Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Максимов Алексей Борисович
Должность: директор департамента по образовательной политике
Дата подписания: 15.07.2025 12:42:33
Уникальный программный ключ:
8db180d1a3f02ac9e60521a5672742735c18b1d6

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

**«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

**(МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХ)**

Факультет машиностроения

УТВЕРЖДАЮ

Декан

_____ /Е.В. Сафонов/

«27» февраля 2025 г.

# РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

# САПР радиоэлектронных средств

Направление подготовки
**11.03.01 Радиотехника**

Профиль
**Интеллектуальная радиоэлектроника и промышленный интернет вещей**

Квалификация
**Бакалавр**

Формы обучения
**очная**

Москва, 2025 г.

**Разработчик(и):**

к.т.н., доцент  /А.С. Маклаков/

**Согласовано:**
Заведующий кафедрой «Автоматика и управление»,
д.т.н., профессор  /А.А. Радионов/

Руководитель образовательной программы
д.т.н., профессор  /А.А. Радионов/

# Содержание

1 Цели, задачи и планируемые результаты обучения по дисциплине ... 4
2 Место дисциплины в структуре образовательной программы ... 5
3 Структура и содержание дисциплины ... 5
3.1 Виды учебной работы и трудоемкость ... 5
3.2 Тематический план изучения дисциплины ... 6
3.3 Содержание дисциплины ... 7
3.4 Тематика семинарских/практических и лабораторных занятий ... 7
3.5 Тематика курсовых проектов (курсовых работ) ... 8
4 Учебно-методическое и информационное обеспечение ... 8
4.1 Нормативные документы и ГОСТы ... 8
4.2 Основная литература ... 8
4.3 Дополнительная литература ... 9
4.4 Электронные образовательные ресурсы ... 9
4.5 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение ... 9
4.6 Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы ... 9
5 Материально-техническое обеспечение ... 9
6 Методические рекомендации ... 10
6.1 Методические рекомендации для преподавателя по организации обучения ... 10
6.2 Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины ... 10
7 Фонд оценочных средств ... 11
7.1 Методы контроля и оценивания результатов обучения ... 12
7.2 Шкала и критерии оценивания результатов обучения ... 13
7.3 Оценочные средства ... 18

# 1 Цели, задачи и планируемые результаты обучения по дисциплине

Целью освоения дисциплины «САПР радиоэлектронных средств» является формирование теоретических знаний и приобретение практических навыков расчетов и разработки документации для деталей, узлов и устройств радиотехнических систем в соответствии с техническим заданием, в том числе с использованием средств САПР KiCad.

К основным задачам освоения дисциплины «САПР радиоэлектронных средств» следует отнести:

– овладение современными возможностями системы автоматизированного проектирования KiCad для разработки печатных плат;

– подготовка студентов к выполнению работ по предварительной декомпозиции электрической схемы; формированию стека печатной платы; определений правил трассировки, настройки проекта под технологические возможности производства; выполнению трассировки сложных плат.

Обучение по дисциплине «САПР радиоэлектронных средств» направлено на формирование у обучающихся следующих компетенций:

| **Код и наименование компетенций** | **Индикаторы достижения компетенции** | Наименование показателя оценивания |
|---|---|---|
| **ПК-1** Способен выполнять расчет и проектирование деталей, узлов и устройств радиотехнических систем в соответствии с техническим заданием, в том числе с использованием средств автоматизации проектирования | ИПК-1.1 Понимает принципы конструирования отдельных деталей, узлов и устройств радиотехнических систем, выбирает системы автоматизированного проектирования радиотехнических систем;<br>ИПК-1.2 Работает с программными средствами с использованием современных прикладных программ по расчету радиотехнических систем;<br>ИПК-1.3 Рассчитывает и проектирует детали, узлы и устройства радиотехнические системы в соответствии с техническим заданием с использованием средств автоматизации проектирования. | **Знать:** современные основы автоматизированного проектирования объектов радиотехнических систем<br><br>**Уметь:** проектировать схемы для радиотехнических систем, оформлять проектную документацию согласно действующим государственным нормам и правилам<br><br>**Владеть:** практическим опытом анализа документации на радиотехнические системы |
| **ПК-5:** Способен разрабатывать рабочую и проектную документацию и осуществлять контроль ее соответствия стандартам, техническим условиям и другим нормативным документам | ИПК-5.1 Применяет стандарты разработки конструкторской документации по проектированию радиотехнических систем;<br>ИПК-5.2 Анализирует исходные данные к разрабатываемому проекту радиотехнических систем в | **Знать:** стадии и процедуры процесса проектирования, особенности проектных процедур при предпроектной стадии разработки радиотехнических систем<br><br>**Уметь:** применять программные продукты САПР |

| | | |
|---|---|---|
| | соответствии с техническим заданием;<br>ИПК-5.3 Готовит проекты конструкторской документации при проектировании радиотехнических систем, в соответствии с требованиями технического задания и стандартами. | при проектировании радиотехнических систем<br><br>**Владеть:** практическим опытом работы в программах автоматизированного проектирования |

## 2 Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина относится к части, формируемой участниками образовательных отношений блока Б1 «Дисциплины (модули)». Дисциплина непосредственно связана со следующими дисциплинами и практиками ООП:

Введение в профессию;
Инженерная и компьютерная графика;
Основы компьютерного проектирования и моделирования радиоэлектронных средств;
Производственная практика (преддипломная);
Радиотехнические системы;
Радиотехнические цепи и сигналы;
Схемотехника электронных устройств;
Устройства СВЧ и антенны;
Электронные устройства.

