

«Утверждаю»



## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

### **Б1.О.02.01 Системы автоматизированного проектирования в электронике**

*(Шифр и полное название дисциплины в соответствии с учебным планом)*

**Направление подготовки:** 11.04.01 Радиотехника

**Направленность (профиль):** Беспроводные технологии в радиотехнических системах и устройствах

**Квалификация (степень):** магистр

**Форма обучения:** очная

**Институт:** агrobiотехнологий и технических систем

**Кафедра:** агроинженерии, мехатронных и радиоэлектронных систем

	очная форма	очно-заочная форма	заочная форма
Курс	I	-	-
Семестр/триместр	1	-	-

Лекции	18	-	-
Лабораторные занятия	36	-	-
Практические (семинарские) занятия	36	-	-
Консультации	не предусмотрены	-	-
Форма(ы) промежуточной аттестации	Экзамен-0,3	-	-
Контроль	9	-	-
Самостоятельная работа	80,7	-	-

**Всего часов:** 180

**Трудоемкость:** 5 зачетных единиц.

## I. ОРГАНИЗАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

### Цель изучения дисциплины:

Целью освоения дисциплины «Системы автоматизированного проектирования в электронике» является формирование у магистров компетенций и систематических знаний в области проектирования и конструирования электронных приборов, устройств и установок передачи, приема и обработки сигналов с применением современных САПР.

### Задачи изучения дисциплины:

Задачами изучения дисциплины «Системы автоматизированного проектирования в электронике» являются: формирование знаний о теоретических основах и возможностях современных САПР; практическое овладение современным программным и информационным обеспечением процессов проектирования электронных изделий; получение навыков инженерной работы;

**Место дисциплины в структуре ОПОП:** реализуется в рамках обязательной части блока Б1, Модуль 2 "Предметно-содержательный".

### Планируемые результаты обучения по дисциплине:

Процесс изучения дисциплины Б1.О.02.01 Системы автоматизированного проектирования в электронике направлен на формирование следующих компетенций: УК-2, ОПК-2, ОПК-3, ОПК-4.

Код компетенции	Индикаторы компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине
УК-2. Способен управлять проектом на всех этапах его жизненного цикла	<b>Знать:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>- методы представления и описания результатов проектной деятельности;</li><li>- методы, критерии и параметры оценки результатов выполнения проекта;</li><li>- принципы, методы и требования, предъявляемые к проектной работе.</li></ul>	<b>Знает:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>- основные форматы представления результатов проектирования в электронике (спецификации, отчеты по верификации, конструкторская и технологическая документация);</li><li>- критерии оценки качества проекта электронного устройства (соответствие ТЗ, энергоэффективность, помехоустойчивость, стоимость производства).</li></ul>
	<b>Уметь:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>- формировать план-график реализации проекта в целом и план</li></ul>	<b>Умеет:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>- разрабатывать календарный план проектирования элек-</li></ul>

	<p>контроля его выполнения;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- организовывать и координировать работу участников проекта, обеспечивать работу команды необходимыми ресурсами.</li> </ul>	<p>тронного устройства, выделяя этапы (схемотехническое проектирование, моделирование, трассировка печатной платы, подготовка к производству);</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- определять необходимые ресурсы для каждого этапа (вычислительные мощности, лицензии САПР, доступ к компонентным базам).</li> </ul>
	<p><b>Владеть:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- навыками представления публично результатов проекта (или отдельных его этапов) в форме отчетов, статей, выступлений на научно-практических конференциях.</li> </ul>	<p><b>Владеет:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- навыком оформления отчета о проекте, включающего результаты моделирования, схемы, разводку печатной платы и выводы о соответствии техническому заданию;</li> <li>- навыком подготовки презентации, демонстрирующей ключевые решения и характеристики разработанного устройства.</li> </ul>
<p>ОПК-2. Способен применять современные методы исследования, представлять и аргументировано защищать результаты выполненной работы</p>	<p><b>Знать:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- методы синтеза и исследования моделей</li> </ul>	<p><b>Знает:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- методы и алгоритмы, используемые в САПР для синтеза и анализа схем (SPICE-моделирование, синтез топологии печатной платы, тепловое и электромагнитное моделирование).</li> </ul>
	<p><b>Уметь:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- адекватно ставить задачи исследования и оптимизации сложных объектов на основе методов математического моделирования</li> </ul>	<p><b>Умеет:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- формулировать задачи для проведения параметрического анализа и оптимизации характеристик электронной схемы (быстродействие, потребляемая мощность) с помощью инструментов САПР;</li> <li>- ставить задачи для верификации проекта на соответствие техническому заданию.</li> </ul>

