

**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: Радиотехнические методы и устройства формирования и обработки сигналов

Уровень образования: высшее образование - магистратура

Форма обучения: Очная

**Рабочая программа дисциплины**  
**АВТОМАТИЗАЦИЯ КОНСТРУИРОВАНИЯ РАДИОЭЛЕКТРОННЫХ**  
**СРЕДСТВ**

Блок:	Блок 1 «Дисциплины (модули)»
Часть образовательной программы:	Часть, формируемая участниками образовательных отношений
№ дисциплины по учебному плану:	Б1.Ч.01.03.01
Трудоемкость в зачетных единицах:	3 семестр - 4;
Часов (всего) по учебному плану:	144 часа
Лекции	3 семестр - 32 часа;
Практические занятия	3 семестр - 16 часов;
Лабораторные работы	не предусмотрено учебным планом
Консультации	3 семестр - 2 часа;
Самостоятельная работа	3 семестр - 93,5 часа;
в том числе на КП/КР	не предусмотрено учебным планом
Иная контактная работа	проводится в рамках часов аудиторных занятий
включая: Проверочная работа Индивидуальный проект	
Промежуточная аттестация:	
Экзамен	3 семестр - 0,5 часа;

**Москва 2023**

**ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:**

Преподаватель

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Булаев И.Ю.
	Идентификатор	R2ea6384c-BulayevIY-6738ec4f

И.Ю. Булаев

**СОГЛАСОВАНО:**

Руководитель  
образовательной  
программы

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Торина Е.М.
	Идентификатор	Rf078b9d4-DrozдоваYM-9d5fc66d

Е.М. Торина

Заведующий выпускающей  
кафедрой

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Остапенков П.С.
	Идентификатор	R6356f55c-OstapenkovPS-854af18d

П.С. Остапенков

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

**Цель освоения дисциплины:** Изучение принципов конструирования печатных плат и системы автоматизированного проектирования печатных плат Altium Designer

### Задачи дисциплины

- изучение принципов оптимального размещения компонентов и трассировки печатных плат;
- освоение системы автоматизированного проектирования печатных плат Altium Designer для возможности проектирования и подготовки конструкторской документации печатных плат.

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
ПК-1 Способность проводить исследования в целях совершенствования радиоэлектронных устройств	ИД-2 <sub>ПК-1</sub> Выполняет математическое и компьютерное моделирование радиоэлектронных устройств с целью оптимизации их параметров	знать: - способы оптимальной трассировки и расположения современных электронных компонентов на печатной плате.  уметь: - проводить схемотехническое моделирование и моделирование целостности сигналов в среде Altium Designer.
ПК-2 Способность разрабатывать и модернизировать радиоэлектронные устройства и блоки	ИД-2 <sub>ПК-2</sub> Использует средства компьютерного моделирования в целях модернизации и совершенствования радиоэлектронных устройств и блоков	знать: - основные этапы конструирования печатных плат.  уметь: - подготовить конструкторскую документацию по результатам проектирования; - не допустить и, при необходимости, устранить источники помех печатной платы на этапе ее проектирования; - выполнить подготовку к производству проекта печатной платы в среде Altium Designer.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

Дисциплина относится к основной профессиональной образовательной программе Радиотехнические методы и устройства формирования и обработки сигналов (далее – ОПОП), направления подготовки 11.04.01 Радиотехника, уровень образования: высшее образование - магистратура.

Требования к входным знаниям и умениям:

- знать основные методы компьютерного моделирования и проектирования радиоэлектронных средств
- знать основные источники научно-технической информации по системам автоматизированного проектирования радиоэлектронных средств

- знать методы создания математических моделей радиоэлектронных средств
- знать основные типы современных радиоэлектронных компонентов
- уметь составить с помощью специализированного программного обеспечения комплект конструкторской документации, содержащий принципиальную схему и сборочный чертеж устройства
- уметь составлять математические модели РЭС

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 4 зачетных единицы, 144 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	Введение в среду Altium Designer. Особенности конструирования печатных плат	11	3	4	-	2	-	-	-	-	-	5	-	<b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Введение в среду Altium Designer. Особенности конструирования печатных плат" <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [1], Глава 1 [3], Глава 1-3
1.1	Введение в среду Altium Designer. Особенности конструирования печатных плат	11		4	-	2	-	-	-	-	-	5	-	
2	Создание библиотеки символа компонента в САПР Altium Designer	11		4	-	2	-	-	-	-	-	5	-	<b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Создание библиотеки символа компонента в САПР Altium Designer" <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [2], Глава 1-2 [4], стр. 16-36
2.1	Создание библиотеки символа компонента в САПР Altium Designer	11		4	-	2	-	-	-	-	-	5	-	
3	Создание библиотеки посадочного места компонента в среде Altium Designer	16		4	-	2	-	-	-	-	-	10	-	<b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Создание библиотеки посадочного места компонента в среде Altium Designer" <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [2], Глава 3
3.1	Создание библиотеки посадочного места компонента в среде Altium Designer	16		4	-	2	-	-	-	-	-	10	-	
4	Создание	17		5	-	2	-	-	-	-	-	10	-	<b><u>Самостоятельное изучение</u></b>

