

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Смоленский государственный университет»

Кафедра физики и технических дисциплин

*«Утверждаю»*  
Проректор по учебно-методической работе

\_\_\_\_\_ Ю.А. Устименко  
«09» сентября 2022 г.

**Рабочая программа дисциплины**  
**Б1.О.29 Основы компьютерного проектирования и**  
**моделирования радиоэлектронных средств**

Направление подготовки: **11.03.01 Радиотехника**

Направленность (профиль): **Радиоэлектронные системы и комплексы**

Форма обучения: очная

Курс – 3,4

Семестр – 6,7

Всего зачетных единиц – 10, часов – 360

Форма отчетности: экзамен – 6,7 семестр

Программу разработал: кандидат технических наук, доцент Протасов А.В.

Одобрена на заседании кафедры  
«02» сентября 2021 г., протокол № 1

Смоленск  
2021

## 1. Место дисциплины в структуре ОП

Дисциплина «Основы компьютерного проектирования и моделирования радиоэлектронных средств» включена в обязательную образовательной программы по направлению подготовки 11.03.01 Радиотехника (направленность (профиль) – Радиоэлектронные системы и комплексы).

Содержание дисциплины «Основы компьютерного проектирования и моделирования радиоэлектронных средств» находится в содержательно-методической взаимосвязи с такими дисциплинами, как «Физика», «Основы электроники и схемотехники», «Устройства приема и преобразования сигналов», «Электромагнитные поля и волны, электродинамика и распространение радиоволн», «Основы теории радиосистем передачи информации, управления и радиоэлектронной борьбы», а также с учебной (ознакомительной) практикой.

Для освоения дисциплины «Основы компьютерного проектирования и моделирования радиоэлектронных средств» студент должен обладать базовыми знаниями и умениями, полученными в результате изучения таких дисциплин, как «Физика», «Основы электроники и схемотехники» а также учебной (ознакомительной) практики.

В результате изучения дисциплины «Основы компьютерного проектирования и моделирования радиоэлектронных средств» студенты приобретают знания в области применения пакетов прикладных программ по компьютерному моделированию и проектированию радиоэлектронных средств (РЭС), использования различных методов расчета узлов и РЭС. Эти знания необходимы для изучения дисциплин «Цифровая обработка сигналов», «Программирование цифровой электроники», «Цифровые системы передачи информации», «Мобильные системы передачи информации», а также прохождения производственной (технологической (проектно-технологической)) практики, преддипломной практики, и выполнении выпускной квалификационной работы.

## 2. Планируемые результаты обучения по дисциплине

| <b>Компетенция</b>   | <b>Индикаторы достижения</b>  |
|--|---|
| <b>ОПК-5.</b> Способен разрабатывать алгоритмы и компьютерные программы, пригодные для практического применения  | <b>Знать:</b> методы алгоритмизации, языки и технологии программирования, пригодные для практического применения.<br><b>Уметь:</b> применять методы алгоритмизации, языки и технологии программирования при решении профессиональных задач.<br><b>Владеть:</b> навыками программирования, отладки и тестирования прототипов программно-технических комплексов задач |
| <b>ПК-1.</b> Способен выполнять математическое моделирование объектов и процессов по типовым методикам, в том числе с использованием стандартных пакетов прикладных программ                           | <b>Знать:</b> основные методы и типовые методики математического моделирования объектов и процессов<br><b>Уметь:</b> строить физические и математические модели моделей, узлов, блоков радиотехнических устройств и систем<br><b>Владеть:</b> навыками компьютерного моделирования  |
| <b>ПК-3.</b> Способен выполнять расчет и проектирование деталей, узлов и устройств радиотехнических систем в соответствии с техническим заданием с использованием средств автоматизации проектирования | <b>Знать:</b> принципы конструирования отдельных деталей, узлов и устройств радиотехнических систем<br><b>Уметь:</b> проводить оценочные расчеты характеристик деталей, узлов и устройств радиотехнических систем<br><b>Владеть:</b> навыками подготовки принципиальных и монтажных электрических схем  |
| <b>ПК-4.</b> Способен осуществлять контроль соответствия   | <b>Знать:</b> принципы построения технического задания при разработке деталей, узлов и устройств  |

|   |  |
|---|--|
| <p>разрабатываемых проектов и технической документации стандартам, техническим условиям и другим нормативным документам</p> | <p>радиотехнических систем<br/> <b>Уметь:</b> использовать нормативные и справочные данные при разработке проектно-конструкторской документации<br/> <b>Владеть:</b> навыками оформления проектно-конструкторской документации в соответствии со стандартами</p> |
|---|--|

### 3. Содержание дисциплины

#### 6 семестр

**Основные способы, задачи и процессы автоматизированного компьютерного проектирования РЭС.** Содержание, цели и задачи курса. Общая характеристика РЭС. Основные сведения о процессе проектирования РЭС. Основные задачи, способы и методы процесса проектирования РЭС. Уровни проектирования РЭС. Основные проектные процедуры. Основные стадии проектирования. Основные этапы автоматизированного проектирования принципиальных схем РЭС. Моделирование в процессе проектирования РЭС. Аналитическое и имитационное компьютерное моделирование. Основные понятия теории моделирования радиотехнических систем.

**Современные системы компьютерного проектирования и моделирования РЭС.** Информационные технологии проектирования и моделирования. Общая структура типовой САПР. Объекты проектирования. Общая характеристика САПР схемотехнического проектирования и моделирования. Особенности моделирования радиотехнических схем. Способы создания научно-технических отчетов, научно-технической документации, публикаций и заявок на патенты.

**Основные характеристики и способы построения моделей схем и компонентов схем РЭС.** Классификация моделей РЭС и радиоэлектронных схем. Основные параметры моделей и методы оценки точности результатов моделирования и качества модели.

#### 7 семестр

**Модели компонентов РЭС для автоматизированного проектирования.** Модели зависимых и независимых источников напряжения и тока. Модели пассивных радиокомпонентов (резистор, конденсатор, катушка индуктивности, трансформатор). Модели полупроводниковых приборов (полупроводниковый диод, биполярный транзистор, полевой транзистор, операционный усилитель).

**Алгоритмы и модели схемотехнического моделирования и проектирования РЭС.** Цели и задачи схемотехнического моделирования. Основные сведения о моделировании статического режима. Основные численные методы расчета ММ в статическом режиме. Моделирование статического режима при формировании математической модели схемы в базисе узловых потенциалов. Виды моделей схемы при расчете переходных процессов. Основные численные методы расчета ММ при моделировании переходных процессов. Моделирование переходных процессов в схеме при формировании ее математической модели в базисе узловых потенциалов. Частотные характеристики схемы, цели моделирования. Способы моделирования частотных характеристик. Моделирование частотных характеристик схемы при формировании ее математической модели в базисе узловых потенциалов.

