

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

Трехгорный технологический институт–

филиал федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования

«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

(ТТИ НИЯУ МИФИ)

**КАФЕДРА
ПРИБОРОСТРОЕНИЯ, КОНСТРУИРОВАНИЯ И ТЕХНОЛОГИИ
ЭЛЕКТРОННЫХ СРЕДСТВ**

УТВЕРЖДАЮ


Зам. директора
Т.В.Труфанова
«25» _____ июня _____ 2025 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ
«ПРОЕКТИРОВАНИЕ И ПРОИЗВОДСТВО РАДИОЭЛЕКТРОННЫХ
СИСТЕМ»**

Специальность: 11.05.01 Радиоэлектронные системы и комплексы

Специализация: Проектирование и технология радиоэлектронных систем и комплексов

Квалификация (степень) выпускника: инженер

Форма обучения: очная

Трехгорный
2025

1 ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

1.1 Цели дисциплины

Цель освоения дисциплины «Проектирование и производство радиоэлектронных систем» – формирование знаний, навыков и умений необходимых для разработки технологических процессов производства современных радиоэлектронных систем (РЭС), их проектирования, а также подготовки конструкторско-технологической документации.

1.2 Задачи дисциплины

Основными задачами дисциплины являются:

- освоение сквозного проектирования РЭС;
- изучение и освоение инструментов моделирования;
- анализ технологических ограничений производства;
- освоение навыков повышения надежности при проектировании и производстве РЭС;
- умение формировать полный комплект конструкторской и технологической документации и выводить производственную документацию.

2 МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Дисциплина «Проектирование и производство радиоэлектронных систем» относится к обязательной части блока дисциплин учебного плана. Освоение обучающимися дисциплины опираются на знания, умения и навыки, приобретенные в результате освоения предшествующих дисциплин:

- технология производства электронных средств;
- основы конструирования электронных средств;
- основы теории надежности электронных средств;
- методы и устройства испытаний электронных средств.

Знания, умения и навыки, полученные при освоении дисциплины, являются необходимыми для освоения последующих дисциплин:

- методика испытания радиоэлектронных систем и технологического оборудования;

– обеспечение качества производства радиоэлектронных систем,
а также при прохождении учебной, производственной практик и при выполнении выпускной квалификационной работы.

3 КОМПЕТЕНЦИИ СТУДЕНТА, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ / ОЖИДАЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБРАЗОВАНИЯ И КОМПЕТЕНЦИИ СТУДЕНТА ПО ЗАВЕРШЕНИИ ОСВОЕНИЯ ПРОГРАММЫ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

3.1 Компетенции студента, формируемые в результате освоения учебной дисциплины

Изучение дисциплины «Проектирование и производство радиоэлектронных систем» направлено на формирование у студентов следующих компетенций:

- способен определять и реализовывать приоритеты собственной деятельности и способы ее совершенствования на основе самооценки и образования в течение всей жизни (УК-6);
- способен разрабатывать структурные и функциональные схемы радиоэлектронных систем и комплексов, принципиальные схемы устройств с использованием средств компьютерного проектирования, проведением проектных расчетов и технико-экономическим обоснованием принимаемых решений (ПК-8).

3.2 Перечень результатов образования, формируемых дисциплиной, с указанием уровня их освоения

В результате изучения дисциплины студент должен:

знать:

- методики самооценки, самоконтроля и саморазвития с использованием подходов здоровьесбережения (З-УК-6);
- требования стандартов и других нормативно-технических документов в области разработки и проектирования радиоэлектронных систем и комплексов, современные отечественные и зарубежные пакеты программ для решения системотехнических, схемотехнических и конструкторских задач, современную элементную базу, основы схемотехники, методы конструирования, основные технологические процессы производства, методы выполнения технических расчетов, в

том числе с применением средств вычислительной техники (З-ПК-8);

уметь:

– решать задачи собственного личностного и профессионального развития, определять и реализовывать приоритеты совершенствования собственной деятельности; применять методики самооценки и само контроля; применять методики, позволяющие улучшить и сохранить здоровье в процессе жизнедеятельности (У-УК-6);

– осуществлять сбор и анализ исходных данных для расчета и проектирования радиоэлектронных систем и комплексов, проводить расчеты характеристик радиоэлектронных систем и комплексов и технико-экономическое обоснование принимаемых решений (У-ПК-8);

владеть:

– технологиями и навыками управления своей познавательной деятельностью и ее совершенствования на основе самооценки, самоконтроля и принципов самообразования в течение всей жизни, в том числе с использованием здоровьесберегающих подходов и методик (В-УК-6);

– навыками разработки принципиальных схем радиоэлектронных систем и комплексов с применением современных САПР и пакетов прикладных программ (В-ПК-8).