	принципиальной схемы и схемотехническое моделирование в среде Altium												<b><u>теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Создание принципиальной схемы и схемотехническое моделирование в среде Altium"
4.1	Создание принципиальной схемы и схемотехническое моделирование в среде Altium	17	5	-	2	-	-	-	-	-	10	-	<b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [2], Глава 4
5	Трассировка печатной платы и моделирование целостности сигналов в среде Altium Designer	17	5	-	2	-	-	-	-	-	10	-	<b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Трассировка печатной платы и моделирование целостности сигналов в среде Altium Designer"
5.1	Трассировка печатной платы и моделирование целостности сигналов в среде Altium Designer	17	5	-	2	-	-	-	-	-	10	-	<b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [2], Глава 5 [4], стр. 60-86
6	Создание выходных файлов для производства в среде Altium Designer	18	5	-	3	-	-	-	-	-	10	-	<b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Создание выходных файлов для производства в среде Altium Designer"
6.1	Создание выходных файлов для производства в среде Altium Designer	18	5	-	3	-	-	-	-	-	10	-	<b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [2], Глава 6
7	Подготовка конструкторской документации в среде Altium Designer	18	5	-	3	-	-	-	-	-	10	-	<b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Подготовка конструкторской документации в среде Altium Designer"
7.1	Формирование конструкторской документации по результатам	18	5	-	3	-	-	-	-	-	10	-	<b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [2], Глава 7

	проектирования печатной платы												
	Экзамен	36.0	-	-	-	-	2	-	-	0.5	-	33.5	
	Всего за семестр	144.0	32	-	16	-	2	-	-	0.5	60	33.5	
	Итого за семестр	144.0	32	-	16		2		-	0.5		93.5	

**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. Введение в среду Altium Designer. Особенности конструирования печатных плат

#### 1.1. Введение в среду Altium Designer. Особенности конструирования печатных плат

Однослойные и многослойные печатные платы. Основные этапы производства печатных плат. Системы автоматизированного проектирования (САПР) печатных плат. САПР Altium Designer. Основные возможности САПР Altium Designer. Отличительные особенности САПР Altium Designer от других САПР печатных плат. Этапы проектирования печатной платы в САПР Altium Designer.

### 2. Создание библиотеки символа компонента в САПР Altium Designer

#### 2.1. Создание библиотеки символа компонента в САПР Altium Designer

Выбор системы счисления. Настройка координатной сетки. Установка и настройка вывода компонента. Установка основных объектов (линия, прямоугольник и т.п.). Привязка моделей (SPICE, посадочное место, 3D-модель). Создание библиотек, состоящих из нескольких частей и из нескольких компонентов. Редактирование группы компонентов. Проверка правил библиотеки символа компонента.

### 3. Создание библиотеки посадочного места компонента в среде Altium Designer

#### 3.1. Создание библиотеки посадочного места компонента в среде Altium Designer

Выбор системы счисления. Настройка координатной сетки. Настройка отверстий и контактных площадок под вывод компонента. Установка точки привязки. Использование мастера создания посадочных мест. Проверка правил библиотеки посадочного места компонента.

### 4. Создание принципиальной схемы и схемотехническое моделирование в среде Altium

#### 4.1. Создание принципиальной схемы и схемотехническое моделирование в среде Altium

Создание проекта печатной платы. Создание файла принципиальной схемы. Настройка опций листа принципиальной схемы. Добавление компонента на принципиальную схему. Выбор компонента из готовых библиотек. Настройка свойств компонента. Способы соединения компонентов. Автоматическая перенумерация компонентов на принципиальной схеме. Схемотехническое моделирование.

### 5. Трассировка печатной платы и моделирование целостности сигналов в среде Altium Designer

#### 5.1. Трассировка печатной платы и моделирование целостности сигналов в среде Altium Designer

Добавление файла печатной платы. Настройка заготовки для печатной платы. Импорт принципиальной схемы на печатную плату. Расстановка компонентов на печатной плате. Нанесение контура печатной платы. Настройка слоев печатной платы. Отличие сигнальных слоев от слоев питания и земли. Добавление правил трассировки. Ручная и автоматическая трассировка печатной платы. Проверка выполнения правил трассировки. Моделирование целостности сигналов.