**Анализ чувствительности и шумов радиоэлектронных схем.** Понятие чувствительности, цели ее анализа. Методы расчета чувствительности. Анализ устойчивости схем РЭС. Анализ шумов радиоэлектронных схем.

**Анализ выходных параметров схем и их оптимизация.** Основные выходные параметры схем и методы их анализа. Методы учета дестабилизирующих факторов.

Параметрическая оптимизация. Критерии оптимальности. Стратегия решения задачи оптимального проектирования РЭС.

**Алгоритмы и модели проектирования РЭС на функциональном уровне.** Общие сведения о моделировании РЭС на функциональном уровне. Типовые элементы функциональных схем и способы их моделирования. Основные типы структур функциональных схем. Методы и средства моделирования РЭС на функциональном уровне.

#### 4. Тематический план

| № п/п            | Разделы и темы   | Всего часов | Формы занятий |                      |                        |
|------------------|--|-------------|---------------|----------------------|------------------------|
|                  |  |             | Лекции        | Лабораторные занятия | Самостоятельная работа |
| <b>6 семестр</b> |  |             |               |                      |                        |
| <b>1.</b>        | <b>Основные способы, задачи и процессы автоматизированного компьютерного проектирования РЭС.</b>   | <b>58</b>   | <b>6</b>      | <b>18</b>            | <b>34</b>              |
| 1.1              | Содержание, цели и задачи курса. Общая характеристика РЭС. Основные сведения о процессе проектирования РЭС. Основные задачи, способы и методы процесса проектирования РЭС.                                       | 20          | 2             | 6                    | 12                     |
| 1.2.             | Уровни проектирования РЭС. Основные проектные процедуры. Основные стадии проектирования. Основные этапы автоматизированного проектирования принципиальных схем РЭС. Моделирование в процессе проектирования РЭС. | 19          | 2             | 6                    | 11                     |
| 1.3.             | Аналитическое и имитационное компьютерное моделирование. Основные понятия теории моделирования радиотехнических систем.  | 19          | 2             | 6                    | 11                     |
| <b>2.</b>        | <b>Современные системы компьютерного проектирования и моделирования РЭС.</b>   | <b>57</b>   | <b>6</b>      | <b>18</b>            | <b>33</b>              |
| 2.1.             | Информационные технологии проектирования и моделирования. Общая структура типовой САПР. Объекты проектирования.  | 19          | 2             | 6                    | 11                     |
| 2.2              | Общая характеристика САПР схемотехнического проектирования и моделирования. Особенности моделирования радиотехнических схем.   | 19          | 2             | 6                    | 11                     |
| 2.3.             | Способы создания научно-технические отчетов, научно-технической документации, публикаций и заявок на патенты.  | 19          | 2             | 6                    | 11                     |
| <b>3.</b>        | <b>Основные характеристики и способы построения моделей схем и</b>   | <b>38</b>   | <b>4</b>      | <b>12</b>            | <b>22</b>              |

|                  |   |            |           |           |            |
|------------------|---|------------|-----------|-----------|------------|
|                  | <b>компонентов схем РЭС.</b>  |            |           |           |            |
| 3.1.             | Классификация моделей РЭС и радиоэлектронных схем. Общие сведения о моделях РЭС и радиоэлектронных схем.  | 19         | 2         | 6         | 11         |
| 3.2              | Основные параметры моделей и методы оценки точности результатов моделирования и качества модели.  | 19         | 2         | 6         | 11         |
|                  | <b>Подготовка к экзамену</b>  | <b>27</b>  |           |           | <b>27</b>  |
|                  | <b>Итого за семестр</b>   | <b>180</b> | <b>16</b> | <b>48</b> | <b>116</b> |
| <b>7 семестр</b> |   |            |           |           |            |
| <b>4</b>         | <b>Модели компонентов РЭС для автоматизированного проектирования.</b>   | <b>21</b>  | <b>6</b>  | <b>–</b>  | <b>15</b>  |
| 4.1              | Модели зависимых и независимых источников напряжения и тока.  | 7          | 2         | –         | 5          |
| 4.2              | Модели пассивных радиокомпонентов (резистор, конденсатор, катушка индуктивности, трансформатор).  | 7          | 2         | –         | 5          |
| 4.3              | Модели полупроводниковых приборов (полупроводниковый диод, биполярный транзистор, полевой транзистор, операционный усилитель).  | 7          | 2         | –         | 5          |
| <b>5</b>         | <b>Алгоритмы и модели схемотехнического моделирования и проектирования РЭС.</b>   | <b>45</b>  | <b>10</b> | <b>12</b> | <b>23</b>  |
| 5.1              | Цели и задачи схемотехнического моделирования. Основные сведения о моделировании статического режима.   | 7          | 2         | –         | 5          |
| 5.2              | Основные численные методы расчета ММ в статическом режиме. Моделирование статического режима при формировании математической модели схемы в базисе узловых потенциалов. | 13         | 2         | 6         | 5          |
| 5.3              | Виды моделей схемы при расчете переходных процессов. Основные численные методы расчета ММ при моделировании переходных процессов.                                       | 7          | 2         | –         | 5          |
| 5.4              | Моделирование переходных процессов в схеме при формировании ее математической модели в базисе узловых потенциалов. Частотные характеристики схемы, цели моделирования.  | 13         | 2         | 6         | 5          |
| 5.5              | Способы моделирования частотных характеристик. Моделирование частотных характеристик схемы при формировании ее математической модели в базисе узловых потенциалов.      | 5          | 2         | –         | 3          |

