

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**Федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет  
им. Н.И. Лобачевского»**

**Балахнинский филиал ННГУ**

---

**УТВЕРЖДЕНО**  
решением ученого совета ННГУ  
«16» июня 2021 г.  
протокол № 8

**Рабочая программа дисциплины**  
**ВОЗДЕЙСТВИЕ РАДИАЦИИ  
И ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ИМПУЛЬСОВ  
НА ЭЛЕКТРО- И РАДИОТЕХНИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ**

Уровень высшего образования  
**БАКАЛАВРИАТ**

Направление подготовки  
**13.03.02. ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА И ЭЛЕКТРОТЕХНИКА**

Направленность (профиль) образовательной программы  
**ЭЛЕКТРОРАДИОТЕХНИКА**

Квалификация

**БАКАЛАВР**

Формы обучения  
**ОЧНАЯ, ОЧНО-ЗАОЧНАЯ**

Балахна  
2021

## Лист актуализации

---

---

### Визирование РПД для исполнения в очередном учебном году

Председатель МК  
\_\_\_\_\_ 2019 г.

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для  
исполнения в 2019-2020 учебном году на заседании кафедры  
\_\_\_\_\_

Протокол от \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_  
Зав. кафедрой \_\_\_\_\_

---

---

### Визирование РПД для исполнения в очередном учебном году

Председатель МК  
\_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для  
исполнения в 2020-2021 учебном году на заседании кафедры  
\_\_\_\_\_

Протокол от \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_  
Зав. кафедрой \_\_\_\_\_

---

---

### Визирование РПД для исполнения в очередном учебном году

Председатель МК  
\_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для  
исполнения в 2021-2022 учебном году на заседании кафедры  
\_\_\_\_\_

Протокол от \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_  
Зав. кафедрой \_\_\_\_\_

---

---

### Визирование РПД для исполнения в очередном учебном году

Председатель МК  
\_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для  
исполнения в 2022-2023 учебном году на заседании кафедры  
\_\_\_\_\_

Протокол от \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_  
Зав. кафедрой \_\_\_\_\_

## 1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина относится к части, формируемой участниками образовательных отношений (Б1.В.ДВ.03.01), ориентирована на подготовку выпускников к решению проектного типа задач профессиональной деятельности и частичное формирование компетенции ПКР-4, определяемое индикаторами ПКР-4.1, 4.2, 4.3.

Формирование компетенции ПКР-4 начато в процессе освоения дисциплин: Основы теории цепей, Электрорадиотехнические цепи и устройства приема и передачи сигналов, Электродинамика и распространение радиоволн, Электроника, Электромагнитная совместимость, Линии передачи электроэнергии и сигналов, Источники электропитания радиотехнических систем и электрический привод, Переходные процессы в электрических цепях, будет продолжено в ходе освоения данной дисциплины и дисциплин: Силовая электроника, защита и автоматизация электроэнергетических систем, Теория электрической связи, Методы анализа, проектирования и моделирования электрорадиотехнических систем и будет завершено в ходе выполнения Преддипломной практики и подготовки Выпускной квалификационной работы - бакалаврской работы.

№ варианта	Место дисциплины в учебном плане образовательной программы	Стандартный текст для автоматического заполнения в конструкторе РПД
2	Блок 1. Дисциплины (модули) Часть, формируемая участниками образовательных отношений	Дисциплина <i>Б1.В.ДВ.03.01, Воздействие радиации и электромагнитных импульсов на электро- и радиотехнические системы</i> относится к части ООП направления подготовки 13.03.02. Электроэнергетика и электротехника, формируемой участниками образовательных отношений.

## 2. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесённые с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями и индикаторами достижения компетенций)

Формируемые компетенции (код, содержание компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), в соответствии с индикатором достижения компетенции		Наименование оценочного средства
	Индикатор достижения компетенции (код, содержание индикатора)	Результаты обучения по дисциплине	
ПКР-4. Способен участвовать в проектных работах при разработке объектов профессиональной деятельности.	ПКР-4.1. Показывает способности участвовать в проектных работах. ПКР-4.2. Демонстрирует понимание взаимосвязи задач проектирования, конструирования и эксплуатации. ПКР-4.3. Владеет современными технологиями	Знает методы защиты от аварийных и ненормальных режимов элементов сети, области применения устройств защиты и автоматики. Умеет выбирать методы защиты от аварийных и ненормальных режимов.	Вопросы к зачёту, Вопросы практических занятий

	компьютерного проектирования и моделирования.	Владеет методами планирования и контроля обслуживания объектов электротехники и электрорадиотехнических систем	
--	---	--	--

