

ИНСТИТУТ НАНОТЕХНОЛОГИЙ В ЭЛЕКТРОНИКЕ, СПИНТРОНИКЕ И ФОТОНИКЕ

КАФЕДРА ЭЛЕКТРОНИКИ

ОДОБРЕНО НТС ИНТЭЛ

Протокол № 03/3-21

от 31.08.2021 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

**ЭКСТРЕМАЛЬНАЯ ЭЛЕКТРОНИКА**

Направление подготовки  
(специальность)

[1] 11.04.04 Электроника и нанoeлектроника

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, экс./зач./КР/КП
2	3	108	0	21	14	37	0	Э
Итого	3	108	0	21	14	8	37	

## АННОТАЦИЯ

Целями освоения учебной дисциплины «Экстремальная электроника» являются: обучение теоретическим основам и практическим навыкам исследования радиационной стойкости ЭКБ и электронной аппаратуры с учетом особенностей проявления радиационных эффектов в ее элементах.

### 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Целями освоения учебной дисциплины «Экстремальная электроника» являются: обучение теоретическим основам и практическим навыкам исследования радиационной стойкости ЭКБ и электронной аппаратуры с учетом особенностей проявления радиационных эффектов в ее элементах.

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

Данная дисциплина относится к профессиональному циклу и входит в цикл дисциплин специализации в цикле «Дисциплины специализации» в части основ проектирования электронной техники. Освоение данной дисциплины базируется на знаниях и навыках студентов по курсам «Информатика», «Дискретная математика», «Аналоговые и цифровые интегральные схемы» «Импульсная техника» и др.

### 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
	проектно-конструкторский		
Анализ состояния научно-технической проблемы путем подбора, изучения и анализа литературных и патентных	Материалы, компоненты, электронные приборы, устройства, установки, методы их исследования, проектирования и конструирования, технологические процессы производства, диагностическое и технологическое	ПК-10.8 [1] - Способен к наладке, испытанию и эксплуатации микро- и нанoeлектронных приборов и систем в составе аппаратуры	З-ПК-10.8[1] - Знает основные механизмы деградации характеристик современных и перспективных

<p>источников; определение цели, постановка задач проектирования электронных приборов, схем и устройств различного функционального назначения, подготовка технических заданий на выполнение проектных работ; проектирование устройств, приборов и систем электронной техники с учетом заданных требований; разработка проектно-конструкторской документации в соответствии с методическими и нормативными требованиями.</p>	<p>оборудование, математические модели, алгоритмы решения типовых задач, современное программное и информационное обеспечение процессов моделирования и проектирования изделий электроники и наноэлектроники; технологии: информационные технологии, наукоемкие компьютерные технологии на основе применения передовых CAD/CAE-технологий и компьютерных технологий жизненного цикла изделий и продукции, технологии виртуальной реальности, технологии быстрого прототипирования, производственные технологии, нанотехнологии</p>	<p>физических установок, контрольно-измерительных и управляющих комплексов</p> <p><i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 25.036</p>	<p>микроэлектронных приборов.; У-ПК-10.8[1] - Уметь применять экспериментальные теоретические и компьютерные методы исследований в профессиональной области (ядерная физика и технологии); В-ПК-10.8[1] - Владеть практическими навыками разработки физических моделей, программ математического моделирования для предсказания функционирования приборов и схем в условиях радиационного воздействия. Практическими навыками анализа экспериментальных данных, характеризующих радиационную стойкость ЭКБ и РЭА.</p>
<p>Разработка технических заданий на проектирование технологических процессов производства материалов и изделий электронной техники; проектирование технологических процессов производства</p>	<p>производственно-технологический</p> <p>Материалы, компоненты, электронные приборы, устройства, установки, методы их исследования, проектирования и конструирования, технологические процессы производства, диагностическое и технологическое оборудование, математические модели, алгоритмы решения типовых задач, современное программное и информационное обеспечение процессов моделирования и проектирования изделий электроники и наноэлектроники; технологии:</p>	<p>ПК-11 [1] - способен разрабатывать технические задания на проектирование технологических процессов производства материалов и изделий электронной техники</p> <p><i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 29.001</p>	<p>З-ПК-11[1] - Знать основные технологические процессы производства материалов и изделий электроники и наноэлектроники У-ПК-11[1] - Уметь разрабатывать технические задания на проектирование технологических процессов</p>