|     |   |            |           |           |            |
|-----|---|------------|-----------|-----------|------------|
| 6   | <b>Анализ чувствительности и шумов радиоэлектронных схем.</b>   | <b>34</b>  | <b>6</b>  | <b>18</b> | <b>10</b>  |
| 6.1 | Понятие чувствительности, цели ее анализа. Методы расчета чувствительности.   | 12         | 2         | 6         | 4          |
| 6.2 | Анализ устойчивости схем РЭС.   | 11         | 2         | 6         | 3          |
| 6.3 | Анализ шумов радиоэлектронных схем.   | 11         | 2         | 6         | 3          |
| 7   | <b>Анализ выходных параметров схем и их оптимизация.</b>  | <b>27</b>  | <b>6</b>  | <b>6</b>  | <b>15</b>  |
| 7.1 | Основные выходные параметры схем и методы их анализа. Методы учета дестабилизирующих факторов.                                | 7          | 2         | –         | 5          |
| 7.2 | Параметрическая оптимизация. Критерии оптимальности.  | 7          | 2         | –         | 5          |
| 7.3 | Стратегия решения задачи оптимального проектирования РЭС.   | 13         | 2         | 6         | 5          |
| 8   | <b>Алгоритмы и модели проектирования РЭС на функциональном уровне.</b>  | <b>26</b>  | <b>4</b>  | <b>12</b> | <b>10</b>  |
| 8.1 | Общие сведения о моделировании РЭС на функциональном уровне. Типовые элементы функциональных схем и способы их моделирования. | 13         | 2         | 6         | 5          |
| 8.2 | Основные типы структур функциональных схем. Методы и средства моделирования РЭС на функциональном уровне.                     | 13         | 2         | 6         | 5          |
|     | <b>Подготовка к экзамену</b>  | <b>27</b>  | <b>–</b>  | <b>–</b>  | <b>27</b>  |
|     | <b>Итого за семестр</b>   | <b>180</b> | <b>32</b> | <b>48</b> | <b>100</b> |
|     | <b>ИТОГО</b>  | <b>360</b> | <b>48</b> | <b>96</b> | <b>216</b> |

## 5. Виды образовательной деятельности

### Занятия лекционного типа

#### 6 семестр

**Лекция №1.** *Содержание, цели и задачи курса.* Общая характеристика РЭС. Основные сведения о процессе проектирования РЭС. Основные задачи, способы и методы процесса проектирования РЭС.

**Лекция №2.** *Уровни проектирования РЭС.* Основные проектные процедуры. Основные стадии проектирования. Основные этапы автоматизированного проектирования принципиальных схем РЭС. Моделирование в процессе проектирования РЭС.

**Лекция №3.** *Аналитическое и имитационное компьютерное моделирование.* Основные понятия теории моделирования радиотехнических систем.

**Лекция №4.** *Современные системы компьютерного проектирования и моделирования РЭС.* Информационные технологии проектирования и моделирования. Общая структура типовой САПР. Объекты проектирования.

**Лекция №5.** *Общая характеристика САПР схемотехнического проектирования и моделирования.* Особенности моделирования радиотехнических схем.

**Лекция №6.** *Способы создания научно-технические отчетов, научно-технической документации, публикаций и заявок на патенты.* Порядок создания научно-технические отчетов, научно-технической документации, публикаций и заявок на патенты.

**Лекция №7.** Основные характеристики и способы построения моделей схем и компонентов схем РЭС. Классификация моделей РЭС и радиоэлектронных схем. Общие сведения о моделях РЭС и радиоэлектронных схем.

**Лекция №8.** Оценки точности результатов моделирования и качества модели. Основные параметры моделей и методы оценки точности результатов моделирования и качества модели.

## **7 семестр**

**Лекция №1.** Модели компонентов РЭС для автоматизированного проектирования. Модели зависимых и независимых источников напряжения и тока.

**Лекция №2.** Модели компонентов РЭС для автоматизированного проектирования. Модели пассивных радиокомпонентов (резистор, конденсатор, катушка индуктивности, трансформатор).

**Лекция №3.** Модели компонентов РЭС для автоматизированного проектирования. Модели полупроводниковых приборов (полупроводниковый диод, биполярный транзистор, полевой транзистор, операционный усилитель).

**Лекция №4.** Алгоритмы и модели схемотехнического моделирования и проектирования РЭС. Цели и задачи схемотехнического моделирования. Основные сведения о моделировании статического режима.

**Лекция №5.** Алгоритмы и модели схемотехнического моделирования и проектирования РЭС. Основные численные методы расчета ММ в статическом режиме. Моделирование статического режима при формировании математической модели схемы в базисе узловых потенциалов.

**Лекция №6.** Алгоритмы и модели схемотехнического моделирования и проектирования РЭС. Виды моделей схемы при расчете переходных процессов. Основные численные методы расчета ММ при моделировании переходных процессов.

**Лекция №7.** Алгоритмы и модели схемотехнического моделирования и проектирования РЭС. Моделирование переходных процессов в схеме при формировании ее математической модели в базисе узловых потенциалов. Частотные характеристики схемы, цели моделирования.

**Лекция №8.** Алгоритмы и модели схемотехнического моделирования и проектирования РЭС. Способы моделирования частотных характеристик. Моделирование частотных характеристик схемы при формировании ее математической модели в базисе узловых потенциалов.

**Лекция №9.** Анализ чувствительности и шумов радиоэлектронных схем. Понятие чувствительности, цели ее анализа. Методы расчета чувствительности.

**Лекция №10.** Анализ чувствительности и шумов радиоэлектронных схем. Анализ устойчивости схем РЭС.

**Лекция №11.** Анализ чувствительности и шумов радиоэлектронных схем. Анализ шумов радиоэлектронных схем.

**Лекция №12.** Анализ выходных параметров схем и их оптимизация. Основные выходные параметры схем и методы их анализа. Методы учета дестабилизирующих факторов.

**Лекция №13.** Анализ выходных параметров схем и их оптимизация. Параметрическая оптимизация. Критерии оптимальности.

**Лекция №14.** Анализ выходных параметров схем и их оптимизация. Стратегия решения задачи оптимального проектирования РЭС.

**Лекция №15.** Алгоритмы и модели проектирования РЭС на функциональном уровне. Общие сведения о моделировании РЭС на функциональном уровне. Типовые элементы функциональных схем и способы их моделирования.

**Лекция №16.** *Алгоритмы и модели проектирования РЭС на функциональном уровне.* Основные типы структур функциональных схем. Методы и средства моделирования РЭС на функциональном уровне.

### **Занятия семинарского типа (лабораторные занятия)**

#### **бсеместр**

**Лабораторная работа №1.** *Изучение возможностей САПР. Интерфейс программы.* (6 часов)

**Цель:** познакомиться с интерфейсом САПР, изучить внешний вид, глобальные настройки, панели инструментов и пункты меню; настройка параметров среды. Узнать, как с помощью проводника компонентов искать необходимые элементы. Познакомиться с информацией, которая отображается в проводнике компонентов.

#### **Задание:**

Изучить интерфейс программы:

- основные положения;
- поиск и размещение компонентов;
- редактор схем;
- создание новой схемы;
- анализ схем.

#### **Контрольные вопросы:**

1. Состав и выполняемые функции САПР.
2. Как создаются различные виды проектов?
3. Как вводится электрическая схема?
4. Как проставляются и обновляются позиционные обозначения элементов?
5. Как выявляются ошибки в схеме?
6. Как производится моделирование Circuit?
7. Как производится моделирование в программе Simulate?
8. Как создаются входные сигналы в программе Simulate?