### 3. Структура и содержание дисциплины

	Очная форма обучения
Общая трудоёмкость	3 ЗЕТ
Часов по учебному плану	108
в том числе	
аудиторные занятия (контактная работа):	65
- занятия лекционного типа	32
- занятия семинарского типа	32
- КСР	1
самостоятельная работа	43
Промежуточная аттестация – зачёт	

	Очно-заочная форма обучения
Общая трудоёмкость	3 ЗЕТ
Часов по учебному плану	108
в том числе	
аудиторные занятия (контактная работа):	33
- занятия лекционного типа	16
- занятия семинарского типа	16
- КСР	1
самостоятельная работа	75
Промежуточная аттестация – зачёт	

#### 3.2. Содержание дисциплины

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины	Всего (часы)	в том числе в очной форме				
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы, из них				Самостоятельная работа обучающегося, часы
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа	Занятия лабораторного типа	Всего	
1. Вводная часть.	7	2			2	5
2. Воздействие радиации на электро- и радиотехнические системы	20	6	4		10	10
3. Воздействие электромагнитных импульсов на электро- и радиотехнические системы	30	10	10		20	10
4. Технологии обеспечения безопасности электро- и радиотехнических систем при воздействии радиации и электромагнитных импульсов	30	10	12		22	8
5. Технологии обеспечения безопасности	20	4	6		10	10

человека при воздействие радиации и электромагнитных импульсов						
КСР	1				1	
Промежуточная аттестация – зачёт						
Итого	108	32	32		65	43

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины	Всего (часы)	в том числе в очно-заочной форме				
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы, из них				Самостоятельная работа обучающегося, часы
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа	Занятия лабораторного типа	Всего	
1. Вводная часть.	7	2			2	5
2. Воздействие радиации на электро- и радиотехнические системы	20	6	6		12	8
3. Воздействие электромагнитных импульсов на электро- и радиотехнические системы	30	4	4		8	22
4. Технологии обеспечения безопасности электро- и радиотехнических систем при воздействие радиации и электромагнитных импульсов	30	2	4		6	24
5. Технологии обеспечения безопасности человека при воздействие радиации и электромагнитных импульсов	20	2	2		4	16
КСР	1				1	
Промежуточная аттестация – зачёт						
Итого	108	16	16		33	75

1) Вводная часть.

2) Воздействие радиации на электро- и радиотехнические системы.

Основные эффекты – накопление полной поглощённой дозы, эффекты, связанные с воздействием одиночных ионизирующих частиц, и эффекты смещения, когда прилетающие частицы выбивают атомы с их мест в кристаллической решётке.

Дрейф некоторых характеристик микросхемы, который способен вызвать отказ, как параметрические, так и функциональные. Для современных микросхем актуальны радиационно-индуцированные токи утечки.

3) Воздействие электромагнитных импульсов на электро- и радиотехнические системы.

Поражающее действие электромагнитного импульса обусловлено возникновением напряжений и токов в проводниках различной протяжённости, расположенных в воздухе, земле, в радиоэлектронной и радиотехнической аппаратуре. Электромагнитный импульс наводит электрические токи и напряжения, которые вызывают пробой изоляции, повреждение трансформаторов, сгорание разрядников, полупроводниковых приборов, перегорание плавких вставок. Наиболее подвержены воздействию электромагнитных импульсов линии связи, сигнализации и управления ракетных стартовых комплексов, командных пунктов.

4) Технологии обеспечения безопасности электро- и радиотехнических систем при воздействии радиации и электромагнитных импульсов. Защита от электромагнитных импульсов осуществляется, в том числе, экранированием линий управления и энергоснабжения, заменой плавких вставок (предохранителей) этих линий.

5) Технологии обеспечения безопасности человека при воздействии радиации и электромагнитных импульсов.

Текущий контроль успеваемости реализуется в рамках занятий семинарского типа, групповых или индивидуальных консультаций.

Промежуточная аттестация проходит в традиционной форме (зачёт)

#### 4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Подготовка к практическим и лекционным занятиям. Подготовка к прохождению и прохождению испытаний промежуточной аттестации (зачёт).

Контрольные вопросы и задания для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины приведены в п. 5.2.

