

**Министерство науки и высшего образования РФ**  
**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение**  
**высшего образования**  
**«Национальный исследовательский университет «МЭИ»**

---

Направление подготовки/специальность: 11.04.01 Радиотехника

Наименование образовательной программы: Киберфизические системы и интернет вещей

Уровень образования: высшее образование - магистратура

Форма обучения: Очно-заочная

**Рабочая программа дисциплины**  
**ТЕХНОЛОГИИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ**

<b>Блок:</b>	Блок 1 «Дисциплины (модули)»
<b>Часть образовательной программы:</b>	Часть, формируемая участниками образовательных отношений
<b>№ дисциплины по учебному плану:</b>	Б4.Ч.02
<b>Трудоемкость в зачетных единицах:</b>	2 семестр - 2;
<b>Часов (всего) по учебному плану:</b>	72 часа
<b>Лекции</b>	2 семестр - 36 часа;
<b>Практические занятия</b>	не предусмотрено учебным планом
<b>Лабораторные работы</b>	не предусмотрено учебным планом
<b>Консультации</b>	проводится в рамках часов аудиторных занятий
<b>Самостоятельная работа</b>	2 семестр - 35,7 часа;
<b>в том числе на КП/КР</b>	не предусмотрено учебным планом
<b>Иная контактная работа</b>	проводится в рамках часов аудиторных занятий
<b>включая:</b> Тестирование Контрольная работа	
<b>Промежуточная аттестация:</b>	
<b>Зачет</b>	2 семестр - 0,3 часа;

**Москва 2023**

**ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:**

Преподаватель

(должность)

	<b>Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»</b>	
	<b>Сведения о владельце ЦЭП МЭИ</b>	
	Владелец	Серегин Д.А.
	Идентификатор	R5209bc37-SereginDA-9c53cea2

(подпись)

Д.А. Серегин

(расшифровка  
подписи)

**СОГЛАСОВАНО:**

Руководитель  
образовательной программы

(должность, ученая степень, ученое звание)

	<b>Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»</b>	
	<b>Сведения о владельце ЦЭП МЭИ</b>	
	Владелец	Стрелков Н.О.
	Идентификатор	R784cde94-StrelkovNO-f448f943

(подпись)

Н.О. Стрелков

(расшифровка подписи)

Заведующий выпускающей  
кафедры

(должность, ученая степень, ученое звание)

	<b>Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»</b>	
	<b>Сведения о владельце ЦЭП МЭИ</b>	
	Владелец	Шалимова Е.В.
	Идентификатор	Rf4bb1f0c-ShalimovaYV-f267ebd6

(подпись)

Е.В. Шалимова

(расшифровка подписи)

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

**Цель освоения дисциплины:** изучить принципы конструирования печатных плат и системы автоматизированного проектирования печатных плат

### Задачи дисциплины

- изучить материалы, технические решения и технологии, применяемые при изготовлении печатных плат;
- освоить современные методы проектирования печатных плат;
- научиться разрабатывать документацию по спроектированным узлам радиоэлектронной аппаратуры.

Формируемые у обучающегося **компетенции** и запланированные **результаты обучения** по дисциплине, соотнесенные с **индикаторами достижения компетенций**:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Запланированные результаты обучения
ОПК-1 способен представлять современную научную картину мира, выявлять естественнонаучную сущность проблем, определять пути их решения и оценивать эффективность сделанного выбора	ИД-1 <sub>ОПК-1</sub> Представляет современную научную картину мира, выявляет естественнонаучную сущность проблемы проектирования, производства и использования в практической деятельности радиоэлектронных устройств и систем	знать: - электротехнические материалы, применяемые при изготовлении печатных плат, и их свойства.
ПК-1 Способен определять цели, осуществлять постановку задач проектирования и эксплуатации, подготавливать технические задания на выполнение проектных и эксплуатационных работ по созданию устройств сбора данных и управления инфраструктурой	ИД-2 <sub>ПК-1</sub> Умеет подготавливать технические задания на выполнение проектных работ и аналитические обзоры для обоснования проектов с учетом действующих стандартов и нормативных требований	уметь: - формировать требования к проектируемым печатным платам и рассчитывать их параметры, в том числе с использованием современных автоматизированных средств проектирования.
ПК-2 Способен проектировать радиотехнические устройства, приборы и их узлы, системы и комплексы сбора и обработки данных и управления устройствами с учетом заданных требований в том числе и бортового базирования	ИД-3 <sub>ПК-2</sub> Имеет навыки разработки технологии монтажа и сборки радиотехнических устройств, приборов, систем и комплексов	уметь: - разрабатывать конструкцию и документацию для изготовления спроектированных узлов радиоэлектронной аппаратуры.