**Лабораторная работа №2.** *Построение схем электрических принципиальных* (6 часов)

**Цель:** понять различие между реальными, виртуальными, идеальными и интерактивными элементами. Создать схему (включая виртуальные соединения). Познакомиться и установить настройки соединения.

#### **Задание:**

1. Собрать схему заданного устройства, установив параметры элементов схемы согласно исходным данным.
2. Вносить изменения в схему по индивидуальному заданию преподавателя.

#### **Контрольные вопросы:**

1. Как вводится электрическая схема?
2. Как проставляются и обновляются позиционные обозначения элементов?
3. Как выявляются ошибки в схеме?
4. Как создаются иерархические блоки?
5. Как создаются библиотеки и заносятся в них блоки?
6. Как производится моделирование в программе Simulate?
7. Как создаются входные сигналы в программе Simulate?

**Лабораторная работа №3.** *Моделирование заданной цепи переменного тока* (6 часов)

**Цель:** Получить навыки компьютерного моделирования цепи синусоидального тока с активно-реактивными сопротивлениями. Ознакомиться с работой виртуального прибора Бode-плоттер. Получить навыки компьютерного моделирования разветвленной цепи синусоидального тока с активно-реактивными сопротивлениями.



**Задание:**

1. Собрать электрические цепи в соответствии с номером варианта. Измерить падения напряжений на каждом элементе, а также ток в цепи.

2. Изменяя частоту генератора, определить резонансную частоту цепи и вывести на экран Бод-плоттера резонансную кривую.

3. Исследование сложной электрической цепи с активно-реактивными сопротивлениями:

- собрать электрическую цепь в соответствии с номером варианта:

- измерить падение напряжений на каждом элементе цепи и токи в ветвях;

- сформировать файл отчета в MS Word.

**Контрольные вопросы:**

1. Что можно сказать о токе и напряжении в цепи, содержащей только активное сопротивление?

2. Период колебаний:  $T =$

3. Частота колебаний:  $\nu =$

4. Циклическая частота колебаний:  $\omega =$

5. Амплитудное значение напряжения:  $U_m =$

6. Действующее значение напряжения:  $U_d =$

7. Уравнение колебаний напряжения:  $u =$

8. Резонанс токов?

9. Резонанс напряжений?

**Лабораторная работа №4.** *Определение токов и напряжений в заданных цепях постоянного тока (6 часов)*

**Цель:** исследовать виртуальные, математические и физические модели электрических цепей постоянного тока

**Задание:**

1. Исследовать закон Ома для однородного участка электрической цепи;

2. Исследовать закон Ома для замкнутого контура с ЭДС;

3. Исследовать интегральный закон Ома для неоднородного участка с ЭДС;

4. Произвести расчет разветвленной цепи, составленной из трех неоднородных участков с ЭДС по правилам Кирхгофа;

5. Произвести расчет разветвленной цепи методом контурных токов.

**Контрольные вопросы:**

1. Сформулировать закон Ома для участка и для замкнутого контура.

2. Нарисовать схемы с последовательным и параллельным соединением пассивных элементов, указать основные свойства этих соединений, схему со смешанным соединением пассивных элементов; дать порядок расчета этих схем.

3. Нарисовать схемы соединения пассивных элементов звездой и треугольником и объяснить порядок их расчета.

4. Сформулировать первый и второй законы Кирхгофа, объяснить правила знаков.

5. Сформулировать уравнение баланса мощностей.

**Лабораторная работа №5.** *Снятие осциллограмм входных и выходных напряжений (6 часов)*

**Цель:** изучить виртуальный осциллограф, сопоставить результаты, полученные с помощью осциллографа, результаты Transient – анализа.

**Задание:**

1. Моделирование усилительного каскада на биполярном транзисторе.

2. Построение графика зависимости выходного и входного напряжений от времени.

3. Проведение Transient – анализа.

**Контрольные вопросы:**

1. Как изменить размеры осциллографа?
2. Как нанести сетку на экран осциллографа?
3. Как развернуть экран осциллографа на весь экран дисплея?
4. Как восстановить прежнее изображение?
5. Как рассмотреть более подробно часть экрана Transient Analysis?
6. Как изменить время моделирования (симуляции), т. е. время, в течение которого производится моделирование процессов?
7. Как изменить шаг моделирования (модельного времени)?
8. Как запустить моделирование?

**Лабораторная работа №6. Снятие АЧХ заданного устройства (6 часов)**

**Цель:** изучение способов анализа частотных характеристик электронных устройств.

**Задание:**

1. Выполнить моделирование заданной схемы в частотной области.
2. Построить АЧХ и ФЧХ двумя способами.

**Контрольные вопросы:**

1. Понятие технологии виртуальных приборов.
2. Состав и назначение виртуальных измерительных приборов аппаратно-программных комплексов.
3. Назначение органов управления лицевой панели виртуальных приборов.
4. Порядок сборки и подключения виртуальных приборов к схеме.

**Лабораторная работа №7. Моделирование источника постоянного напряжения и тока в качестве изменяемой переменной (6 часов)**

**Цель:** изучить возможности САПР путем анализа цепей постоянного тока, осуществить моделирование источников постоянного тока и напряжения в качестве изменяемой переменной.

**Задание:**

1. Оценить возможности САПР, с помощью анализа цепи постоянного тока, где в качестве изменяемой переменной будет служить источник напряжения.
2. Оценить возможности САПР, когда источник постоянного тока рассматривается в качестве изменяемой переменной.

**Контрольные вопросы:**

1. Понятие технологии виртуальных приборов.
2. Состав и назначение виртуальных измерительных приборов аппаратно-программных комплексов.
3. Назначение органов управления лицевой панели виртуальных приборов.
4. Порядок сборки и подключения виртуальных приборов к схеме.
5. Понятия амплитудной и частотных характеристик, передаточных характеристик, а также порядок их снятия.

**Лабораторная работа №8. Параметрический анализ электрических цепей (6 часов)**

**Цель:** производить параметрический анализ электрических цепей; основные виды анализа электрических цепей

**Задание:**

1. Установка параметров Parameter Sweep Analysis:
  - построить зависимость АЧХ от емкости конденсатора;
  - построить зависимость АЧХ от сопротивления резистора (для линейной и логарифмической шкалы ОУ);
  - построить зависимость АЧХ от напряжения источника АС;
  - дополнительно построить зависимость АЧХ от параметров катушки индуктивности.