## 3 Структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетные единицы (144 часов).

### 3.1 Виды учебной работы и трудоемкость

| № п/п | Вид учебной работы | Количество часов | Семестр |
|---|---|---|---|
| | | | 8 |
| **1** | **Аудиторные занятия** | **56** | **56** |
| | В том числе: | | |
| 1.1 | Лекции | 28 | 28 |
| 1.2 | Семинарские/практические занятия | 28 | 28 |
| 1.3 | Лабораторные занятия | - | - |
| **2** | **Самостоятельная работа** | **88** | **88** |
| | В том числе: | | |
| 2.1 | Выполнение и защита курсового проекта | 64 | 64 |
| 2.2 | Подготовка к экзамену | 18 | 18 |
| 2.3 | Подготовка отчетов по практическим работам | 8 | 8 |
| **3** | **Промежуточная аттестация** | | |
| | Зачет/диф.зачет/экзамен | | Экзамен, КП |
| | **Итого** | **144** | **144** |

## 3.2 Тематический план изучения дисциплины

| № п/п | Разделы/темы дисциплины | Трудоемкость, час | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Всего | Аудиторная работа | | | | Самостоятельная работа |
| | | | Лекции | Семинарские/ практические занятия | Лабораторные занятия | Практическая подготовка | |
| **1** | **Раздел 1. Основы профессиональной деятельности проектировщика радиоэлектронных систем** | **36** | **8** | **6** | **0** | **0** | **22** |
| 1.1 | Тема 1. Профессиональные стандарты. | | 1 | | | | 2 |
| 1.2 | Тема 2. Законодательное регулирование профессиональной деятельности. | | 1 | 2 | | | 4 |
| 1.3 | Тема 3. Теоретические основы профессиональной деятельности. | | 2 | | | | 4 |
| 1.4 | Тема 4. Производство, внедрение и эксплуатация радиоэлектронных средств и систем различного назначения. | | 1 | | | | 4 |
| 1.5 | Тема 5. Разработка и проектирование радиоэлектронных средств и систем различного назначения. | | 1 | 2 | | | 4 |
| 1.6 | Тема 6. Стадии проектирования. Этапы и содержание работ на разных стадиях. | | 2 | 2 | | | 4 |
| **2** | **Раздел 2. Основные этапы проектирования в САПР KiCad** | **53** | **10** | **12** | **0** | **0** | **31** |
| 2.1 | Тема 1. Основы конструирования печатных плат. Знакомство с KiCAD. | | 2 | 2 | | | 5 |
| 2.2 | Тема 2. Основы распространения сигнала по печатным проводникам на разных частотах. | | 2 | 2 | | | 5 |
| 2.3 | Тема 3. Слой земли и помехи. Дифференциальная пара. | | 2 | 2 | | | 5 |
| 2.4 | Тема 4. Рекомендации по трассировке типовых линий передачи и шин. | | 2 | 2 | | | 5 |
| 2.5 | Тема 5. Трассировка простой печатной платы. | | 1 | 2 | | | 5 |
| 2.6 | Тема 6. Производство электронных устройств. | | 1 | 2 | | | 6 |
| **3** | **Раздел 3. Трассировка сложных печатных плат** | **55** | **10** | **10** | **0** | **0** | **35** |

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 3.1 | Тема 1. Декомпозиция электрической схемы. | | 2 | 1 | | | 6 |
| 3.2 | Тема 2. Подготовка проекта к трассировке. | | 2 | 2 | | | 6 |
| 3.3 | Тема 3. Размещение компонентов на печатной плате. | | 2 | 2 | | | 5 |
| 3.4 | Тема 4. Базовые правила трассировки печатных плат | | 2 | 1 | | | 6 |
| 3.5 | Тема 5. Трассировка высокоскоростных линий передачи. | | 1 | 2 | | | 6 |
| 3.6 | Тема 6. Трассировка скоростных параллельных шин данных | | 1 | 2 | | | 6 |
| | **Итого** | **144** | **28** | **28** | **0** | **0** | **88** |

## 3.3 Содержание дисциплины

**Раздел 1. Основы профессиональной деятельности проектировщика радиоэлектронных систем**

Профессиональные стандарты. Законодательное регулирование профессиональной деятельности. Теоретические основы профессиональной деятельности. Производство, внедрение и эксплуатация радиоэлектронных средств и систем различного назначения. Разработка и проектирование радиоэлектронных средств и систем различного назначения. Стадии проектирования. Этапы и содержание работ на разных стадиях.