3.3 Воспитательная работа

Направление/ цели	Создание условий, обеспечивающих	Использование воспитательного потенциала учебных дисциплин
Профессиональный модуль		
Профессиональное воспитание	- формирование чувства личной ответственности за научно-технологическое развитие России, за результаты исследований и их последствия (В17)	1.Использование воспитательного потенциала дисциплин профессионального модуля для формирования чувства личной ответственности за достижение лидерства России в ведущих научно-технических секторах и фундаментальных исследованиях, обеспечивающих ее экономическое развитие и внешнюю безопасность, посредством контекстного обучения, обсуждения социальной и практической значимости результатов научных исследований и технологических разработок. 2.Использование воспитательного потенциала дисциплин профессионального модуля для формирования социальной ответственности ученого за результаты исследований и их последствия, развития исследовательских качеств посредством выполнения учебно-

		исследовательских заданий, ориентированных на изучение и проверку научных фактов, критический анализ публикаций в профессиональной области, вовлечения в реальные междисциплинарные научно-исследовательские проекты.
	- формирование ответственности за профессиональный выбор, профессиональное развитие и профессиональные решения (B18)	Использование воспитательного потенциала дисциплин профессионального модуля для формирования у студентов ответственности за свое профессиональное развитие посредством выбора студентами индивидуальных образовательных траекторий, организации системы общения между всеми участниками образовательного процесса, в том числе с использованием новых информационных технологий.
	- формирование научного мировоззрения, культуры поиска нестандартных научно-технических/практических решений, критического отношения к исследованиям лженаучного толка (B19)	1.Использование воспитательного потенциала дисциплин/практик "Основы научных исследований", «"Учебная практика (научно-исследовательская работа (получение первичных навыков научно-исследовательской работы))" для: - формирования понимания основных принципов и способов научного познания мира, развития исследовательских качеств студентов посредством их вовлечения в исследовательские проекты по областям научных исследований. 2.Использование воспитательного потенциала дисциплин/практик "Введение в специальность", "Основы научных исследований", "Учебная практика (научно-исследовательская работа (получение первичных навыков научно-исследовательской работы))" для: - формирования способности отделять настоящие научные исследования от лженаучных посредством проведения со студентами занятий и регулярных бесед; - формирования критического мышления, умения рассматривать различные исследования с экспертной позиции посредством обсуждения со студентами современных исследований, исторических предпосылок появления тех или иных открытий и теорий.
	- формирование навыков коммуникации, командной работы и лидерства (B20) ; - формирование способности и стремления следовать в профессии нормам поведения,	1.Использование воспитательного потенциала дисциплин профессионального модуля для развития навыков коммуникации, командной работы и лидерства, творческого инженерного мышления, стремления следовать в профессиональной деятельности нормам поведения, обеспечивающим нравственный характер трудовой деятельности и неслужебного поведения,