	<p><b>Владеть:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- навыками методологического анализа научного исследования и его результатов</li> </ul>	<p><b>Владеет:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- навыками анализа результатов моделирования (топология, диаграммы, отчеты) для оценки корректности работы проекта и выявления ошибок проектирования.</li> </ul>
ОПК-3. Способен приобретать и использовать новую информацию в своей предметной области, предлагать новые идеи и подходы к решению инженерных задач	<p><b>Знает:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- принципы построения локальных и глобальных компьютерных сетей, основы Интернет-технологий, типовые процедуры применения проблемно-ориентированных прикладных программных средств при решении инженерных задач</li> </ul>	<p><b>Знает:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- архитектуру и функциональные возможности современных САПР для сквозного проектирования в электронике (например, Altium Designer, Cadence, KiCad);</li> <li>- принципы работы с сетевыми лицензиями и облачными сервисами для коллективной работы над проектом.</li> </ul>
	<p><b>Умеет:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- находить и критически анализировать информацию, использовать современные информационные и компьютерные технологии, средства коммуникаций, способствующие повышению эффективности научной сферы деятельности.</li> </ul>	<p><b>Умеет:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- осуществлять поиск и выбор актуальных компонентов по электронным базам данных (компонентные базы САПР, сайты производителей);</li> <li>- использовать средства коллективной работы (системы контроля версий, облачные хранилища) для ведения проекта.</li> </ul>
	<p><b>Владеет:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- методами математического моделирования радиотехнических устройств и систем, технологических процессов с использованием современных информационных технологий</li> </ul>	<p><b>Владеет:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- практическими навыками сквозного проектирования электронного устройства в выбранной САПР: от создания принципиальной схемы до трассировки печатной платы и подготовки выходных файлов для производства</li> </ul>
ОПК-4. Способен разрабатывать и применять специализированное программно-математическое обеспечение для проведения исследований и решения инженерных	<p><b>Знает:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- методы расчета, проектирования, конструирования и модернизации радиотехнических устройств и систем с использованием систем</li> </ul>	<p><b>Знает:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- методику проектирования печатных плат, включая правила трассировки, размещения компонентов и обеспечения целостности сигнала (Signal</li> </ul>

задач	автоматизированного проектирования и компьютерных средств	Integrity); - возможности интеграции САПР с другими программными средами (MATLAB, Python) для расширения функционала.
	Умеет: - осуществлять выбор наиболее оптимальных прикладных программных пакетов для решения соответствующих задач в инженерной деятельности	<b>Умеет:</b> - обоснованно выбирать инструменты САПР (для схемотехнического моделирования, для СВЧ-проектирования, для силовой электроники) в зависимости от решаемой задачи; - выбирать адекватные модели компонентов для различных видов анализа (аналоговый, цифровой, смешанный).
	Владеет: - современными программными средствами моделирования, оптимального проектирования и конструирования радиотехнических устройств и систем различного функционального назначения	<b>Владеет:</b> - навыками работы в одной из современных профессиональных или свободно распространяемых САПР на уровне создания законченного проекта; - навыками настройки и проведения ключевых видов имитационного моделирования (имитационного моделирования): transient analysis, AC analysis, DC analysis.