**Раздел 2. Основные этапы проектирования в САПР KiCad**

Основы конструирования печатных плат. Знакомство с KiCAD. Основы распространения сигнала по печатным проводникам на разных частотах. Слой земли и помехи. Дифференциальная пара. Рекомендации по трассировке типовых линий передачи и шин. Трассировка простой печатной платы. Производство электронных устройств..

**Раздел 3. Трассировка сложных печатных плат.**

Декомпозиция электрической схемы. Подготовка проекта к трассировке. Размещение компонентов на печатной плате. Базовые правила трассировки печатных плат. Трассировка высокоскоростных линий передачи. Трассировка скоростных параллельных шин данных.

## 3.4 Тематика семинарских/практических и лабораторных занятий

3.4.1 Семинарские/практические занятия

Практические занятия 1-2. Практическая работа №1. Знакомство с KiCAD.

Практические занятия 3-4. Практическая работа №2. Слой земли и помехи.

Практические занятия 5-6. Практическая работа №3. Дифференциальная пара

Практические занятия 7-8. Практическая работа №4. Трассировка типовых линий передачи и шин.

Практические занятия 9-10. Практическая работа №5. Декомпозиция электрической схемы.

Практические занятия 11-12. Практическая работа №6. Размещение компонентов на печатной плате.

Практическое занятие 13. Практическая работа №7. Трассировка высокоскоростных линий передачи.

Практическое занятие 14. Практическая работа №8. Трассировка скоростных параллельных шин данных

3.4.2 Лабораторные занятия

Не предусмотрены.

### 3.5 Тематика курсовых проектов (курсовых работ)

1. Устройство дистанционного управления освещением
2. ИК-приемник сигналов дистанционного управления
3. RGB - контроллер
4. Велоспидометр
5. USB термометр
6. Велокомпьютер
7. Измеритель давления
8. Кодовый замок с одной кнопкой
9. Контроллер доступа на электронных ключах i-Button
10. Кодовый замок
11. Охранная сигнализация на ATtiny13
12. Охранная сигнализация на RFID картах
13. Пинг-понг на микроконтроллере ATmega32
14. Выключатель фар автомобиля

## 4 Учебно-методическое и информационное обеспечение

### 4.1 Нормативные документы и ГОСТы

1. ГОСТ Р 70291-2022
2. ГОСТ Р 70290-2022
3. ГОСТ Р 71267-2024.

### 4.2 Основная литература

1. Селиванова З.М. Технология радиоэлектронных средств : учебное пособие по курсовому проектированию / Селиванова З.М.. — Тамбов : Тамбовский государственный технический университет, ЭБС АСВ, 2012. — 100 с. — ISBN 978-5-8265-1136-7. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: https://www.iprbookshop.ru/63911.html.

2. Вайспапир, В. Я. Технология производства радиоэлектронных средств : учебное пособие для СПО / В. Я. Вайспапир. — Саратов : Профобразование, 2022. — 120 с. — ISBN 978-5-4488-1505-8. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: https://www.iprbookshop.ru/125579.html.

3. Вайспапир В.Я. Разработка и оформление спецификации радиоэлектронных средств : учебное пособие / Вайспапир В.Я.. — Новосибирск : Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики, 2024. — 106 с. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: https://www.iprbookshop.ru/149545.html.

### 4.3 Дополнительная литература

1. Мылов, Г. В. Материалы компонентов радиоэлектронных средств. Печатные платы : учебное пособие / Г. В. Мылов, А. М. Медведев, И. В. Дрожжин. — Москва : КУРС, 2024. — 160 с. — ISBN 978-5-907352-38-4. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: https://www.iprbookshop.ru/144864.html.

2. Алдонин Г.М. Основы эргономики и дизайна радиоэлектронных средств бытового назначения : учебное пособие / Алдонин Г.М., Желудько С.П.. — Красноярск : Сибирский федеральный университет, 2014. — 128 с. — ISBN 978-5-7638-2964-8. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: https://www.iprbookshop.ru/84287.html.

3. Лисяк В.В. Разработка САПР электронной аппаратуры : учебное пособие / Лисяк В.В.. — Ростов-на-Дону, Таганрог : Издательство Южного федерального университета, 2017. — 93 с. — ISBN 978-5-9275-2518-8. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: https://www.iprbookshop.ru/87488.html.

### 4.4 Электронные образовательные ресурсы

Не предусмотрено

### 4.5 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение

1. Microsoft-Office
2. KiCad
3. Microsoft-Windows

### 4.6 Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы

1. Единое окно доступа к образовательным ресурсам Федеральный портал http://window.edu.ru

2. Компьютерные информационно-правовые системы «Консультант» http://www.consultant.ru, «Гарант» http://www.garant.ru

3. Официальный интернет-портал правовой информации http://pravo.gov.ru.