**Контрольные вопросы:**

1. Понятие технологии виртуальных приборов.
2. Состав и назначение виртуальных измерительных приборов аппаратно-программных комплексов.
3. Назначение органов управления лицевой панели виртуальных приборов.
4. Порядок сборки и подключения виртуальных приборов к схеме.
5. Понятия амплитудной и частотных характеристик, передаточных характеристик, а также порядок их снятия.

**7 семестр**

**Лабораторная работа №1.** *Моделирование схем, содержащих аналоговые и цифровые элементы (6 часов)*

**Цель:** знакомство с виртуальными приборами: генератором слов и логическим анализатором; построение временных диаграмм исследуемых схем; синтез цифровых схем по заданной таблице истинности.

**Задание:**

1. Изучите описание генератора слов и логического анализатора. Собрать и проанализировать работу схемы в соответствии с номером варианта.
2. Построить временные диаграммы работы схемы.
3. Убедиться, что полученные диаграммы соответствуют таблице истинности схемы.
4. Сформировать циклическую последовательность 000...111
5. Отобразить сформированную последовательность с помощью логического анализатора и осциллографа.

**Контрольные вопросы:**

1. Понятие технологии виртуальных приборов.
2. Состав и назначение виртуальных измерительных приборов аппаратно-программных комплексов.
3. Назначение органов управления лицевой панели виртуальных приборов.
4. Порядок сборки и подключения виртуальных приборов к схеме.
5. Порядок проведения Logic Analyzer анализа. Каковы функции и возможности генератора слов?
6. Каковы функции и возможности логического анализатора?

**Лабораторная работа №2.** *Моделирование схем на логических элементах (6 часов)*

**Цель:** исследование логических схем «И2», «И-НЕ», «ИЛИ», «ИЛИ-НЕ», «Исключающее ИЛИ».

**Задание:**

1. Исследование логической функции «И».
2. Исследование логической функции «И-НЕ».
3. Исследование логической функции «ИЛИ».
4. Исследование логической функции «ИЛИ-НЕ».
5. Исследование логической функции «Исключающее ИЛИ».

**Контрольные вопросы:**

1. Понятие технологии виртуальных приборов.
2. Состав и назначение виртуальных измерительных приборов аппаратно-программных комплексов NI Multisim.
3. Назначение органов управления лицевой панели виртуальных приборов.
4. Порядок сборки и подключения виртуальных приборов к схеме.
5. Понятия амплитудной и частотных характеристик, передаточных характеристик, а также порядок их снятия.
6. Порядок проведения анализа логических схем.

### **Лабораторная работа №3. Специальные виды анализа (6 часов)**

**Цель:** знакомство с различными видами анализа электронных схем; построение спектральных характеристик.

**Задание:**

1. Собрать схему в соответствии с вариантом.
2. С помощью двухканального осциллографа проконтролировать форму несинусоидального сигнала.
3. Разложить функцию напряжения на синусоидальные кривые с различными частотами и фазовыми углами (анализ Фурье). Результаты анализа отобразить в виде текста, а также на графике.

**Контрольные вопросы:**

1. Какое движение называется периодическим?
2. Какое движение называется негармоническим?
3. Что такое Фурье-анализ?
4. Когда ряд Фурье является конечным?
5. Опишите порядок выполнения работы.

### **Лабораторная работа №4. Анализ Монте-Карло (6 часов)**

**Цель:** изучить различные виды анализа электрических цепей, произвести анализ влияния разброса параметров элементов на уже рассчитанные характеристики схемы

**Задание:**

1. Настройка и запуск Monte Carlo Analysis.
2. Ввод допуска компонента.
3. Задание параметров Monte Carlo Analysis.
4. Анализ Монте-Карло заданного узла РЭА.

**Контрольные вопросы:**

1. Назначение анализа Монте Карло.
2. Порядок сборки и подключения виртуальных приборов к схеме.
3. Понятия о параметрическом моделировании, о допусках, отклонениях и законах распределения, порядок расчета и моделирования.
4. Порядок проведения анализа нелинейных схем.

### **Лабораторная работа №5. Воздействие синусоидального сигнала на колебательный контур (6 часов)**

**Цель:** изучение возможностей математических редакторов при решении профессиональных задач.

**Задание:**

1. В соответствии с вариантом представить математическую модель однородного участка электрической цепи;
2. Создать графики взаимозависимых электрических величин;
3. По формуле закона Ома получить таблицу значений силы тока как функции сопротивления нагрузки  $I(R)$ ;
4. Создать математическую модель схемы;
5. Произвести расчет электрической цепи при синусоидальном воздействии;
6. Построить АЧХ и ФЧХ контура при трех значениях добротности. Определить полосу пропускания и крутизну ФЧХ. Полученные результаты свести в таблицу.

**Контрольные вопросы:**

1. Создание графиков взаимозависимых электрических величин в математическом редакторе.
2. Создание математической модели однородного участка электрической цепи в математическом редакторе.
3. Отображение и состав панели математических инструментов.

**Лабораторная работа №6.** *Спектральный анализ нелинейной электрической цепи при многочастотном сигнале (6 часов)*

**Цель:** изучение возможностей математических редакторов при решении профессиональных задач.

**Задание:**

1. По известным характеристикам одночастотного режима нелинейной динамической цепи определить выходной комбинационный спектр при заданном входном двухчастотном сигнале:

- вводятся необходимые исходные данные по характеристикам нелинейной цепи и параметрам входного двухчастотного сигнала;

- после произведенной интерполяции производится расчет выходного комбинационного спектра;

- вычисляются значения амплитуд и фаз требуемого числа комбинационных составляющих;

- по результатам вычислений построить амплитудные составляющие комбинационного спектра, следующие через интервал с разностной частотой DF.

**Контрольные вопросы:**

1. Как проводится форматирование двумерного графика?

2. Как решается нелинейное уравнение?

3. Как решается система уравнений?

4. Как решается дифференциальное уравнение?

5. Как вычислить определенный интеграл?

**Лабораторная работа №7.** *Разработка конструкции печатной платы (12 часов)*

**Цель:** разработка конструкции печатной платы и приобретение навыков работы с САПР KiCAD; освоение умений разработки схемных компонентов, принципиальных схем; освоение умений размещения схемных компонентов и трассировки соединений печатной платы.

**Задание:**

1. Анализ и компоновка принципиальной схемы.

2. Размещение и трассировка печатной платы.

3. Выбрать вариант принципиальной схемы.

4. Разработать схемные компоненты в библиотеке редактора EESchema.

5. Разработать посадочные места для всех компонентов схемы в Pcbnew.

6. Разработать принципиальные схемы в редакторе EESchema.

7. Выполнить тест ERC.

8. Сопоставить каждому компоненту схемы посадочное место в Svcfb.