## II. СОДЕРЖАНИЕ И ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

с указанием количества часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу

### Очная форма обучения

№ п/п	Наименование разделов и тем	Всего	Аудиторные занятия			Сам.раб.
			ЛК	ПЗ	ЛБ	
1.	<b>Раздел 1. Введение в САПР</b>	<b>38</b>	<b>6</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>24</b>
2.	Тема 1. САПР. Основные понятия и определения.	10	2	-	-	8
3.	Тема 2. Структура САПР. Классификация САПР. Жизненный цикл изделий.	10	2	-		8
4.	Тема 3. Модели и их параметры в САПР.	18	2	4	4	8
5.	<b>Раздел 2. Проектирование печатных плат</b>	<b>132,7</b>	<b>12</b>	<b>32</b>	<b>32</b>	<b>56,7</b>
6.	Тема 4. Печатные платы и печатный монтаж.	18	2	4	4	8
7.	Тема 5. Расчет электрических параметров печатных плат	18	2	4	4	8
8.	Тема 6. Автоматизация проектирования печатных плат.	18	2	4	4	8
9.	Тема 7. Разработка схем в системе автоматизации проектирования печатных плат.	20	2	4	6	8
10.	Тема 8. Корпуса микросхем и способы монтажа. Создание посадочных мест.	18	2	4	4	8
11.	Тема 9. Система сквозного проектирования печатных плат.	18	2	4	4	8
12.	Тема 10. Решение задач размещения ЭРЭ и трассировки печатного монтажа.	22,7	-	8	6	8,7
13.	Контроль	9				
14.	Экзамен	0,3				
15.	Итого за <u>1</u> семестр	180	36	36	36	80,7
16.	<b>ИТОГО:</b>	<b>180</b>	<b>18</b>	<b>36</b>	<b>36</b>	<b>80,7</b>

**Очно-заочная форма обучения (не реализуется)**

**Заочная форма обучения (не реализуется)**

### **III. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕЙ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

Оценка освоения обучающимися содержания дисциплины (модуля) включает текущий контроль успеваемости и промежуточную аттестацию обучающихся.

Внутрисеместровая аттестация проводится в форме письменной контрольной работы.

#### **Контрольные задания**

1. Этапы проектирования РЭС.
2. Уровни РЭС.
3. Задачи схемотехнического проектирования.
4. Понятие технологического процесса проектирования.
5. Задачи синтеза и задачи анализа при проектировании РЭС. Использование САПР.
6. Функциональный уровень проектирования
7. Конструкторский уровень проектирования
8. Технологический уровень проектирования
9. Методы оптимизации проектных решений
10. Проектирование структурной схемы радиоэлектронной системы
11. Программные средства автоматизированных систем
12. Техническое обеспечение систем автоматизированного проектирования
13. Виды обеспечения прикладных программ
14. Структура технического обеспечения
15. Аппаратура рабочих мест в автоматизированных системах проектирования
16. Связь аппаратуры с технологическим оборудованием
17. Проектирование отдельных узлов принципиальной схемы РЭС с использованием системы автоматизированного проектирования

Промежуточная аттестация обучающихся – оценивание промежуточных и окончательных результатов обучения по дисциплинам (модулям) осуществляется в форме экзамена с использованием следующих оценочных материалов:

#### **Вопросы к экзамену ( 1 семестр, очная форма обучения)**

1. Основные виды электронной конструкторской документации. Электронная модель изделия и ее состав.
2. История развития САПР в машиностроении. Характеристика этапов развития.
3. История развития САПР в электронике. Характеристика этапов развития.
4. Автоматизация проектирования на функционально-логическом и системном уровнях. Языки проектирования (design language).