<p>материалов и изделий электронной техники с использованием автоматизированных систем технологической подготовки производства; разработка технологической документации на проектируемые устройства; приборы и системы электронной техники; обеспечение технологичности изделий электронной техники и процессов их изготовления, оценка экономической эффективности технологических процессов: авторское сопровождение разрабатываемых устройств, приборов и систем электронной техники на этапах проектирования и производства;</p>	<p>информационные технологии, наукоемкие компьютерные технологии на основе применения передовых CAD/CAE-технологий и компьютерных технологий жизненного цикла изделий и продукции, технологии виртуальной реальности, технологии быстрого прототипирования, производственные технологии, нанотехнологии</p>		<p>производства определённых материалов и изделий электронной техники.; В-ПК-11[1] - Владеть: навыками проектирования технологических процессов производства приборов и устройств электроники и наноэлектроники</p>
<p>Разработка технических заданий на проектирование технологических процессов производства материалов и изделий электронной техники; проектирование технологических процессов</p>	<p>Материалы, компоненты, электронные приборы, устройства, установки, методы их исследования, проектирования и конструирования, технологические процессы производства, диагностическое и технологическое оборудование, математические модели, алгоритмы решения типовых задач, современное программное и информационное обеспечение процессов моделирования и проектирования изделий электроники и</p>	<p>ПК-12 [1] - способен проектировать технологические процессы производства материалов и изделий электронной техники с использованием автоматизированных систем технологической подготовки производства</p>	<p>З-ПК-12[1] - Знать основные технологические процессы производства материалов и изделий электронной техники. ; У-ПК-12[1] - Уметь применять автоматизированные системы технологической</p>

<p>производства материалов и изделий электронной техники с использованием автоматизированных систем технологической подготовки производства; разработка технологической документации на проектируемые устройства; приборы и системы электронной техники; обеспечение технологичности изделий электронной техники и процессов их изготовления, оценка экономической эффективности технологических процессов: авторское сопровождение разрабатываемых устройств, приборов и систем электронной техники на этапах проектирования и производства;</p>	<p>наноэлектроники; технологии: информационные технологии, наукоемкие компьютерные технологии на основе применения передовых CAD/CAE-технологий и компьютерных технологий жизненного цикла изделий и продукции, технологии виртуальной реальности, технологии быстрого прототипирования, производственные технологии, нанотехнологии</p>	<p><i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 29.001</p>	<p>подготовки производства материалов и изделий электронной техники.; В-ПК-12[1] - Владеть: навыками проектирования технологических процессов производства материалов и изделий электронной техники.</p>
---	--	--	--

#### 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
	2 Семестр						

1	Первый раздел	1-8			25	КИ-8	3-ПК-10.8, У-ПК-10.8, В-ПК-10.8
2	Второй раздел	9-15			25	КИ-15	3-ПК-11, У-ПК-11, В-ПК-11, 3-ПК-12, У-ПК-12, В-ПК-12
	<i>Итого за 2 Семестр</i>		0/21/14		50		
	<b>Контрольные мероприятия за 2 Семестр</b>				50	Э	3-ПК-10.8, 3-ПК-11, 3-ПК-12

\* – 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
КИ	Контроль по итогам
Э	Экзамен

### КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

Недели	Темы занятий / Содержание	Лек., час.	Пр./сем., час.	Лаб., час.
	<i>2 Семестр</i>	0	21	14
<b>1-8</b>	<b>Первый раздел</b>		12	7
	<b>Часть 1</b>	Всего аудиторных часов		
	Внешние воздействующие факторы.		12	7

	Основные радиационные эффекты в ИЭТ при воздействии факторов КП.	Онлайн	
9-15	<b>Второй раздел</b>	9	7
	<b>Часть 2</b> Внешние воздействующие факторы. Основные радиационные эффекты в ИЭТ при воздействии факторов КП. Основные виды физических, ядерно-энергетических и моделирующих установок и их характеристики Виды испытаний. Методы испытаний ИЭТ для определения показателей стойкости к ВВФ.	Всего аудиторных часов	
		9	7
		Онлайн	

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

## 5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Чтение лекций и проведение семинаров. В качестве формы контроля по итогам освоения дисциплины предусмотрены творческие задания.