4. Научная электронная библиотека http://www.elibrary.ru

5. Российская государственная библиотека http://www.rsl.ru

6. ЭБС «Университетская библиотека онлайн» https://biblioclub.ru/index.php

## 5 Материально-техническое обеспечение

1. Компьютерный класс с предустановленным программным обеспечением, указанным в п. 4.5, мультимедийное оборудование (проектор, персональный компьютер преподавателя).

2. Аудитория для лекционных, практических занятий. Оборудование и аппаратура: аудиторная доска, возможность использования мультимедийного комплекса.

# 6 Методические рекомендации

## 6.1 Методические рекомендации для преподавателя по организации обучения

На первом занятии по дисциплине необходимо ознакомить студентов с порядком ее изучения (темами курса, формами занятий, текущего и промежуточного контроля), раскрыть место и роль дисциплины в системе наук, ее практическое значение, довести до студентов требования к форме отчетности и применения видов контроля. Выдаются задания для подготовки к практическим и семинарским занятиям.

При подготовке к практическим работам по перечню объявленных тем преподавателю необходимо уточнить план их проведения, продумать формулировки и содержание учебных вопросов, выносимых на обсуждение, ознакомиться с перечнем тематических вопросов.

В ходе работы во вступительном слове раскрыть практическую значимость темы работы, определить порядок ее проведения, время на обсуждение каждого учебного вопроса. Применяя фронтальный опрос дать возможность выступить всем студентам, присутствующим на занятии.

В заключительной части практической работы следует подвести ее итоги: раскрыть положительные стороны и недостатки. Ответить на вопросы студентов. Выдать задания для самостоятельной работы по подготовке к следующему занятию.

Методика преподавания дисциплины «САПР радиоэлектронных средств» и реализация компетентностного подхода в изложении и восприятии материала предусматривает использование следующих активных и интерактивных форм проведения групповых, индивидуальных, аудиторных занятий в сочетании с внеаудиторной работой с целью формирования и развития профессиональных навыков обучающихся:

– подготовка к выполнению и защита практических работ с помощью специализированного программного обеспечения;

– защита и индивидуальное обсуждение выполняемых этапов курсового проекта;

– технологии анализа ситуаций для активного обучения, которые позволяют студентам соединить теорию и практику, представить примеры принимаемых решений и их последствий, демонстрировать различные позиции, формировать навыки оценки альтернативных вариантов в вероятностных условиях.

Обучение по дисциплине ведется с применением традиционных потоково-групповых информационно-телекоммуникационных технологий. При осуществлении образовательного процесса по дисциплине используются следующие информационно-телекоммуникационные технологии: презентации с применением проектора и программы PowerPoint.

## 6.2 Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Самостоятельная работа является одним из видов учебных занятий. Цель самостоятельной работы – практическое самостоятельное получение студентами навыков работы в программе математического моделирования, рассматриваемых в процессе изучения дисциплины.

Аудиторная самостоятельная работа по дисциплине выполняется на учебных занятиях под непосредственным руководством преподавателя и по его заданию.

Внеаудиторная самостоятельная работа выполняется студентом по заданию преподавателя, но без его непосредственного участия.

**Задачи самостоятельной работы студента:**

- развитие навыков самостоятельной учебной работы;
- освоение содержания дисциплины;

- углубление содержания и осознание основных понятий дисциплины;
- использование материала, собранного и полученного в ходе самостоятельных занятий для эффективной подготовки к экзамену.

**Виды внеаудиторной самостоятельной работы:**

- самостоятельное изучение отдельных тем дисциплины;
- выполнение курсового проекта;
- подготовка к практическим занятиям;
- подготовка к экзамену.

Для выполнения любого вида самостоятельной работы необходимо пройти следующие этапы:

- определение цели самостоятельной работы;
- конкретизация познавательной задачи;
- самооценка готовности к самостоятельной работе;
- выбор адекватного способа действия, ведущего к решению задачи;
- планирование работы (самостоятельной или с помощью преподавателя) над заданием;
- осуществление в процессе выполнения самостоятельной работы самоконтроля (промежуточного и конечного) результатов работы и корректировка выполнения работы;
- рефлексия;
- презентация работы.

## 7 Фонд оценочных средств

В процессе обучения используются следующие оценочные формы самостоятельной работы студентов, оценочные средства текущего контроля успеваемости и промежуточных аттестаций:

- защита практических работ;
- экзамен;
- курсовой проект.

Оценочные средства текущего контроля успеваемости включают контрольные задания по практическим работам индивидуально для каждого обучающегося.