### 6. Создание выходных файлов для производства в среде Altium Designer

#### 6.1. Создание выходных файлов для производства в среде Altium Designer

Формирование выходных файлов для производства (файлы межсоединений и сверловки). Проверка соответствия правилам трассировки. Наложение файлов межсоединений и сверловки. Редактирование выходных файлов.

### 7. Подготовка конструкторской документации в среде Altium Designer

7.1. Формирование конструкторской документации по результатам проектирования печатной платы

Принципиальная схема. Сборочный чертеж. Перечень компонентов.

### **3.3. Темы практических занятий**

1. Создание библиотеки символа компонента;
2. Конструирование печатных плат;
3. Создание выходных файлов;
4. Моделирование целостности сигналов;
5. Трассировка печатной платы;
6. Создание конструкторской документации;
7. Создание принципиальной схемы;
8. Создание библиотеки посадочного места компонента;
9. Схемотехническое моделирование.

### **3.4. Темы лабораторных работ**

не предусмотрено

### **3.5 Консультации**

#### Групповые консультации по разделам дисциплины (ГК)

1. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Введение в среду Altium Designer. Особенности конструирования печатных плат"
2. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Создание библиотеки символа компонента в САПР Altium Designer"
3. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Создание библиотеки посадочного места компонента в среде Altium Designer"
4. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Создание принципиальной схемы и схемотехническое моделирование в среде Altium"
5. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Трассировка печатной платы и моделирование целостности сигналов в среде Altium Designer"
6. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Создание выходных файлов для производства в среде Altium Designer"
7. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Подготовка конструкторской документации в среде Altium Designer"

### **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>									
способы оптимальной трассировки и расположения современных электронных компонентов на печатной плате	ИД-2ПК-1					+			Индивидуальный проект/Трассировка печатной платы и моделирование целостности сигналов в среде Altium Designer
основные этапы конструирования печатных плат	ИД-2ПК-2	+							Проверочная работа/Введение в среду Altium Designer
<b>Уметь:</b>									
проводить схемотехническое моделирование и моделирование целостности сигналов в среде Altium Designer	ИД-2ПК-1		+						Индивидуальный проект/Создание библиотеки символа компонента в среде Altium Designer
выполнить подготовку к производству проекта печатной платы в среде Altium Designer	ИД-2ПК-2				+		+		Индивидуальный проект/Создание выходных файлов для производства в среде Altium Designer Индивидуальный проект/Создание принципиальной схемы и схемотехническое моделирование в среде Altium Designer
не допустить и, при необходимости, устранить источники помех печатной платы на этапе ее проектирования	ИД-2ПК-2			+					Индивидуальный проект/Создание библиотеки посадочного места компонента в среде Altium Designer Индивидуальный проект/Трассировка печатной платы и моделирование целостности сигналов в среде Altium Designer
подготовить конструкторскую документацию по результатам проектирования	ИД-2ПК-2							+	Индивидуальный проект/Подготовка конструкторской документации в среде Altium Designer

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

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

**3 семестр**

Форма реализации: Компьютерное задание

1. Подготовка конструкторской документации в среде Altium Designer (Индивидуальный проект)
2. Создание библиотеки посадочного места компонента в среде Altium Designer (Индивидуальный проект)
3. Создание библиотеки символа компонента в среде Altium Designer (Индивидуальный проект)
4. Создание выходных файлов для производства в среде Altium Designer (Индивидуальный проект)
5. Создание принципиальной схемы и схемотехническое моделирование в среде Altium Designer (Индивидуальный проект)
6. Трассировка печатной платы и моделирование целостности сигналов в среде Altium Designer (Индивидуальный проект)

Форма реализации: Письменная работа

1. Введение в среду Altium Designer (Проверочная работа)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

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

Экзамен (Семестр №3)

В диплом выставляется оценка за 3 семестр.

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

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

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

1. Головицына, М. В. Проектирование радиоэлектронных средств на основе современных информационных технологий : учебное пособие для вузов по специальности 210201 "Проектирование и технология радиоэлектронных средств", направления 210200 "Проектирование и технология электронных средств" / М. В. Головицына . – М. : Интернет-Ун-т информ. технологий : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2011 . – 503 с. – (Основы информационных технологий) . - ISBN 978-5-9963-0463-9 .;
2. Суходольский, В. Ю. Altium Designer проектирование функциональных узлов РЭС на печатных платах : учебное пособие для вузов по специальностям: 210201 "Проектирование и технология радиоэлектронных средств" и 210202 "Проектирование и технология электронно-вычислительных средств" направления 210200 "Проектирование и технология электронных средств" / В. Ю. Суходольский . – СПб. : БХВ-Петербург, 2010 . – 480 с. – (Учебное пособие) . - ISBN 978-5-9775-0542-0 .;

3. 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, 2014 . – 560 с. – (Высшее образование) . - ISBN 5-8199-0138-X . ;
4. Г. Н. Девятков, Д. И. Вольхин- "Проектирование печатных узлов в ALTIUM DESIGNER", Издательство: "Новосибирский государственный технический университет", Новосибирск, 2018 - (104 с.)  
<https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=576185>.