## **2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО**

Дисциплина относится к факультативным дисциплинам основной профессиональной образовательной программе Киберфизические системы и интернет вещей (далее – ОПОП), направления подготовки 11.04.01 Радиотехника, уровень образования: высшее образование - магистратура.

Базируется на уровне среднего общего образования.

Результаты обучения, полученные при освоении дисциплины, необходимы при выполнении выпускной квалификационной работы.

### 3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

#### 3.1 Структура дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 зачетных единицы, 72 часа.

№ п/п	Разделы/темы дисциплины/формы промежуточной аттестации	Всего часов на раздел	Семестр	Распределение трудоемкости раздела (в часах) по видам учебной работы										Содержание самостоятельной работы/ методические указания
				Контактная работа							СР			
				Лек	Лаб	Пр	Консультация		ИКР		ПА	Работа в семестре	Подготовка к аттестации /контроль	
КПР	ГК	ИККП	ТК											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	Материалы, используемые при производстве печатных плат. Их свойства	8	2	4	-	-	-	-	-	-	-	4	-	<p><b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b> Повторение материала по разделу "Материалы, используемые при производстве печатных плат. Их свойства" <b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Материалы, используемые при производстве печатных плат. Их свойства" <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [1], стр. 37-63 [4], стр. 5-20</p>
1.1	Материалы, используемые при производстве печатных плат. Их свойства	8		4	-	-	-	-	-	-	-	4	-	
2	Печатные платы: конструкция и требования	12		8	-	-	-	-	-	-	-	-	4	
2.1	Печатные платы: конструкция и требования	12	8	-	-	-	-	-	-	-	-	4	-	
3	Системы автоматизированного проектирования	6		4	-	-	-	-	-	-	-	2	-	<p><b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b> Повторение материала по разделу "Системы автоматизированного проектирования"</p>

	(САПР) печатных плат												(САПР) печатных плат" <b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Системы автоматизированного проектирования (САПР) печатных плат" <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [2], стр. 8-26
3.1	Системы автоматизированного проектирования (САПР) печатных плат	6	4	-	-	-	-	-	-	-	2	-	
4	Модели электронных компонентов в САПР	12	4	-	-	-	-	-	-	-	8	-	<b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b> Повторение материала по разделу "Модели электронных компонентов в САПР"
4.1	Модели электронных компонентов в САПР	12	4	-	-	-	-	-	-	-	8	-	<b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Модели электронных компонентов в САПР" <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [2], стр. 257-264
5	Создание проекта печатной платы	10	6	-	-	-	-	-	-	-	4	-	<b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b> Повторение материала по разделу "Создание проекта печатной платы"
5.1	Создание проекта печатной платы	10	6	-	-	-	-	-	-	-	4	-	<b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Создание проекта печатной платы" <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [2], стр. 31-50
6	Трассировка печатной платы	14	6	-	-	-	-	-	-	-	8	-	<b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b> Повторение материала по разделу "Трассировка печатной платы"
6.1	Трассировка печатной платы	14	6	-	-	-	-	-	-	-	8	-	<b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Трассировка печатной платы" <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [2], стр. 166-176

														[3], стр. 30–75
7	Конструкторская документация на печатную плату	9.7	4	-	-	-	-	-	-	-	5.7	-	-	<b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b> Повторение материала по разделу "Конструкторская документация на печатную плату"
7.1	Конструкторская документация на печатную плату	9.7	4	-	-	-	-	-	-	-	5.7	-	-	<b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Конструкторская документация на печатную плату" <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [1], стр. 410-442
	Зачет	0.3	-	-	-	-	-	-	-	0.3	-	-	-	
	Всего за семестр	72.0	36	-	-	-	-	-	-	0.3	35.7	-	-	
	Итого за семестр	72.0	36	-	-	-	-	-	-	0.3	35.7	-	-	

**Примечание:** Лек – лекции; Лаб – лабораторные работы; Пр – практические занятия; КПр – аудиторные консультации по курсовым проектам/работам; ИККП – индивидуальные консультации по курсовым проектам/работам; ГК- групповые консультации по разделам дисциплины; СР – самостоятельная работа студента; ИКР – иная контактная работа; ТК – текущий контроль; ПА – промежуточная аттестация

### **3.2 Краткое содержание разделов**

#### 1. Материалы, используемые при производстве печатных плат. Их свойства

1.1. Материалы, используемые при производстве печатных плат. Их свойства  
Материалы, используемые при производстве печатных плат. Их свойства..

#### 2. Печатные платы: конструкция и требования

2.1. Печатные платы: конструкция и требования  
Однослойные и многослойные печатные платы. Основные этапы производства печатных плат. Требования, предъявляемые к печатным платам..