#### 5. Фонд оценочных средств для промежуточной аттестации по дисциплине (модулю), включающий:

##### 5.1. Описание шкал оценивания результатов обучения по дисциплине

Уровень сформированности компетенций (индикатора достижения компетенций)	Шкала оценивания сформированности компетенций						
	плохо	Неудовлетворительно	Удовлетворительно	хорошо	очень хорошо	отлично	превосходно
	Не зачтено		Зачтено				
<u>Знания</u>	Отсутствие знаний теоретического материала. Невозможность оценить полноту знаний вследствие отказа обучающегося от ответа	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки.	Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много негрубых ошибок.	Уровень знаний в объёме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько негрубых ошибок	Уровень знаний в объёме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько негрубых ошибок	Уровень знаний в объёме, соответствующем программе подготовки, без ошибок.	Уровень знаний в объёме, превышающем программу подготовки.
<u>Умения</u>	Отсутствие минимальных умений. Невозможность оценить наличие умений вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения. Имели место грубые ошибки.	Продemonстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, но не в полном объёме.	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, в полном объёме, но некоторые с недочётами.	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объёме, но некоторые с недочётами.	Продemonстрированы все основные умения, решены все основные задачи с отдельными несущественными недочётами, выполнены все задания в полном объёме.	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объёме без недочётов
<u>Навыки</u>	Отсутствие владения материалом. Невозможность оценить наличие навыков вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки. Имели место грубые ошибки.	Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторыми недочётами	Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочётами.	Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочётов.	Продemonстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочётов.	Продemonстрирован творческий подход к решению нестандартных задач.

### Шкала оценки при промежуточной аттестации

Оценка		Уровень подготовки
Зачтено	Превосходно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «превосходно»
	Отлично	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «отлично»
	Очень хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «очень хорошо»
	Хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «хорошо», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «хорошо»
	Удовлетворительно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «удовлетворительно», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «удовлетворительно»
Не зачтено	Неудовлетворительно	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно», ни одна из компетенций не сформирована на уровне «плохо»
	Плохо	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо»

## 5.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения.

### 5.2.1. Вопросы к зачёту

Вопросы	Код формируемой компетенции
1) Что такое электромагнитный импульс	ПКР-4
2) Поражающие факторы электромагнитного импульса (ЭМИ)	ПКР-4
3) Факторы, которые определяют урон от ЭМИ	ПКР-4
4) Как защититься от ЭМИ: первые действия	ПКР-4
5) Общая защита от электромагнитного излучения	ПКР-4
6) Клетка Фарадея	ПКР-4
7) Защита информации от ЭМИ	ПКР-4
8) Воздействие космического и нейтронного излучения на полевой транзистор с барьером Шоттки.	ПКР-4
9) Эффекты переключения в фотоуправляемом полупроводниковом переключателе на основе GaAs и Si	ПКР-4
10) Моделирование шумовых процессов в полевом транзисторе с затвором Шоттки при облучении потоком гамма-квантов	ПКР-4
11) Моделирование воздействия мягкого гамма излучения на полевой транзистор	ПКР-4
12) Влияние импульсного радиационного облучения на полевые транзисторы	ПКР-4

Шоттки.	
13) Радиационная стойкость перспективных арсенид галлиевых полевых транзисторов Шоттки.	ПКР-4
14) Моделирование воздействия ионизирующего излучения на полевой транзистор с затвором Шоттки.	ПКР-4
15) Влияние протонного излучения на вольт-амперные характеристики полевого транзистора с затвором Шоттки	ПКР-4
16) Влияние нейтронного и протонного излучения на скорость электронов в n-GaAs	ПКР-4
17) Дegradация электро-физических характеристик n-GaAs после облучения быстрыми нейтронами	ПКР-4
18) Релаксация радиационных дефектов в полупроводниковых материалах	ПКР-4
19) Конверсия спектра рентгеновского излучения в технологических целях	ПКР-4
20) Процессы дальнего действия геттерирования при нейтронном, ионном и лазерном облучении транзисторных структур	ПКР-4
21) Локально-полевое и квазигидродинамическое приближения при расчётно-экспериментальной оценке радиационной стойкости субмикронных полупроводниковых приборов	ПКР-4
22) Влияние неоднородности распределения радиационных дефектов на характер протекания тока в квазибаллистическом полевом транзисторе	ПКР-4
23) Эффекты дальнего действия в арсенид-галлиевых транзисторных структурах при комбинированном облучении ионами различных масс	ПКР-4
24) Формирование квантовых отверстий в канале квазибаллистического полевого транзистора при нейтронном облучении	ПКР-4
25) Моделирование ударной ионизации в кремниевых светоизлучающих диодах легированных эрбием	ПКР-4
26) Влияние ионизирующего излучения на работоспособность СВЧ изделий	ПКР-4
27) Пробой p-n перехода с неоднородным легированием, стимулированный излучением	ПКР-4
28) Перенос электронов в биполярных транзисторных структурах с тонкой базой при воздействии потока квантов высоких энергий	ПКР-4
29) Технологии защиты электрорадиотехнических устройств	ПКР-4
30) Технологии защиты операторов (человека)	ПКР-4