### 5.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

1. СДО "Прометей";
2. Office / Российский пакет офисных программ;
3. Windows / Операционная система семейства Linux;
4. Видеоконференции (Майнд, Сберджаз, ВК и др);
5. Acrobat Reader.

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

1. ЭБС Лань - <https://e.lanbook.com/>
2. Научная электронная библиотека - <https://elibrary.ru/>
3. База данных Web of Science - <http://webofscience.com/>
4. База данных Scopus - <http://www.scopus.com>
5. Электронная библиотека МЭИ (ЭБ МЭИ) - <http://elib.mpei.ru/login.php>
6. Открытая университетская информационная система «РОССИЯ» - <https://uisrussia.msu.ru>

## 6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Тип помещения	Номер аудитории, наименование	Оснащение
Учебные аудитории для проведения лекционных занятий и текущего контроля	Е-420/2, Учебная лаборатория конструирования и производства радиоаппаратуры	стол преподавателя, стол, стул, вешалка для одежды, доска меловая, лабораторный стенд, компьютер персональный, принтер, телевизор
	Ж-120, Машинный зал ИВЦ	сервер, кондиционер
Учебные аудитории для проведения практических занятий, КР и КП	Е-420/2, Учебная лаборатория конструирования и производства радиоаппаратуры	стол преподавателя, стол, стул, вешалка для одежды, доска меловая, лабораторный стенд, компьютер персональный, принтер, телевизор
	Ж-120, Машинный зал ИВЦ	сервер, кондиционер
Учебные аудитории для проведения промежуточной аттестации	Е-420/2, Учебная лаборатория конструирования и производства радиоаппаратуры	стол преподавателя, стол, стул, вешалка для одежды, доска меловая, лабораторный стенд, компьютер персональный, принтер, телевизор
Помещения для самостоятельной работы	НТБ-201, 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-420/7, Лаборатория М-видео	стол преподавателя, стол, стул, шкаф, вешалка для одежды, доска маркерная, телевизор
Помещения для хранения оборудования и учебного инвентаря	Е-704/14, Помещение каф. "ФОРС"	оборудование для экспериментов, запасные комплектующие для оборудования

## БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

### Автоматизация конструирования радиоэлектронных средств

(название дисциплины)

#### 3 семестр

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

- КМ-1 Введение в среду Altium Designer (Проверочная работа)
- КМ-2 Создание библиотеки символа компонента в среде Altium Designer (Индивидуальный проект)
- КМ-3 Создание библиотеки посадочного места компонента в среде Altium Designer (Индивидуальный проект)
- КМ-4 Создание принципиальной схемы и схемотехническое моделирование в среде Altium Designer (Индивидуальный проект)
- КМ-5 Трассировка печатной платы и моделирование целостности сигналов в среде Altium Designer (Индивидуальный проект)
- КМ-6 Создание выходных файлов для производства в среде Altium Designer (Индивидуальный проект)
- КМ-7 Подготовка конструкторской документации в среде Altium Designer (Индивидуальный проект)

**Вид промежуточной аттестации – Экзамен.**

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4	КМ-5	КМ-6	КМ-7
		Неделя КМ:	3	5	8	11	12	14	15
1	Введение в среду Altium Designer. Особенности конструирования печатных плат								
1.1	Введение в среду Altium Designer. Особенности конструирования печатных плат		+						
2	Создание библиотеки символа компонента в САПР Altium Designer								
2.1	Создание библиотеки символа компонента в САПР Altium Designer			+					
3	Создание библиотеки посадочного места компонента в среде Altium Designer								
3.1	Создание библиотеки посадочного места компонента в среде Altium Designer				+		+		
4	Создание принципиальной схемы и схемотехническое моделирование в среде Altium								
4.1	Создание принципиальной схемы и схемотехническое моделирование в среде Altium					+		+	

5	Трассировка печатной платы и моделирование целостности сигналов в среде Altium Designer							
5.1	Трассировка печатной платы и моделирование целостности сигналов в среде Altium Designer					+		
6	Создание выходных файлов для производства в среде Altium Designer							
6.1	Создание выходных файлов для производства в среде Altium Designer				+		+	
7	Подготовка конструкторской документации в среде Altium Designer							
7.1	Формирование конструкторской документации по результатам проектирования печатной платы							+
Вес КМ, %:		10	15	15	15	15	15	15