В результате освоения дисциплины (модуля) формируются следующие компетенции:

| Код компетенции | Наименование компетенции выпускника |
|---|---|
| ПК-1 | Способен выполнять расчет и проектирование деталей, узлов и устройств радиотехнических систем в соответствии с техническим заданием, в том числе с использованием средств автоматизации проектирования. |
| ПК-5 | Способен разрабатывать рабочую и проектную документацию и осуществлять контроль ее соответствия стандартам, техническим условиям и другим нормативным документам. |

### 7.1 Методы контроля и оценивания результатов обучения

Перечень оценочных средств по дисциплине «САПР радиотехнических средств»

| № п/п | Вид контроля результатов обучения | Наименование контроля результатов обучения | Краткая характеристика оценочного средства |
|---|---|---|---|
| 1 | Текущий | Практическая работа | Студентам выдается задание по тематике практических работ. Результатом выполнения задания является проект на компьютере в программе KiCad. Правильность выполнения задания оценивается преподавателем в соответствии с заданием. |
| 2 | Промежуточный | Выполнение и защита курсового проекта | Выполненный курсовой проект сдается на проверку преподавателю в электронном виде (проект в KiCad). В процессе проверки курсового проекта следует обратить внимание на следующие критерии:<br>1) оформление соответствует всем требованиям KiCad – 20 баллов; 2) проект выполнен в программе KiCad при полном отсутствии программных ошибок – 20 баллов; 3) правильный ответ на один вопрос комиссии при защите курсового проекта (при защите задаётся 3 вопроса) – 20 баллов (максимум 60 баллов).<br>Защита курсового проекта происходит в форме доклада с презентацией, перед комиссией, состоящей не менее чем из 3-х человек, включая руководителя курсового проекта. После доклада студенту задаются уточняющие вопросы.<br>Оценка степени достижения обучающимися планируемых результатов обучения по курсовому проекту выполняется комиссией методом экспертной оценки. По итогам промежуточной аттестации по курсовому проекту выставляется оценка «отлично», «хорошо», «удовлетворительно» или «неудовлетворительно». |
| 3 | Промежуточный | Экзамен | Промежуточная аттестация обучающихся в форме экзамен проводится по результатам выполнения всех видов учебной работы, предусмотренных учебным планом по данной дисциплине (модулю), при этом учитываются результаты текущего контроля успеваемости в течение семестра. Оценка степени достижения обучающимися планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю) проводится |

| | | | |
|---|---|---|---|
| | | | преподавателем, ведущим занятия по дисциплине (модулю) методом экспертной оценки. По итогам промежуточной аттестации по дисциплине (модулю) выставляется оценка «отлично», «хорошо», «удовлетворительно» или «неудовлетворительно».<br>Экзамен проводится в устной форме. В аудитории находится преподаватель и не более 5 человек из числа студентов. Во время проведения экзамена его участникам запрещается иметь при себе и использовать средства связи (сотовые телефоны, микрофоны и пр.). Студенту выдается билет с тремя вопросами. Количество дополнительных вопросов – не более двух. Количество дополнительных вопросов зависит от полноты ответа студента. Длительность экзамена 2 часа (120 минут). |

### 7.2 Шкала и критерии оценивания результатов обучения

В процессе освоения образовательной программы данные компетенции, в том числе их отдельные компоненты, формируются поэтапно в ходе освоения обучающимися дисциплин (модулей), практик в соответствии с учебным планом и календарным графиком учебного процесса.