	обеспечивающим нравственный характер трудовой деятельности и неслужебного поведения (B21); - формирование творческого инженерного/профессионального мышления, навыков организации коллективной проектной деятельности (B22)	ответственности за принятые решения через подготовку групповых курсовых работ и практических заданий, решение кейсов, прохождение практик и подготовку ВКР. 2.Использование воспитательного потенциала дисциплин профессионального модуля для: - формирования производственного коллективизма в ходе совместного решения как модельных, так и практических задач, а также путем подкрепление рационально-технологических навыков взаимодействия в проектной деятельности эмоциональным эффектом успешного взаимодействия, ощущением роста общей эффективности при распределении проектных задач в соответствии с сильными компетентностными и эмоциональными свойствами членов проектной группы.
	- формирование культуры информационной безопасности (B23)	Использование воспитательного потенциала дисциплин профессионального модуля для формирования базовых навыков информационной безопасности через изучение последствий халатного отношения к работе с информационными системами, базами данных (включая персональные данные), приемах и методах злоумышленников, потенциальном уроне пользователям.
	УГНС 11.00.00 «Электроника, радиотехника и системы связи»: - формирование навыков коммуникации и командной работы при разработке электронных средств (B27); - формирование культуры безопасности при работе в электромонтажной и электрорадиомонтажной лаборатории (B28)	1. Использование воспитательного потенциала профильных дисциплин "Основы конструирования электронных средств", "Схемо- и системотехника электронных средств", "Технология производства электронных средств", "Конструирование механизмов и несущих конструкций радиоэлектронных средств", "Конструирование деталей и узлов радиоэлектронных средств» для формирования профессиональной коммуникации, а также привития навыков командной работы за счет использования методов коллективных форм познавательной деятельности, командного выполнения учебных заданий по разработке электронных средств, курсовых работ/проектов и защиты их результатов; 2. Использование воспитательного потенциала учебной практики и профильной дисциплины "Технология поверхностного монтажа" для формирования культуры безопасности при работе в электромонтажной и электрорадиомонтажной лаборатории через выполнение студентами практических заданий.

4 СОДЕРЖАНИЕ И СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Трудоемкость дисциплины в 9 семестре составляет 3 зачетные единицы, 108 часов.

№ п/п	Раздел учебной дисциплины	Недели	Виды учебной деятельности, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)				Текущий контроль успеваемости (неделя форма)	Аттестация раздела (неделя форма)	Максимальный балл за раздел
			Лекции	Лабораторные работы	Практические работы	Самост. работа			
9 семестр									
1	Раздел 1	1-4	4	-	8	8	ПО-2	T1-4	10
2	Раздел 2	5-9	4	-	10	10	ПО-7	K1-9	15
3	Раздел 3	10-13	4	-	8	8	ПО-11	T2-13	10
4	Раздел 4	14-18	6	-	10	10	ПО-16	K2-18	15
Итого			18	-	36	18			50
Экзамен			36						50
Итого за семестр									100

4.1 Содержание лекций

Раздел 1. Технологическая подготовка и организация производства радиоэлектронных систем.

Тема 1.1. Введение. Нормативные документы технологического проектирования.
Базовые технологические процессы.

Тема 1.2. Общая характеристика стандартов ЕСТПП и ЕСТД. Характеристика стандартов в группах. Состав стандартов по группам.

Тема 1.3. Стадии разработки технологической документации.

Тема 1.4. Состав технологических документов и их характеристика: карта эскизов, технологическая инструкция, маршрутная карта, карта технологического процесса, операционная карта, карта типовой (групповой) операции, комплектовочная карта.

Тема 1.5. Сборочно-монтажные процессы.

Тема 1.6. Технология поверхностного монтажа.

Тема 1.7. Технология производства печатных плат (ПП). Метод последовательного наращивания. Методы нанесения рисунка на ПП. Трафаретная печать. Офсетная печать. Изготовление односторонних и двусторонних ПП.

Тема 1.8. Контроль и испытания ПП. Входной контроль материалов. Операционный контроль. Выходной контроль ПП

Раздел 2. Средства автоматизации и роботизация технологических процессов РЭС.

Тема 2.1. Автоматизированное производство РЭС. Автоматизированная технологическая подготовка производства. Роботы.

Тема 2.2. Автоматизированная система управления (АСУ), автоматизированная система научных исследований (АСНИ), система автоматизированного конструкторского проектирования (САПР), автоматизированная система технологической подготовки производства (АСТПП), гибкое автоматизированное производство (ГАП), автоматизированная система контроля и испытания объектов (АСКИО), банк данных (БД).

Тема 2.3. Роботы в производстве РЭС. Классификация робототехнических систем (РТС). Манипуляционные РТС. Структура автоматически действующей РТС.

Тема 2.4. Дистанционно управляемые роботы и манипуляторы.