9. Разработать контур печатной платы, разместить компоненты в Pcbnew.

10. Трассировка проводников печатной платы в автоматическом, ручном режимах.

11. Оптимизация площади и длины соединений платы.

12. Разработка печатной зоны.

13. Выполнение теста DRC.

14. Разработка визуального представления и фотошаблона платы.

**Контрольные вопросы:**

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.

### **Самостоятельная работа**

#### **1. Подготовка к выполнению и защите лабораторных работ.**

*Методические рекомендации для студентов по организации самостоятельной подготовки к лабораторным занятиям.* Подготовка к лабораторным занятиям включает в себя изучение теоретического материала по теме занятия, подготовку ответов на вопросы к защите лабораторной работы, а также, в случае необходимости, обработку результатов измерений и вычисление погрешностей. Вопросы для подготовки к защите лабораторной работы приведены в планах лабораторных занятий. Выполнение студентами данного вида самостоятельной работы проверяется преподавателем на соответствующем лабораторном занятии.

Выполнение лабораторной работы включает в себя три основных этапа:

1) *Самостоятельная подготовка студента к выполнению лабораторной работы.* На данном этапе студент самостоятельно изучает методические указания по выполнению лабораторной работы, учебную литературу по теме лабораторной работы, выполняет заготовку отчета и изучает экспериментальную установку, приборы и оборудование.

2) *Выполнение лабораторной работы (проведение эксперимента) и обработка экспериментальных данных.* На данном этапе студент получает допуск к выполнению лабораторной работы и проводит эксперимент, заносит полученные данные в заготовку отчета. Все проведенные измерения обязательно проверяются преподавателем, который отмечает их правильность своей подписью в отчете. Затем студент самостоятельно проводит необходимую математическую обработку результатов эксперимента и на основании полученных данных делает вывод о достижении цели лабораторной работы.

3) *Защита лабораторной работы* включает в себя проверку преподавателем письменного отчета студента о выполненной лабораторной работе, а также беседу преподавателя со студентом по вопросам, касающимся теории изучаемого явления, методики проведения эксперимента, обработки полученных экспериментальных данных.

#### **2. Самостоятельное изучение отдельных вопросов курса**

Часть теоретических вопросов курса выносятся на самостоятельное изучение студентами. При самостоятельном изучении вопроса студент должен познакомиться с содержанием соответствующей темы по одному из учебников, указанных в списке основной литературы, при необходимости могут использоваться источники из списка дополнительной литературы, а также рекомендованные ресурсы сети «Интернет». По каждому вопросу необходимо составить конспект, по возможности включающий следующие пункты:

- краткая история открытия явления, закона, изобретения;
- основные физические законы и теории, на которых основывается объяснение данного явления;
- математическая модель описываемого явления и выводы из нее;
- экспериментальная проверка справедливости теории, модели и выводов из нее;
- практическое применение описываемого явления, процесса.

Конспекты, составленные студентами, проверяются преподавателем во время лабораторных занятий, зачета и экзамена.

*Перечень вопросов, выносимых на самостоятельное изучение*

1. Описание языков моделирования и элементов цифровых устройств в моделях логического уровня.
  2. Синхронное моделирование цифровых устройств двоичными алфавитами.
  3. Асинхронное двоичное моделирование цифровых устройств.
  4. Моделирование цифровых устройств многозначными алфавитами.
  5. Языки моделирования.
  6. Применение методов декомпозиции при моделировании СВЧ-устройств.
  7. Методы нахождения собственных функций блоков.
  8. Метод конечных разностей.
  9. Метод конечных элементов.
  10. Моделирование излучающих устройств.
  11. Пакеты программ моделирования СВЧ-устройств.
  12. Задачи и методы синтеза в системах автоматизированного проектирования.
- Структурный анализ. Программы синтеза.
13. Оптимизация при проектировании радиоэлектронных устройств. Критерии оптимальности.
  14. Методы непрерывной параметрической оптимизации.
  15. Методы поиска экстремумов.
  16. Алгоритмы статистической оптимизации.
  17. Анализ линейной цепи постоянного тока.
  18. Анализ частотных и переходных характеристик схем фильтров.
  19. Исследование частотных и временных характеристик усилителя мощности на основе операционного усилителя.
  20. Исследование свойств усилительного каскада с общим эмиттером и с общим коллектором – эмиттерного повторителя.
  21. Исследование шумовых, температурных свойств и влияния разброса параметров на характеристики схемы транзисторного усилителя.

**6. Критерии оценивания результатов освоения дисциплины (модуля)**

**6.1. Оценочные средства и критерии оценивания для текущей аттестации**

**1. Подготовка конспекта по вопросам курса, выносимым на самостоятельное изучение** (перечень вопросов курса, выносимых на самостоятельное изучение, приведен в разделе «Самостоятельная работа»).

**Критерии оценивания конспектов по прикладным вопросам курса, выносимым на самостоятельное изучение**

| Показатель  | Количество баллов |
|---|-------------------|
| 1) Полнота и глубина изложения ответа (усвоенные теории, понятия, факты)              | 1                 |
| 2) Логика изложения материала   | 1                 |
| 3) Примеры использования описанных явлений, теорий и устройств на практике            | 1                 |
| 4) Использование при подготовке ответа на вопрос дополнительных источников информации | 1                 |
| 5) Оформление работы  | 1                 |
| Итоговая (суммарная) оценка   | Max - 5           |

**2. Выполнение и защита лабораторной работы** (задания к лабораторным занятиям и вопросы для защиты приведены в планах лабораторных занятий)

### **Критерии оценивания лабораторной работы**

По результатам выполнения лабораторной работы студент получает **оценку «зачтено»** при выполнении следующих условий:

1) самостоятельное выполнение эксперимента и получение корректных экспериментальных данных;

2) наличие самостоятельно подготовленного отчета по установленной форме, в котором отражены результаты измерений и вычислений, в том числе погрешностей (при необходимости), а также представлены графики в соответствии с заданиями к лабораторной работе;

3) правильные ответы на все контрольные вопросы к данной лабораторной работе.

При невыполнении хотя бы одного из вышеперечисленных пунктов по результатам выполнения лабораторной работы студент получает **оценку «не зачтено»**.