Критерии оценивания компетенций

| **Показатель** | **Критерии оценивания** | | | |
|---|---|---|---|---|
| | **2** | **3** | **4** | **5** |
| **ПК-1 Способен выполнять расчет и проектирование деталей, узлов и устройств радиотехнических систем в соответствии с техническим заданием, в том числе с использованием средств автоматизации проектирования.** | | | | |
| **знать:**<br>современные основы автоматизированного проектирования объектов радиотехнических систем | Обучающийся демонстрирует полное отсутствие или недостаточное соответствие следующих знаний: современные основы автоматизированного проектирования объектов радиотехнических систем. | Обучающийся демонстрирует неполное соответствие следующих знаний: современные основы автоматизированного проектирования объектов радиотехнических систем. Допускаются значительные ошибки, проявляется | Обучающийся демонстрирует частичное соответствие следующих знаний: современные основы автоматизированного проектирования объектов радиотехнических систем. Допускаются незначительные ошибки, неточности, | Обучающийся демонстрирует полное соответствие следующих знаний: современные основы автоматизированного проектирования объектов радиотехнических систем. Свободно оперирует приобретенными знаниями. |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | | недостаточность знаний, по ряду показателей, обучающийся испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями при их переносе на новые ситуации. | затруднения при аналитических операциях. | |
| **уметь:** проектировать схемы для радиотехнических систем, оформлять проектную документацию согласно действующим государственным нормам и правилам | Обучающийся не умеет или в недостаточной степени умеет проектировать схемы для радиотехнических систем, оформлять проектную документацию согласно действующим государственным нормам и правилам | Обучающийся демонстрирует неполное соответствие следующих умений: проектировать схемы для радиотехнических систем, оформлять проектную документацию согласно действующим государственным нормам и правилам. Допускаются значительные ошибки, проявляется недостаточность умений, по ряду показателей, обучающийся испытывает значительные затруднения при оперировании умениями при их переносе на новые ситуации. | Обучающийся демонстрирует частичное соответствие следующих умений: проектировать схемы для радиотехнических систем, оформлять проектную документацию согласно действующим государственным нормам и правилам. Умения освоены, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе умений на новые, нестандартные ситуации. | Обучающийся демонстрирует полное соответствие следующих умений: проектировать схемы для радиотехнических систем, оформлять проектную документацию согласно действующим государственным нормам и правилам. Свободно оперирует приобретенными умениями, применяет их в ситуациях повышенной сложности. |
| **владеть:** практическим опытом анализа документации на радиотехнические системы | Обучающийся не владеет или в недостаточной степени владеет практическим опытом практическим опытом анализа документации на радиотехнические системы | Обучающийся не в полностью владеет практическим опытом анализа документации на радиотехнические системы. Обучающийся испытывает значительные затруднения при применении навыков в новых ситуациях. | Обучающийся частично владеет практическим опытом анализа документации на радиотехнические системы. Навыки освоены, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе умений на | Обучающийся в полном объеме владеет практическим опытом анализа документации на радиотехнические системы. Свободно применяет полученные навыки в ситуациях повышенной сложности. |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | | | новые, нестандартные ситуации. | |
| **ПК-5 Способен разрабатывать рабочую и проектную документацию и осуществлять контроль ее соответствия стандартам, техническим условиям и другим нормативным документам.** | | | | |
| **знать:** стадии и процедуры процесса проектирования, особенности проектных процедур при предпроектной стадии разработки радиотехнических систем | Обучающийся демонстрирует полное отсутствие или недостаточное соответствие следующих знаний: стадии и процедуры процесса проектирования, особенности проектных процедур при предпроектной стадии разработки радиотехнических систем | Обучающийся демонстрирует неполное соответствие следующих знаний: стадии и процедуры процесса проектирования, особенности проектных процедур при предпроектной стадии разработки радиотехнических систем. Допускаются значительные ошибки, проявляется недостаточность знаний, по ряду показателей, обучающийся испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями при их переносе на новые ситуации. | Обучающийся демонстрирует частичное соответствие следующих знаний: стадии и процедуры процесса проектирования, особенности проектных процедур при предпроектной стадии разработки радиотехнических систем. Допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях. | Обучающийся демонстрирует полное соответствие следующих знаний: стадии и процедуры процесса проектирования, особенности проектных процедур при предпроектной стадии разработки радиотехнических систем. Свободно оперирует приобретенными знаниями. |
| **уметь:** применять программные продукты САПР при проектировании радиотехнических систем | Обучающийся не умеет или в недостаточной степени умеет применять программные продукты САПР при проектировании радиотехнических систем | Обучающийся демонстрирует неполное соответствие следующих умений: применять программные продукты САПР при проектировании радиотехнических систем. Допускаются значительные ошибки, проявляется недостаточность умений, по ряду показателей, обучающийся | Обучающийся демонстрирует частичное соответствие следующих умений: применять программные продукты САПР при проектировании радиотехнических систем. Умения освоены, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, | Обучающийся демонстрирует полное соответствие следующих умений: применять программные продукты САПР при проектировании радиотехнических систем. Свободно оперирует приобретенными умениями, применяет их в ситуациях повышенной сложности. |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | | испытывает значительные затруднения при оперировании умениями при их переносе на новые ситуации. | переносе умений на новые, нестандартные ситуации. | |
| **владеть:** практическим опытом работы в программах автоматизированного проектирования | Обучающийся не владеет или в недостаточной степени владеет практическим опытом работы в программах автоматизированного проектирования | Обучающийся не в полностью владеет практическим опытом работы в программах автоматизированного проектирования. Обучающийся испытывает значительные затруднения при применении навыков в новых ситуациях. | Обучающийся частично владеет практическим опытом работы в программах автоматизированного проектирования. Навыки освоены, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе умений на новые, нестандартные ситуации. | Обучающийся в полном объеме владеет практическим опытом работы в программах автоматизированного проектирования. Свободно применяет полученные навыки в ситуациях повышенной сложности. |

**Шкала оценивания промежуточной аттестации: курсовой проект**

| Шкала оценивания | Описание |
|---|---|
| Отлично | Набрано 85 и более баллов. Студент демонстрирует соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателям, оперирует приобретенными знаниями, умениями, навыками, применяет их в ситуациях повышенной сложности, не испытывает затруднений при аналитических операциях, переносе знаний и умений на новые, нестандартные ситуации. |
| Хорошо | Набрано от 70 до 84 баллов. Студент демонстрирует частичное соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателям, оперирует приобретенными знаниями, умениями, навыками, применяет их в ситуациях повышенной сложности. При этом могут быть допущены незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе знаний и умений на новые, нестандартные ситуации. |
| Удовлетворительно | Набрано от 51 до 69 баллов. Студент демонстрирует неполное соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателям, допускаются значительные ошибки, проявляется отсутствие знаний, умений, навыков по ряду показателей, студент испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями и умениями при их переносе на новые ситуации |
| Неудовлетворительно | Набрано менее 50 баллов. Студент демонстрирует полное отсутствие или недостаточное соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателям, допускаются значительные ошибки, проявляется отсутствие знаний, умений, |

| | |
|---|---|
| | навыков по ряду показателей, студент не может оперировать знаниями и умениями при их переносе на новые ситуации. |