Раздел 3. Обеспечение стабильности и точности параметров РЭС: воспроизводимость, взаимозаменяемость, расчёт годности.

Тема 3.1. Технологическая воспроизводимость. Взаимозаменяемость. Выход годного.

Тема 3.2. Понятие о коэффициенте влияния, вывод формулы для расчета отклонения выходного параметра изделия от его номинального значения, распределения параметров, коэффициент корреляции параметров, коэффициент рассеяния параметров, условие технологической воспроизводимости.

Тема 3.3. Вывод формулы для расчета вероятности годности изделия.

Тема 3.4. Методы взаимозаменяемости РЭС: метод полной взаимозаменяемости, метод групповой взаимозаменяемости, метод подгонки.

Тема 3.5 Идентификация технологических объектов. Регрессионная идентификация по критерию минимума суммы квадратических отклонений.

Раздел 4. Обеспечение качества РЭС: контроль технологических процессов и испытания

Тема 4.1 Контроль технологических процессов. Автоматизированные системы технологического контроля. Общие понятия.

Тема 4.2. Риск изготовителя при одномодальном распределении параметра. Риск Заказчика при одномодальном распределении параметра. Риски заказчика и изготовителя при полимодальном распределении параметров.

Тема 4.3. Выборочный контроль РЭС: постановка задачи, вывод алгоритма выборочного контроля.

Тема 4.4. Синтез оптимального алгоритма проектирования операционного контроля. Выбор оптимального состава контрольного оборудования. Автоматизированные системы технологического контроля в производстве РЭС. Автотестеры для контроля печатных плат и узлов на печатных платах. Типовые узлы автоматизированной системы технологического контроля. Методы контроля основных параметров бытовой радиоаппаратуры.

Тема 4.5. Испытания РЭС. Испытания РЭС на механические воздействия: виды вибраций, резонансные частоты конструкций, ударные, линейные, акустические нагрузки.

Тема 4.6. Испытания на климатические воздействия: температурные испытания, испытания на влажность, воздействие пыли, герметичность.

Тема 4.7. Испытания на биологические, коррозионно-активные и технологические воздействия.

Тема 4.8. Испытания на космические и радиационные воздействия.

Тема 4.9. Испытания электронных средств на надежность. проектирование операции технологической приработки изделий РЭС.

4.2 Тематический план практических работ

1. Формализация ТЗ и декомпозиция требований для типового узла РЭС.
2. Разработка принципиальной схемы ВЧ-усилителя с учётом паразитных эффектов и ERC-проверки.
3. Проектирование топологии печатной платы ВЧ-узла с учётом правил DFM и целостности сигналов.
4. SPICE-моделирование характеристик ВЧ-усилителя: АЧХ, ФЧХ, устойчивость, нелинейные искажения.
5. Статистический анализ и оценка технологической воспроизводимости узла.
6. Разработка комплекта технологической документации по ЕСКД/ЕСТД для типового узла.
7. Подготовка производственных данных и анализ DFM для типовой платы.
8. Разработка плана выборочного контроля и оценка рисков изготовителя и заказчика.
9. Моделирование и анализ результатов типовых испытаний РЭС.

4.3 Самостоятельная работа студентов

Самостоятельное изучение лекционного материала по темам:

1. Стандарты IPC для печатных плат;
2. Стадии жизненного цикла РЭС;
3. Методы обеспечения ЭМС и целостности сигналов на печатной плате;
4. Схемотехнические приёмы повышения стабильности и надёжности аналоговых узлов;
5. Электромагнитное моделирование СВЧ-узлов;
6. Статистические методы оценки технологической воспроизводимости;
7. Правила трассировки ВЧ-линий. Тепловое проектирование узлов РЭС.

5 ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

В соответствии с компетентностным подходом выпускник вуза должен не просто обладать определенной суммой знаний, а уметь при помощи этих знаний решать конкретные задачи производства.

Учитывая требования ОС НИЯУ МИФИ ВО по специальности 11.05.01 «Радиоэлектронные системы и комплексы», реализация компетентностного подхода должна предусматривать широкое использование в учебном процессе активных и интерактивных форм проведения занятий в сочетании с внеаудиторной работой с целью формирования и развития профессиональных навыков обучающихся.