## **6.2. Оценочные средства и критерии оценивания для промежуточной аттестации**

### **Вопросы для подготовки к экзамену**

#### **6 семестр**

1. Общая характеристика РЭС.
2. Основные сведения о процессе проектирования РЭС.
3. Основные задачи, способы и методы процесса проектирования РЭС.
4. Уровни проектирования РЭС.
5. Основные проектные процедуры.
6. Основные стадии проектирования.
7. Основные этапы автоматизированного проектирования принципиальных схем РЭС.
8. Моделирование в процессе проектирования РЭС.
9. Аналитическое и имитационное компьютерное моделирование.
10. Основные понятия теории моделирования радиотехнических систем.
11. Информационные технологии проектирования и моделирования.
12. Общая структура типовой САПР.
13. Объекты проектирования.
14. Общая характеристика САПР схемотехнического проектирования и моделирования.
15. Особенности моделирования радиотехнических схем.
16. Способы создания научно-технические отчетов, научно-технической документации, публикаций и заявок на патенты.
17. Классификация моделей РЭС и радиоэлектронных схем.
18. Основные параметры моделей и методы оценки точности результатов моделирования и качества модели.
19. Состав и выполняемые функции САПР.
20. Как создаются различные виды проектов?
21. Как вводится электрическая схема?
22. Как проставляются и обновляются позиционные обозначения элементов?
23. Как выявляются ошибки в схеме?
24. Как производится моделирование Circuit?
25. Как производится моделирование в программе Simulate?
26. Как создаются входные сигналы в программе Simulate?
27. Понятие технологии виртуальных приборов.
28. Состав и назначение виртуальных измерительных приборов аппаратно-программных комплексов.
29. Назначение органов управления лицевой панели виртуальных приборов.
30. Порядок сборки и подключения виртуальных приборов к схеме.

#### **7 семестр**



1. Модели зависимых и независимых источников напряжения и тока.
2. Модели пассивных радиокомпонентов (резистор, конденсатор, катушка индуктивности, трансформатор).
3. Модели полупроводниковых приборов (полупроводниковый диод, биполярный транзистор, полевой транзистор, операционный усилитель).
4. Цели и задачи схемотехнического моделирования.
5. Основные сведения о моделировании статического режима.
6. Основные численные методы расчета ММ в статическом режиме.
7. Моделирование статического режима при формировании математической модели схемы в базе узловых потенциалов.
8. Виды моделей схемы при расчете переходных процессов.
9. Основные численные методы расчета ММ при моделировании переходных процессов
10. Моделирование переходных процессов в схеме при формировании ее математической модели в базе узловых потенциалов.
11. Частотные характеристики схемы, цели моделирования.
12. Способы моделирования частотных характеристик.
13. Моделирование частотных характеристик схемы при формировании ее математической модели в базе узловых потенциалов.
14. Понятие чувствительности, цели ее анализа.
15. Методы расчета чувствительности.
16. Анализ устойчивости схем РЭС.
17. Анализ шумов радиоэлектронных схем.
18. Основные выходные параметры схем и методы их анализа.
19. Методы учета дестабилизирующих факторов.
20. Параметрическая оптимизация.
21. Критерии оптимальности.
22. Стратегия решения задачи оптимального проектирования РЭС.
23. Общие сведения о моделировании РЭС на функциональном уровне.
24. Типовые элементы функциональных схем и способы их моделирования.
25. Основные типы структур функциональных схем.
26. Методы и средства моделирования РЭС на функциональном уровне.

### **Критерии оценки на экзамене**

**Оценка «отлично»** выставляется студенту, который: глубоко и прочно усвоил программный материал в полном объеме, исчерпывающе, грамотно и логически стройно его излагает, четко формулирует основные понятия, приводит соответствующие примеры, уверенно владеет методологией курса, свободно ориентируется в его внутренней структуре, четко выявляет межпредметные связи с другими учебными дисциплинами; умеет творчески иллюстрировать теоретические положения курса примерами, применять теоретические знания к решению практических задач; хорошо владеет современными методами исследования, способен к самостоятельному пополнению и обновлению знаний.

**Оценка «хорошо»** выставляется студенту, который: твердо усвоил программный материал, грамотно и по существу излагает его без существенных ошибок, правильно применяет теоретические положения при решении конкретных задач, с небольшими погрешностями приводит формулировки определений, не допускает существенных неточностей при выборе и обоснованности методов решения задач; владеет методологией и методами исследования, устанавливает внутренние и межпредметные связи, умеет увязывать теорию с практикой; по ходу изложения допускает небольшие неточности, не искажающие содержания ответа.

**Оценка «удовлетворительно»** выставляется студенту, который не совсем твердо владеет программным материалом, знает основные теоретические положения изучаемого курса, обладает достаточными для продолжения обучения и предстоящей профессиональной деятельности знаниями. При ответах допускает малосущественные погрешности, искажения логической последовательности при изложении материала, неточную аргументацию теоретических положений курса, испытывает затруднения при решении практических задач.

**Оценка «неудовлетворительно»** выставляется студенту, имеющему серьезные пробелы в знании учебного материала, допускающему принципиальные ошибки при выполнении предусмотренных программой контрольных заданий. Уровень знаний недостаточен для дальнейшей учебы и будущей профессиональной деятельности.

## **7. Перечень основной и дополнительной учебной литературы**

### **7.1. Основная литература**

1. Головицына М. В. Проектирование радиоэлектронных средств на основе современных информационных технологий: учебное пособие / М. В. Головицына. – М.: Интернет-Университет Информационных Технологий (ИНТУИТ), Ай Пи Ар Медиа, 2020. – 503 с. – Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. – URL: <https://www.iprbookshop.ru/97578.html>.

2. Трухин М.П. Основы компьютерного проектирования и моделирования радиоэлектронных средств: практикум / М. П. Трухин; под редакцией В. Э. Иванова. – Екатеринбург: Издательство Уральского университета, 2018. – 176 с. – Текст: электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS: [сайт]. – URL: <https://www.iprbookshop.ru/106477.html>.

3. Лобач В.Т. Основы проектирования цифровых устройств радиоэлектронных систем: учебное пособие / В. Т. Лобач, М. В. Потипак. – Ростов-на-Дону, Таганрог: Издательство Южного федерального университета, 2020. – 140 с. – Текст: электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS: [сайт]. – URL: <https://www.iprbookshop.ru/115521.html>.

### **7.2. Дополнительная литература**

1. Трухин М.П. Основы компьютерного проектирования и моделирования радиоэлектронных средств. Лабораторный практикум: учебное пособие для вузов / М.П. Трухин; под научной редакцией В.Э. Иванова. – М.: Издательство Юрайт, 2021. – 134 с. – Текст: электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. – URL: <https://urait.ru/bcode/472219>.

2. Теория механизмов и машин. Проектирование элементов и устройств технологических систем электронной техники: учебник для вузов / Е. Н. Ивашов, П. А. Лучников, А. С. Сигов, С. В. Степанчиков; под редакцией А. С. Сигова. – М.: Издательство Юрайт, 2020. – 369 с. – Текст: электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. – URL: <https://urait.ru/bcode/451278>.