### 5.2.3. Вопросы для практических занятий

Вопросы	Код формируемой компетенции
1) Воздействие космического и нейтронного излучения на полевой транзистор с барьером Шоттки.	ПКР-4
2) Компьютерное моделирование и экспериментальные исследования радиационной стойкости радиоэлектронной аппаратуры.	ПКР-4
3) Моделирование шумовых процессов в полевом транзисторе с затвором Шоттки при облучении потоком гамма-квантов	ПКР-4
4) Моделирование воздействия мягкого гамма излучения на полевой транзистор	ПКР-4
5) Моделирование воздействия ионизирующего излучения на полевой транзистор с затвором Шоттки.	ПКР-4
6) Моделирование ударной ионизации в кремниевых светоизлучающих диодах легированных эрбием	ПКР-4



7) Общая защита от электромагнитного излучения. Клетка Фарадея	ПКР-4
8) Технологии защиты электрорадиотехнических устройств. Технологии защиты операторов (человека)	ПКР-4

## 6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### *а) Основная литература*

1. Жуковский В. М. Радиоактивность и радиационная безопасность: Учебное пособие. – Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2004. – 294 с. - ISBN 5-7525-1290-5. - Текст: электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/348018> (дата обращения: 10.10.2020).

### *б) Дополнительная литература*

1. Моделирование мощных НЕМТ при облучении квантами высоких энергий. Тарасова Е.А., Демидова Д.С., Оболенский С.В., Фефелов А.Г., Дюков Д.И. – Физика и техника полупроводников. 12. 2012. Т. 46. № 12. 2012. С. 1587-1593.

Режим доступа: <https://journals.ioffe.ru/articles/7862> [10.10.2020]

### *в) Программное обеспечение лицензионное и свободно распространяемое*

- Операционная система Microsoft Windows
- Пакет прикладных программ Microsoft Office
- Правовая система «Консультант плюс»
- Micro-Cap – SPICE программа для аналогового и цифрового моделирования электрических и электронных цепей с интегрированным визуальным редактором
- KTechLab программа для проектирования и симуляции электрических схем
- Браузер Google Chrome

### *г) Интернет-ресурсы*

- <http://электротехнический-портал.рф/kniga.html>
- Радиотехнический сайт, [https://radiotract.ru/link\\_sprav.html](https://radiotract.ru/link_sprav.html)
- ЭБС «Юрайт». Режим доступа: <http://biblio-online.ru>
- ЭБС «Консультант студента». Режим доступа: <http://www.studentlibrary.ru>
- ЭБС «Лань». Режим доступа: <http://e.lanbook.com/>
- ЭБС «Znanium.com». Режим доступа: [www.znanium.com](http://www.znanium.com)

### *д) Профессиональные базы данных и информационные справочные системы*

- Радиоэлектроника [http://window.edu.ru/catalog/resources?p\\_str=Радиоэлектроника](http://window.edu.ru/catalog/resources?p_str=Радиоэлектроника) [26.10.19]
- Список сайтов по радиоэлектронике <http://radiostorage.net/page/3-spisok-sajtov-po-radioelektronike.html> [26.10.19]
- Научная электронная библиотека <https://elibrary.ru/defaultx.asp?> [26.10.19]
- База данных ВИНТИ РАН <http://www.viniti.ru/> [26.10.19]
- База данных рецензируемой литературы Scopus <https://www.scopus.com/search/form.uri?display=basic> [26.10.19]
- База данных Web of Science <https://apps.webofknowledge.com> [26.10.19]

- ГАРАНТ. Информационно-правовой-портал <http://www.garant.ru/>
- Правовая система «Консультант плюс»

## **7. Материально-техническое обеспечение дисциплины**

Помещения, используемые при реализации дисциплины, представляют собой учебные аудитории для проведения учебных занятий.

Лекционные и практические занятия проводятся в специализированной лаборатории электронной техники, микропроцессоров и микропроцессорных систем, электрических измерений, оснащённой комплектами лабораторного оборудования, лабораторными стендами, измерительным оборудованием, техническим оборудованием, обеспечивающим проведение занятий.

Помещения (аудитории) для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой, подключённой к сети «Интернет» и обеспеченной доступом в электронную информационно-образовательную среду вуза.

Программа составлена в соответствии с требованиями ОС ННГУ  
по направлению 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

Автор:

д.т.н., профессор С.В. Оболенский

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_

Программа одобрена на заседании методической комиссии Балахнинского филиала  
от «3» июня 2021 года, протокол № 6.