Лекционные занятия проводятся в специализированной аудитории с применением мультимедийного проектора в виде учебной презентации. Учебные материалы предъявляются обучающимся для ознакомления и изучения, основные моменты лекционных занятий конспектируются. Отдельные темы предлагаются для самостоятельного изучения с обязательным составлением и контролем конспекта.

Практические занятия проводятся также с применением мультимедийного проектора с разбором типовых решений.

Текущий контроль знаний студентов по отдельным разделам и в целом по дисциплине проводится в форме компьютерного или бумажного тестирования, а также выполнением самостоятельных работ по решению задач.

6 ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

Фонд оценочных средств позволяет оценить знания, умения, навыки и уровень приобретенных компетенций. Фонд оценочных средств по дисциплине включает:

6.1 Комплект заданий для текущего контроля успеваемости.

6.2. Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации.

7 УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ

ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

7.1 Основная литература

1. Основы конструирования и технологии производства радиоэлектронных средств. Ионно-плазменные технологии: учебник для вузов [Электронный ресурс] / А. С. Сигов, В. И. Иванов, П. А. Лучников, А. П. Суржиков; под редакцией А. С. Сигова. — Москва: Издательство Юрайт, 2025. — 270 с. — Текст: электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — Режим доступа: <https://urait.ru/bcode/490270>

2. Основы конструирования и технологии производства радиоэлектронных средств. Электронные радиационные технологии: учебник для вузов [Электронный ресурс] / А. С. Сигов, В. И. Иванов, П. А. Лучников, А. П. Суржиков; под редакцией А. С. Сигова. — Москва: Издательство Юрайт, 2025. — 321 с. — Текст: электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — Режим доступа: <https://urait.ru/bcode/490269>

3. Основы конструирования и технологии производства радиоэлектронных средств. Интегральные схем: учебник для вузов [Электронный ресурс] / Ю. В. Гуляев [и др.]; под редакцией Ю. В. Гуляева. — Москва: Издательство Юрайт, 2025. — 460 с. — Текст: электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — Режим доступа: <https://urait.ru/bcode/490268>

7.2 Дополнительная литература

4. Колошкина И. Е. Автоматизация проектирования технологической документации: учебник и практикум для вузов [Электронный ресурс] / И. Е. Колошкина. — Москва: Издательство Юрайт, 2025. — 371 с. — Текст: электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — Режим доступа: <https://urait.ru/bcode/496617>

5. Трухин М. П. Основы компьютерного проектирования и моделирования радиоэлектронных средств. Лабораторный практикум: учебное пособие для вузов [Электронный ресурс] / М. П. Трухин; под научной редакцией В. Э. Иванова. — Москва: Издательство Юрайт, 2025. — 134 с. — Текст: электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — Режим доступа: <https://urait.ru/bcode/492242>

8 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

ДИСЦИПЛИНЫ

Кабинет электрических машин и аппаратов для проведения лекций и практических занятий:

Доступ к сети Интернет;

Комплект мультимедийного оборудования:

Проектор Epson;

Экран настенный;

Ноутбук Lenovo IdeaPad 570 15.6" с возможностью подключения к сети «Интернет» (обеспечен лицензионным и свободно распространяемым программным обеспечением, в том числе отечественного производства);

Комплект учебного оборудования «Основы электрических машин и электропривода» – 3 шт.;

Комплект учебного оборудования «Электрические аппараты» – 3 шт.;

Стол преподавателя;

Стул преподавателя;

Столы ученические – 12 шт.;

Стулья ученические – 24 шт.

Помещение для самостоятельной работы.

Библиотека ТТИ НИЯУ МИФИ, читальный зал с выходом в сеть Интернет и обеспечением доступа к электронной информационно-образовательной среде:

Персональный компьютер (обеспечен лицензионным и свободно распространяемым программным обеспечением, в том числе отечественного производства) – 10 шт.;

Проектор;

Экран;

Принтер;

Выставочные шкафы – 4 шт.,

Стол ученические – 12 шт.,

Стулья ученические – 24 шт.