПК-17.3	УО-10
	У-ПК-17.3	УО-10
	В-ПК-17.3	УО-10
ПК-17.5	З-ПК-17.5	УО-8
	У-ПК-17.5	УО-8
	В-ПК-17.5	УО-10

ПК-5	З-ПК-5	3, УО-8
	У-ПК-5	3, УО-10
	В-ПК-5	3, УО-10

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 К 17 Материаловедение: от технологии к применению (металлы, керамика, полимеры) : , Санкт-Петербург: Научные основы и технологии, 2011
2. ЭИ Б 25 Системный подход к радиационным испытаниям : учеб. пособие, Москва: Буки Веди, 2019
3. ЭИ Э 455 Электрофизические основы техники высоких напряжений : Допущено УМО вузов России по образованию в области тепло- и электроэнергетики в качестве учебника для студентов, обучающихся по направлению “Электроэнергетика”, Москва: МЭИ, 2017
4. 621.38 К70 Воздействие радиации на интегральные микросхемы : , Коршунов Ф.П., Богатырев Ю.В., Вавилов В.А., Минск: Наука и техника, 1986
5. 621.39 М94 Обеспечение радиационной стойкости аппаратуры связи : , Мырова Л.О., Чепиженко А.З., М.: Радио и связь, 1983

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

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

Перед прохождением занятия студент должен ознакомиться с темой занятия, самостоятельно изучить ее и подготовить вопросы. В ходе проведения занятий активно участвовать в дискуссиях и задавать вопросы которые вызвали трудности при изучении материала

10. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ ПРЕПОДАВАТЕЛЕЙ

1. Общие положения

1.1. При реализации программы дисциплины используются образовательные технологии в форме лекций, практических занятий 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 наполнение лекций и 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 лекций:

2.1.1. Цель лекции - организация целенаправленной познавательной деятельности студентов по овладению программным материалом учебной дисциплины. При этом лекционный материал рекомендуется постоянно актуализировать (вносить замечания, дополнения, пояснения и т.д.).

2.1.2. К типичным структурным элементам лекции относятся: вступление, основная часть, заключение. В начале лекции преподаватель называет тему лекции, основные вопросы, выносимые на лекцию, указывает основную и дополнительную литературу и главы и параграфы в ней, где изложен материал лекции. После каждого раздела делаются обобщающие выводы и даются указания по самостоятельной работе над материалом лекции.

2.1.3 Рекомендуется максимально использовать наглядные пособия и технические средства обучения. Для этого разрабатываются презентации. Каждый слайд должен содержать основные положения и сопровождаться дополнительными примерами и пояснениями преподавателя.

2.2. Рекомендации по подготовке и проведению практических (семинарских) занятий:

2.2.1. 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.

2.2.2. Для максимального усвоения дисциплины рекомендуется письменный опрос студентов по материалам лекций и практических работ. Подборка вопросов для тестирования осуществляется на основе изученного теоретического материала. Такой подход позволяет повысить мотивацию студентов при конспектировании лекционного материала.

2.3. Рекомендации по организации руководства самостоятельной работой студентов

2.3.1. 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.

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

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 лекционным, семинарским 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 (экзамена) и самостоятельную подготовку к нему.

Автор(ы):

Бутин Валентин Иванович, д.т.н.