#### 3. Системы автоматизированного проектирования (САПР) печатных плат

3.1. Системы автоматизированного проектирования (САПР) печатных плат  
Функции САПР. Состав САПР. Настройка САПР как программной среды..

#### 4. Модели электронных компонентов в САПР

4.1. Модели электронных компонентов в САПР  
Создание библиотек, состоящих из нескольких частей и из нескольких компонентов. Редактирование группы компонентов. Создание графического символа и посадочного места компонента. Проверка правил библиотеки символа компонента. Использование мастера создания посадочных мест. Проверка правил библиотеки посадочного места компонента..

#### 5. Создание проекта печатной платы

5.1. Создание проекта печатной платы  
Создание принципиальной схемы. Средства автоматизированного проектирования, включая численное имитационное моделирование и верификацию разрабатываемого устройства. Импорт принципиальной схемы на печатную плату..

#### 6. Трассировка печатной платы

6.1. Трассировка печатной платы  
Виды слоев печатной платы. Параметры слоев печатной платы и их настройка. Требования к печатной плате и их связь с параметрами слоев. Нанесение контура печатной платы. Настройка слоев печатной платы. Отличие сигнальных слоев от слоев питания и земли. Добавление правил трассировки. Ручная и автоматическая трассировки печатной платы. Проверка выполнения правил трассировки. Моделирование целостности сигналов..

#### 7. Конструкторская документация на печатную плату

7.1. Конструкторская документация на печатную плату  
Формирование выходных файлов для производства (файлы межсоединений и сверловки). Формирование конструкторской документации по результатам проектирования печатной платы..

**3.3. Темы практических занятий**  
не предусмотрено



### **3.4. Темы лабораторных работ** не предусмотрено

### **3.5 Консультации**

#### Текущий контроль (ТК)

1. Подготовка к тесту. Вопросы по пройденному материалу
2. Подготовка к контрольной работе. Вопросы по пройденному материалу. Типовые требования на разработку печатной платы
3. Подготовка к контрольной работе. Вопросы по пройденному материалу. Современные САПР, наиболее распространенные пакеты. Общие черты САПР печатных плат
4. Подготовка к контрольной работе. Вопросы по пройденному материалу. Компоненты: представление в САПР. Известные типы электронных компонентов, их параметры, отражение в библиотеках САПР
5. Подготовка к контрольной работе. Вопросы по пройденному материалу. Современные САПР - порядок создания проекта. Возможные сложности
6. Подготовка к контрольной работе. Вопросы по пройденному материалу. Трассировка печатных проводников. Практические рекомендации. Расчет, решение задач
7. Подготовка к контрольной работе. Вопросы по пройденному материалу. Выполнение конструкторской документации

### **3.6 Тематика курсовых проектов/курсовых работ** Курсовой проект/ работа не предусмотрены

### 3.7. Соответствие разделов дисциплины и формируемых в них компетенций

Запланированные результаты обучения по дисциплине (в соответствии с разделом 1)	Коды индикаторов	Номер раздела дисциплины (в соответствии с п.3.1)							Оценочное средство (тип и наименование)	
		1	2	3	4	5	6	7		
<b>Знать:</b>										
электротехнические материалы, применяемые при изготовлении печатных плат, и их свойства	ИД-1 <sub>ОПК-1</sub>	+								Тестирование/Тест "Технологии и материалы печатных плат"
<b>Уметь:</b>										
формировать требования к проектируемым печатным платам и рассчитывать их параметры, в том числе с использованием современных автоматизированных средств проектирования	ИД-2 <sub>ПК-1</sub>		+	+	+	+	+			Контрольная работа/Контрольная работа "Расчет паразитных параметров печатной платы"
разрабатывать конструкцию и документацию для изготовления спроектированных узлов радиоэлектронной аппаратуры	ИД-3 <sub>ПК-2</sub>				+	+	+	+		Контрольная работа/Контрольная работа "Документация на печатную плату"

#### **4. КОМПЕТЕНТНОСТНО-ОРИЕНТИРОВАННЫЕ ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ)**

##### **4.1. Текущий контроль успеваемости**

**2 семестр**

Форма реализации: Компьютерное задание

1. Тест "Технологии и материалы печатных плат" (Тестирование)

Форма реализации: Письменная работа

1. Контрольная работа "Документация на печатную плату" (Контрольная работа)
2. Контрольная работа "Расчет паразитных параметров печатной платы" (Контрольная работа)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

##### **4.2 Промежуточная аттестация по дисциплине**

*Зачет (Семестр №2)*

Оценка за освоение дисциплины выставляется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой структуре НИУ "МЭИ".

В диплом выставляется оценка за 2 семестр.