**Шкала оценивания промежуточной аттестации:** экзамен

| Шкала оценивания | Описание |
|---|---|
| Отлично | Выполнены все виды учебной работы, предусмотренные учебным планом. Студент демонстрирует соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателям, оперирует приобретенными знаниями, умениями, навыками, применяет их в ситуациях повышенной сложности, не испытывает затруднений при аналитических операциях, переносе знаний и умений на новые, нестандартные ситуации. |
| Хорошо | Выполнены все виды учебной работы, предусмотренные учебным планом. Студент демонстрирует частичное соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателям, оперирует приобретенными знаниями, умениями, навыками, применяет их в ситуациях повышенной сложности. При этом могут быть допущены незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе знаний и умений на новые, нестандартные ситуации. |
| Удовлетворительно | Выполнены все виды учебной работы, предусмотренные учебным планом. Студент демонстрирует неполное соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателям, допускаются значительные ошибки, проявляется отсутствие знаний, умений, навыков по ряду показателей, студент испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями и умениями при их переносе на новые ситуации. |
| Неудовлетворительно | Не выполнен один или более видов учебной работы, предусмотренных учебным планом. Студент демонстрирует полное отсутствие или недостаточное соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателям, допускаются значительные ошибки, проявляется отсутствие знаний, умений, навыков по ряду показателей, студент не может оперировать знаниями и умениями при их переносе на новые ситуации. |

**Шкала оценивания текущего контроля**

| Наименование контроля результатов обучения | Шкала оценивания | Описание |
|---|---|---|
| Выполнение и защита практических работ | Зачтено: набрано 2 и более баллов<br>Незачтено: набрано 1 и менее баллов<br>Критерии оценивания | В качестве форм текущего контроля знаний студентов используются отчеты по практическим работам. Отчет по практической работе содержит, графическую часть в программе KiCad. |

| | | |
|---|---|---|
| | Общий балл при оценке складывается из следующих показателей:<br>1) оформление работы соответствует требованиям ЕСКД – 1 балл;<br>2) отсутствуют ошибки в проекте KiCad – 1 балл;<br>3) правильный ответ на один вопрос (при защите задаётся 1 вопрос) – 1 балл. | Защита отчета осуществляется индивидуально. Студентом предоставляется оформленный отчет. Оценивается качество оформления, правильность расчетов и выводов. Студенты не выполнившие работу к защите не допускаются. |

### 7.3 Оценочные средства

7.3.1 Текущий контроль

**Примеры вопросов к работам №1-8:**

1. Назовите инструменты и их функциональное назначение в САПР KiCAD.
2. В чем заключается методика проектирования печатных плат?
3. Как разрабатываются компоненты принципиальной схемы в библиотеке компонентов?
4. Как разрабатывается принципиальная схема?
5. Что такое ERC?
6. Что такое netlist и его роль?
7. Как создаются посадочные места для компонентов?
8. В каком инструменте и как выполняется сопоставление компонентам посадочных мест?
9. Как разместить посадочные места?
10. Как разработать контур печатной платы?
11. Как выполняется трассировка?
12. Как разрабатывается печатная зона?
13. Что такое DRC?
14. Как формируется визуальное представление и фотошаблон?
15. Назовите порядок разработки печатных плат.

7.3.2 Промежуточная аттестация

**Курсовой проект (КП)**

Задание на курсовое проектирование по дисциплине «САПР радиоэлектронных систем» предусматривает выполнение полного цикла работ по автоматизированному проектированию печатной платы (ПП) и разработке конструкторской документации на электронный модуль (узел, устройство).

В качестве исходных данных студенту дается изображение схемы электрической принципиальной какого-либо электронного устройства, обязательно имеющего в своем составе микроконтроллер, а также перечень компонентов, входящих в схему устройства.

Студент должен выполнить следующие этапы проектирования ПП:

1. Выбрать САПР печатных плат KiCAD для выполнения курсового проекта.

2. При помощи имеющихся средств САПР, используя модели условных графических обозначений элементов создать проект схемы электрической принципиальной. Обозначить

компоненты, сформировать список цепей, выполнить проверку правильности составления схемы.

3. Выполнить сопоставление условных графических обозначений электрорадиоэлементов и посадочных мест компонентов.

4. В редакторе разработки печатных плат выполнить расстановку элементов и трассировку проводников.

5. Сгенерировать необходимые файлы для производства и документы для конструкторской документации.

6. Сформировать заказ на изготовления печатной платы на заводе Резонит.

7.Сформировать спецификацию изделий с указанием стоимости и времени доставки выбранных электрорадиоэлементов.