## 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-10.8	З-ПК-10.8	Э, КИ-8
	У-ПК-10.8	КИ-8
	В-ПК-10.8	КИ-8
ПК-11	З-ПК-11	Э, КИ-15
	У-ПК-11	КИ-15
	В-ПК-11	КИ-15
ПК-12	З-ПК-12	Э, КИ-15
	У-ПК-12	КИ-15

### 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.

Оценочные средства приведены в Приложении.

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

## ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. ЭИ Ш 65 Надежность технических систем : Учебник для вузов, Москва: Юрайт, 2020
2. 621.38 Б 25 Системный подход к радиационным испытаниям : учеб. пособие, Москва: Буки Веди, 2019

## 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**

1. Дайте определение ВВФ. Перечислите классы ВВФ
2. Что понимается под условиями эксплуатации? Какие факторы будут влиять на условия эксплуатации (хранения) изделий?
3. Дайте определение ВВФ. Перечислите основные группы климатических ВВФ
4. Что объединяет виды ВВФ, предусмотренных для групп атмосферного давления, температуры окружающей среды и влажности класса климатических ВВФ?
5. Дайте определение понятий рабочего и предельного диапазона (температур, давления, влажности).
6. Дайте определение ВВФ. Перечислите основные группы механических ВВФ
7. Перечислите основные группы механических ВВФ
8. Дайте определение прочности изделия к ВВФ
9. Дайте определение стойкости изделия к ВВФ
1. Перечислите естественные радиационные факторы космического пространства
2. Какие частицы и в каком соотношении присутствуют в «солнечном ветре» ?
3. Какое воздействие оказывает геомагнитное поле Земли на протоны и электроны «солнечного ветра»?
4. Перечислите искусственные радиационные факторы космического пространства.
5. Опишите структуру и состав радиационных поясов Земли.
6. Какое воздействие оказывает геомагнитное поле Земли на частицы галактического излучения ?
7. Дайте определение интегрального и дифференциального спектра частиц

1. Нарисуйте (качественно) зависимости сдвига порогового напряжения от поглощенной дозы для n-канального МОП-транзистора для высокой и низкой интенсивности ионизирующего излучения и дайте объяснение такого поведения

2. К изменению каких параметров МОП-транзисторов, КМОП ИС, биполярных транзисторов и биполярных ИС приводит накопление заряда в окисле?

3. Перечислите основные радиационные эффекты в элементах ЭРИ при воздействии протонов космического пространства.

1. Перечислите основные виды физических, ядерно-энергетических и моделирующих установок и их характеристики.

2. Какие типы изделий электронной техники используются в аппаратуре физических установок?

1. Назовите основные особенности эксплуатации электроника военного назначения.

2. Перечислите какие виды воздействующих факторов возможны для наземной военной техники?

3. Перечислите какие виды воздействующих факторов возможны для воздушной военной техники?

1. Какое место занимают испытания в процессе разработки ИЭТ?

2. Перечислите основные виды испытаний ИЭТ в процессе производства.

3. Какие методы испытаний ИЭТ используются для определения показателей стойкости к стационарным воздействующим факторам?

4. Какие методы испытаний ИЭТ используются для определения показателей стойкости к импульсным воздействующим факторам?

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

Необходимо дать студентам представление об испытаниях ИЭТ: место испытаний в процессе разработки ИЭТ, виды испытаний; методах испытаний ИЭТ для определения показателей стойкости к ВВФ.

Научить методам прогнозирования отказов и сбоев электронной аппаратуры при воздействии отдельных ядерных частиц.

Дать представление об электронике военного назначения; видах воздействующих факторов; о влиянии импульсного ионизирующего излучения на параметры и работоспособность ИЭТ.

Рассмотреть влияние факторов космического пространства на ИЭТ. Провести классификацию внешних воздействующих факторов (ВВФ). Сформировать вместе со студентами систему требований к ИЭТ с учетом воздействия ВВФ.

Автор(ы):

Скоробогатов Петр Константинович, д.т.н.,  
профессор