5. Структура САПР. Виды обеспечения САПР.
6. Отличие понятия САПР в международном и российском контексте. Характеристики САПР трех классов (тяжелые, средние, легкие). Основные задачи САПР в ближайшей перспективе. CALS технологии.
7. Классификация САПР по приложениям и по характеру базовой подсистемы.
8. Классификация САПР по целевому назначению и по масштабам.
9. Классификационные характеристики систем автоматизированного проектирования по отдельным особенностям программных решений (по возможности обмена информацией, по способу создания изменяемых прототипов). Отличия параметрических и адаптивно изменяемых элементов геометрических элементов.
10. Жизненный цикл продукта основное определение и структура. Применение CALS технологий.
11. Жизненный цикл продукта. Процесс разработки. Основные процедуры, попадающие в область задач CAD и CAE.
12. Жизненный цикл продукта. Процесс производства. Основные процедуры, попадающие в область задач CAM.
13. Основные типы автоматизированных систем с их привязкой к тем или иным этапам жизненного цикла изделий.
14. Жизненный цикл продукта. Информационная поддержка этапа подготовки производства.
15. Жизненный цикл продукта. Система управления жизненным циклом продукции PLM.
16. Типовая структура промышленного предприятия. Преимущества применения компьютерной технологии проектирования и технологической подготовки производства.
17. Виды моделей в САПР. Математические модели
18. Виды моделей в САПР. Информационные модели. Входные и выходные параметры.
19. Виды моделей в САПР. Геометрическая модель. Методы трехмерного моделирования.
20. Методы трехмерного моделирования. Каркасное (проволочное) моделирование. Поверхностное (полигональное) моделирование. Задачи и области применения методов.
21. Методы трехмерного моделирования деталей. Концепция твердотельного (сплошного, объемного) моделирование. Способы построения твердотельных примитивов и методы проектирования.
22. Твердотельное моделирование. Твердотельная модель преимущества и недостатки. Группы методов создания трехмерных твердотельных моделей деталей.
23. Сборка в CAD системах определение и назначение. Способы проектирования сборок - «сверху вниз», «снизу вверх», смешанный.
24. Сборка в CAD системах определение и назначение. Классификация трехмерных сборок по количеству компонентов.

- 25.Сверхбольшие трехмерные сборки. Требования, предъявляемые к элементам сверхбольшой трехмерной сборки. Программные решения в CAD и PDM-системах для работы с СТС.
- 26.Проектирование печатных плат. Общие сведения о печатном монтаже. Конструкционные материалы для производства печатных плат и их характеристики
- 27.Методы изготовления печатных плат. Методы создания рисунка печатного монтажа.
- 28.Классификация печатных плат. Общие требования к печатным платам.
- 29.Проектирование печатных плат. Задачи конструирования печатных плат.
- 30.Проектирование печатных плат. Основные правила конструирования печатных плат.
- 31.Конструктивные особенности печатных плат. Классы точности печатных плат.
- 32.Проектирование рисунка проводников печатных плат. Паяемость.
- 33.Расчет электрических параметров печатных плат. Взаимосвязанные задачи при разработке конструкции печатных плат. Сопротивление проводника. Постоянный ток в проводниках. Падение напряжения на печатных проводниках. Переменный ток в печатных проводниках. Емкости.
- 34.Тест-контроль печатных плат. Автоматизация проектирования печатных плат. Корпуса микросхем классификация.
- 35.Маршрут проектирования электронного средства. Алгоритм создания посадочного места. Маршрут размещения электронного компонента.
- 36.Методы получения моделей элементов. Методика макро моделирования.
- 37.Методы планирования экспериментов. Регрессионный анализ. Математические модели объектов проектирования на микроуровне.
- 38.Основные уравнения математической физики, используемые в моделях проектируемых объектов. Формы представления моделей.
- 39.Общая характеристика задач автоматизации конструкторского проектирования РЭС. Алгоритм имитационного моделирования процесса изготовления изделий РЭС.
40. Понятия и определение CAD и CAE систем. Возможности анализа в CAE системах. Классификация CAE.