**Примечание:** Оценочные материалы по дисциплине приведены в фонде оценочных материалов ОПОП.

#### **5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

##### **5.1 Печатные и электронные издания:**

1. Пирогова, Е. В. Проектирование и технология печатных плат : учебник для вузов по направлению "Проектирование и технология электронных средств" / Е. В. Пирогова . – М. : Форум : ИНФРА-М, 2011 . – 560 с. – (Высшее образование) . - ISBN 5-8199-0138-X .;
2. Разевиг, В. Д. Система P-CAD 8.5:Руководство пользователя / В. Д. Разевиг, С. М. Блохнин . – 2-е изд., стереотип . – М. : ДМК, 1998 . – 288 с. - ISBN 5-89818-002-8 : 50.00 .;
3. Справочник по силовой электронике / Ю. К. Розанов, П. А. Воронин, С. Е. Рывкин, Е. Е. Чаплыгин ; ред. Ю. К. Розанов . – М. : Издательский дом МЭИ, 2014 . – 472 с. - ISBN 978-5-383-00872-0 .;
4. Мылов Г. В.- "Печатные платы: выбор базовых материалов", Издательство: "Горячая линия-Телеком", Москва, 2016 - (172 с.)  
<https://e.lanbook.com/book/90138>.

##### **5.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:**

1. СДО "Прометей";
2. Office / Российский пакет офисных программ;
3. Windows / Операционная система семейства Linux;
4. Майнд Видеоконференции;
5. Eagle.

### 5.3 Интернет-ресурсы, включая профессиональные базы данных и информационно-справочные системы:

1. ЭБС Лань - <https://e.lanbook.com/>
2. ЭБС "Университетская библиотека онлайн" - [http://biblioclub.ru/index.php?page=main\\_ub\\_red](http://biblioclub.ru/index.php?page=main_ub_red)
3. Научная электронная библиотека - <https://elibrary.ru/>
4. База данных ВИНТИ online - <http://www.viniti.ru/>
5. База данных журналов издательства Elsevier - <https://www.sciencedirect.com/>
6. Электронные ресурсы издательства Springer - <https://link.springer.com/>
7. База данных Web of Science - <http://webofscience.com/>
8. База данных Scopus - <http://www.scopus.com>
9. Национальная электронная библиотека - <https://rusneb.ru/>
10. ЭБС "Консультант студента" - <http://www.studentlibrary.ru/>
11. Электронная библиотека МЭИ (ЭБ МЭИ) - <http://elib.mpei.ru/login.php>

### 6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Тип помещения	Номер аудитории, наименование	Оснащение
Учебные аудитории для проведения лекционных занятий и текущего контроля	Ж-120, Машинный зал ИВЦ	сервер, кондиционер
Учебные аудитории для проведения промежуточной аттестации	Ж-120, Машинный зал ИВЦ	сервер, кондиционер
Помещения для самостоятельной работы	НТБ-303, Компьютерный читальный зал	стол компьютерный, стул, стол письменный, вешалка для одежды, компьютерная сеть с выходом в Интернет, компьютер персональный, принтер, кондиционер
Помещения для консультирования	Е-101, Учебная аудитория	парта со скамьей, стол преподавателя, стул, доска меловая
Помещения для хранения оборудования и учебного инвентаря	Е-324/5, Методический кабинет каф. "Пром.эл."	парта, стул, вешалка для одежды, компьютерная сеть с выходом в Интернет, мультимедийный проектор, доска маркерная передвижная, ноутбук

## БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

### Технологии проектирования печатных плат

(название дисциплины)

#### 2 семестр

**Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:**

КМ-1 Тест "Технологии и материалы печатных плат" (Тестирование)

КМ-2 Контрольная работа "Расчет паразитных параметров печатной платы" (Контрольная работа)

КМ-3 Контрольная работа "Документация на печатную плату" (Контрольная работа)

**Вид промежуточной аттестации – Зачет.**

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3
		Неделя КМ:	4	8	12
1	Материалы, используемые при производстве печатных плат. Их свойства				
1.1	Материалы, используемые при производстве печатных плат. Их свойства		+		
2	Печатные платы: конструкция и требования				
2.1	Печатные платы: конструкция и требования			+	
3	Системы автоматизированного проектирования (САПР) печатных плат				
3.1	Системы автоматизированного проектирования (САПР) печатных плат			+	
4	Модели электронных компонентов в САПР				
4.1	Модели электронных компонентов в САПР			+	+
5	Создание проекта печатной платы				
5.1	Создание проекта печатной платы			+	+
6	Трассировка печатной платы				
6.1	Трассировка печатной платы			+	+
7	Конструкторская документация на печатную плату				
7.1	Конструкторская документация на печатную плату				+
Вес КМ, %:			30	30	40