3. Татаринов В.Н. Введение в специальность инженера по проектированию и эксплуатации радиоэлектронных средств: учебное пособие для студентов специальностей «Техническая эксплуатация транспортного радиооборудования» «Проектирование и технология радиоэлектронных средств», направления «Конструирование и технология электронных средств» / В. Н. Татаринов, А. А. Чернышев. – Томск: Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2012. – 90 с. – Текст: электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS: [сайт]. – URL: <https://www.iprbookshop.ru/72076.html>.

4. Пилипенко А. М. Тестовые задачи для оценки эффективности методов численного моделирования радиоэлектронных компонентов и цепей: монография / А. М. Пилипенко. – Ростов-на-Дону, Таганрог: Издательство Южного федерального университета, 2018. – 104 с. – Текст: электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS: [сайт]. – URL: <https://www.iprbookshop.ru/87764.html>.

5. Оболонин И. А. Методические указания для выполнения лабораторных работ по курсу «Основы компьютерного проектирования РЭС»: методические указания / И. А. Оболонин, В. Р. Губкина. – Новосибирск: Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики, 2017. – 107 с. – Текст: электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS: [сайт]. – URL: <https://www.iprbookshop.ru/78165.html>.

6. Селиванова З.М. Проектирование и технология электронных средств: учебное пособие / З. М. Селиванова, Д. Ю. Муромцев, О. А. Белоусов. – Тамбов: Тамбовский государственный технический университет, ЭБС АСВ, 2012. – 140 с. – Текст: электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS: [сайт]. – URL: <https://www.iprbookshop.ru/63895.html>.

7. Хадыкин А.М. Показатели надежности радиоэлектронных средств: учебное пособие / А.М. Хадыкин, Н.В. Рубан. – Омск: Омский государственный технический университет, 2015. – 80 с. – Текст: электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS: [сайт]. – URL: <https://www.iprbookshop.ru/58095.html>.

8. Загидуллин Р.Ш. Основы комплексного проектирования и макетирования радиоэлектронных систем: методические указания к выполнению лабораторного практикума / Р. Ш. Загидуллин, Д. И. Оглоблин. – Москва: Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана, 2018. – 106 с. – Текст: электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS: [сайт]. – URL: <https://www.iprbookshop.ru/110781.html>.

9. Кологривов В. А. Основы автоматизированного проектирования радиоэлектронных устройств. Часть 1: учебное пособие / В. А. Кологривов. – Томск: Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2012. – 120 с. – Текст: электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS: [сайт]. – URL: <https://www.iprbookshop.ru/13955.html>.

10. Кологривов В.А. Основы автоматизированного проектирования радиоэлектронных устройств. Часть 2: учебное пособие / В. А. Кологривов. – Томск: Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2012. – 132 с. – Текст: электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS: [сайт]. – URL: <https://www.iprbookshop.ru/13956.html>.

11. Девятков Г.Н. Моделирование и автоматизированное проектирование широкополосных преобразователей частоты: учебное пособие / Г. Н. Девятков. – Новосибирск: Новосибирский государственный технический университет, 2010. – 68 с. – Текст: электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS: [сайт]. – URL: <https://www.iprbookshop.ru/45114.html>.

### **7.3. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»**

1. Единое окно доступа к образовательным ресурсам: <http://window.edu.ru/>.
2. Интернет Университет Информационных Технологий: <http://www.intuit.ru/>.
3. Электронно-библиотечная система «IPRbooks» [Электронный ресурс]. URL: <https://iprbookshop.ru/>.
4. Пакет схематического моделирования цифровых, аналоговых и аналогово-цифровых электронных схем высокой сложности: [https://cxem.net/software/electronics\\_workbench.php](https://cxem.net/software/electronics_workbench.php).
5. Онлайн-инструмент для создания схем и печатных плат: <https://easyeda.com/ru>.
6. Онлайн симулятор электрической цепи: <https://dcaclab.com>.
7. ulp-скрипт для САПР Eagle light, конвертирующий библиотеку компонентов и посадочных мест в формат для САПР KiCAD. <http://www.modulbot.com/download.html>.

### **Профессиональные базы данных и информационные справочные системы**

1. Каталог ГОСТ: радиотехнические материалы: <https://internet-law.ru/gosts/2814/>.

2. Справочник по радиокомпонентам отечественного производства: <https://radio-komplekt.ru/handbook.php>.
3. Технический справочник радиодеталей: <https://radiosvod.ru/>.
4. Справочник по микроконтроллерам: <https://www.radioman-portal.ru/sprav/microcontrollers/>.
5. Информационно-поисковый портал по электронике: <http://radionet.com.ru/>.
6. Реестр Федерального института промышленной собственности: <https://www1.fips.ru/registers-web/>.
7. Сервер CHIPINFO: база данных по электронным компонентам: <http://www.chipinfo.ru/>.
8. QRZ.RU: технический портал – Сайт для радиолюбителей: <https://www.qrz.ru/beginners/>.
9. Журнал сетевых решений LAN: <https://www.osp.ru/lan>
10. Электротехнический портал для студентов вузов и инженеров: <http://xn----8sbnaarbidfksmiphlmncml9b0i.xn--p1ai/>.

### 8. Материально-техническое обеспечение

**Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа**, оснащенная стандартной учебной мебелью, мультимедиапроектором, ноутбуком, колонками, интерактивной доской.

**Учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, курсового проектирования**, оснащенная стандартной учебной мебелью, компьютерами, интерактивной доской, мультимедийным проектором.

**Помещение для самостоятельной работы** – компьютерный класс с доступом к сети «Интернет» и ЭИОС СмолГУ.

### 9. Программное обеспечение

Microsoft Open License (Windows XP, 7, 8, 10, Server, Office 2003-2016), лицензия 66975477 от 03.06.2016 (бессрочно).

Программный комплекс «ElectronicsWorkbench» (свободная лицензия).

EasyEDA - онлайн-инструмент для создания схем и печатных плат (свободная лицензия).

САПР «KiCAD» (свободная лицензия).

Обучающимся обеспечен доступ к ЭБС «Юрайт», ЭБС «IPRbooks», доступ в электронную информационно-образовательную среду университета, а также доступ к современным профессиональным базам данных и информационным справочным системам.

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН  
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ

Сертификат: 03B6A3C600B7ADA9B742A1E041DE7D81B0  
Владелец: Артеменков Михаил Николаевич  
Действителен: с 04.10.2021 до 07.10.2022