**Примеры тем для курсовой работы:**

1. Устройство дистанционного управления освещением
2. ИК-приемник сигналов дистанционного управления
3. RGB - контроллер
4. Велоспидометр
5. USB термометр
6. Велокомпьютер
7. Измеритель давления
8. Кодовый замок с одной кнопкой
9. Контроллер доступа на электронных ключах i-Button
10. Кодовый замок

**Типовые вопросы к защите курсового проекта**

| **Текст вопроса** | **Код компетен-ции** |
|---|---|
| 1. Какие рекомендации по оптимальному размещению компонентов на плате для обеспечения наилучшей целостности сигнала и питания? | ПК-1 |
| 2. Как минимизировать длину трасс и углы изгиба при трассировке? | ПК-5 |
| 3. Какие факторы следует учитывать при выборе места для компонентов с высоким тепловыделением? | ПК-1 |
| 4. Какие правила трассировки следует соблюдать для обеспечения надежной работы цепей питания и сигнальных цепей? | ПК-5 |
| 5. Когда необходимо использовать трассы с контролируемым импедансом и как их правильно трассировать? | ПК-1 |
| 6. Как влияют ширина и расстояние между проводниками на характеристики платы? | ПК-5 |
| 7. Какая толщина фольги рекомендуется для внутренних и внешних слоев в зависимости от требований к плате? | ПК-1 |
| 8. Какие материалы используются для изготовления печатных плат и чем они отличаются? | ПК-5 |
| 9. Какие типы слоев (питание, земля, сигнальные) и как они должны быть расположены в многослойной плате? | ПК-1 |
| 10. Какие требования предъявляются к металлизации отверстий? | ПК-5 |
| 11. Как правильно рассчитывать диаметр отверстий для компонентов? | ПК-1 |

| | |
|---|---|
| 12. Какие проблемы могут возникнуть при металлизации отверстий большой толщины платы? | ПК-5 |
| 13. Какие классы точности печатных плат существуют и как они влияют на качество изготовления? | ПК-1 |
| 14. Какие допуски на ширину и расстояние между проводниками, а также на диаметр отверстий допустимы? | ПК-5 |
| 15. Какие проблемы могут возникнуть при несоблюдении допусков? | ПК-1 |

**Перечень вопросов к экзамену**

| **Текст вопроса** | **Код компетен-ции** |
|---|---|
| 1. Назовите инструменты и их функциональное назначение в САПР KiCAD. | ПК-1 |
| 2. В чем заключается методика проектирования печатных плат? | ПК-5 |
| 3. Как разрабатываются компоненты принципиальной схемы в библиотеке компонентов? | ПК-1 |
| 4. Как разрабатывается принципиальная схема? | ПК-5 |
| 5. Что такое ERC? | ПК-1 |
| 6. Что такое netlist и его роль? | ПК-5 |
| 7. Как создаются посадочные места для компонентов? | ПК-1 |
| 8. В каком инструменте и как выполняется сопоставление компонентам посадочных мест? | ПК-5 |
| 9. Как разместить посадочные места? | ПК-1 |
| 10. Как разработать контур печатной платы? | ПК-5 |
| 11. Как выполняется трассировка? | ПК-1 |
| 12. Как разрабатывается печатная зона? | ПК-5 |
| 13. Что такое DRC? | ПК-1 |
| 14. Как формируется визуальное представление и фотошаблон? | ПК-5 |
| 15. Назовите порядок разработки печатных плат. | ПК-1 |
| 16. Какие рекомендации по оптимальному размещению компонентов на плате для обеспечения наилучшей целостности сигнала и питания? | ПК-5 |
| 17. Как минимизировать длину трасс и углы изгиба при трассировке? | ПК-1 |
| 18. Какие факторы следует учитывать при выборе места для компонентов с высоким тепловыделением? | ПК-5 |
| 19. Какие правила трассировки следует соблюдать для обеспечения надежной работы цепей питания и сигнальных цепей? | ПК-1 |
| 20. Когда необходимо использовать трассы с контролируемым импедансом и как их правильно трассировать? | ПК-5 |
| 21. Как влияют ширина и расстояние между проводниками на характеристики платы? | ПК-1 |
| 22. Какая толщина фольги рекомендуется для внутренних и внешних слоев в зависимости от требований к плате? | ПК-5 |
| 23. Какие материалы используются для изготовления печатных плат и чем они отличаются? | ПК-1 |
| 24. Какие типы слоев (питание, земля, сигнальные) и как они должны быть расположены в многослойной плате? | ПК-5 |
| 25. Какие требования предъявляются к металлизации отверстий? | ПК-1 |
| 26. Как правильно рассчитывать диаметр отверстий для компонентов? | ПК-5 |

| | |
|---|---|
| 27. Какие проблемы могут возникнуть при металлизации отверстий большой толщины платы? | ПК-1 |
| 28. Какие классы точности печатных плат существуют и как они влияют на качество изготовления? | ПК-5 |
| 29. Какие допуски на ширину и расстояние между проводниками, а также на диаметр отверстий допустимы? | ПК-1 |
| 30. Какие проблемы могут возникнуть при несоблюдении допусков? | ПК-5 |