## **IV. ПЕРЕЧЕНЬ ЛИТЕРАТУРЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **4.1. Основная литература**

1. Проектирование РЭС: CAD/CAM/CAE/PDM : учебное пособие / В. В. Сускин, В. Ф. Шевченко, В. В. Коваленко [и др.]. – 2-е изд., испр. – Москва : Национальный Открытый Университет «ИНТУИТ», 2016. – 436 с. : схем., табл., ил. – Режим доступа: по подписке. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=429876> (дата обращения: 12.02.2025). – Библиогр. в кн. – Текст : электронный.
2. Жигалова, Е. Ф. Автоматизация конструкторского и технологического проектирования : учебное пособие / Е. Ф. Жигалова ; Томский Государственный университет систем управления и радиоэлектроники (ТУСУР). – Томск : ТУСУР, 2016. – 201 с. : ил., табл., схем. –

Режим доступа: по подписке. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=480810> (дата обращения: 18.03.2025). – Библиогр.: с. 196-197. – Текст : электронный.

#### 4.2. Дополнительная литература

1. Малюков, С. П. Основы конструирования и технологии электронных средств : учебное пособие / С. П. Малюков, А. В. Палий, А. В. Саенко ; Южный федеральный университет, Южный федеральный университет, Инженерно-технологическая академия. – Ростов-на-Дону ; Таганрог : Южный федеральный университет, 2017. – 106 с. : ил. – Режим доступа: по подписке. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=499756> (дата обращения: 25.03.2025). – Библиогр. в кн. – ISBN 978-5-9275-2725-0. – Текст : электронный.
2. Конструирование и технология производства приборов и систем : учебное пособие : [16+] / П. П. Пивнев, С. П. Тарасов, И. А. Кириченко, А. П. Волощенко ; Южный федеральный университет. – Ростов-на-Дону ; Таганрог : Южный федеральный университет, 2019. – 144 с. : ил., табл., схем. – Режим доступа: по подписке. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=577801> (дата обращения: 22.03.2025). – Библиогр. в кн. – ISBN 978-5-9275-3311-4. – Текст : электронный.

### У. ПЕРЕЧЕНЬ РЕСУРСОВ ИНФОРМАЦИОННО-ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ «ИНТЕРНЕТ», НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

№ пп	Ссылка на информационный ресурс	Наименование разработки в электронной форме	Доступность
1.	<a href="https://docs.kicad.org/">https://docs.kicad.org/</a>	Документация и уроки по САПР KiCad EDA	Свободный доступ
2.	<a href="http://radio-hobby.org/modules/instruction/diptrace-pcb-layout">http://radio-hobby.org/modules/instruction/diptrace-pcb-layout</a>	Документация по работе с САПР DipTrace	Свободный доступ

### У. СОВРЕМЕННЫЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫЕ БАЗЫ ДАННЫХ И ИНФОРМАЦИОННЫЕ СПРАВОЧНЫЕ СИСТЕМЫ

1.	<a href="http://www.biblioclub.ru">http://www.biblioclub.ru</a>	Электронно-библиотечная система (ЭБС) Университетская библиотека онлайн	Регистрация через любой университетский компьютер. В дальнейшем предоставляется неограниченный индивидуальный доступ из любой точки, в которой имеется доступ к сети Интернет
2.	<a href="http://www.elibrary.ru">www.elibrary.ru</a>	Российский информационный портал в области науки, технологии, медицины и образования	Свободный доступ

## **VII. ЛИЦЕНЗИОННОЕ И СВОБОДНО РАСПРОСТРАНЯЕМОЕ ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ**

- Microsoft Windows;
- Microsoft Office;
- LibreOffice и др.
- Octave - свободная система для математических вычислений. Срок действия лицензии: бессрочно.
- Micro-Cap — SPICE-подобная программа для аналогового и цифрового моделирования электрических и электронных цепей с интегрированным визуальным редактором. Имеется бесплатная студенческая версия (demo).
- САПР KiCad EDA – свободно распространяемое ПО;
- САПР DipTrace – бесплатная версия.

## **VIII. ОБОРУДОВАНИЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА ОБУЧЕНИЯ, НЕОБХОДИМЫЕ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

Занятия проводятся в учебных аудиториях, укомплектованных специализированной мебелью, в том числе техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории (проектор, экран, компьютер/ноутбук).

Практические и лабораторные занятия проводятся в специализированных лабораториях