

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Галунин Сергей Александрович  
Должность: проректор по учебной работе  
Дата подписания: 07.07.2023 11:45:30  
Уникальный программный ключ:  
08ef34338325bdb0ac5a47baa5472ce36cc3fc3b

Приложение к ОПОП  
«Радиотехнические средства  
передачи, приема и обработки  
сигналов»



**СПбГЭТУ «ЛЭТИ»**  
ПЕРВЫЙ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИЙ

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования  
«Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет  
«ЛЭТИ» им. В.И.Ульянова (Ленина)»  
(СПбГЭТУ «ЛЭТИ»)

---

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**

дисциплины

**«ОСНОВЫ КОМПЬЮТЕРНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ**

**РАДИОЭЛЕКТРОННЫХ**

**СРЕДСТВ»**

для подготовки бакалавров

по направлению

11.03.01 «Радиотехника»

по профилю

«Радиотехнические средства передачи, приема и обработки сигналов»

Санкт-Петербург

2022

## ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Разработчики:

доцент Пивоваров И.Ю.

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры РЭС  
09.03.2022, протокол № 7

Рабочая программа рассмотрена и одобрена учебно-методической комиссией  
ФРТ, 29.03.2022, протокол № 3

Согласовано в ИС ИОТ

Начальник ОМОЛА Загороднюк О.В.

## 1 СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Обеспечивающий факультет	ФРТ
Обеспечивающая кафедра	РЭС
Общая трудоемкость (ЗЕТ)	3
Курс	4
Семестр	7
<b>Виды занятий</b>	
Лекции (академ. часов)	34
Лабораторные занятия (академ. часов)	17
Иная контактная работа (академ. часов)	1
Все контактные часы (академ. часов)	52
Самостоятельная работа, включая часы на контроль (академ. часов)	56
Всего (академ. часов)	108
<b>Вид промежуточной аттестации</b>	
Дифф. зачет (курс)	4

## **2 АННОТАЦИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **«ОСНОВЫ КОМПЬЮТЕРНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ РАДИОЭЛЕКТРОННЫХ СРЕДСТВ»**

Дисциплина предполагает изучение принципов и методов формирования математических моделей различных аналоговых и цифровых радиоустройств в процессе схемотехнического проектирования РЭС, а также принципов оптимизации схемотехнических решений.

Рассматриваются методы моделирования статического режима и переходных процессов в РЭС, моделирования аналоговых устройств на высоких частотах. Изучаются методы моделирования цифровых устройств на логическом и физическом уровнях, алгоритмические методы поиска неисправностей в них и генерирования тестовых последовательностей.

Рассматриваются алгоритмические методы учета влияния разброса параметров компонентов на характеристики радиоустройств и радиосистем.

При изучении дисциплины студенты знакомятся с поисковыми и статистическими алгоритмами получения оптимальных решений при проектировании систем связи и схемотехническом проектировании.

## **SUBJECT SUMMARY**

### **«FUNDAMENTALS OF COMPUTER DESIGN OF ELECTRONIC FACILITIES»**

Discipline involves the study of the principles and methods of formation of mathematical models of a variety of analog and digital radio devices in the circuit design radio electronic facilities, as well as the principles of algorithms optimal solutions in the design of electronic facilities.

The methods of simulation and static mode transients in electronic facilities, simulation of analog devices at high frequencies. Study the methods of modeling of digital

devices to logical and physical level, algorithmic methods to troubleshoot them, and generate test sequences.

We consider the accounting impact of algorithmic methods scatter component parameters on the characteristics of radio and radio.

In the study of discipline students get acquainted with the search and statistical algorithms optimal solutions in the design of communication systems and circuit design.

## 3 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

### 3.1 Цели и задачи дисциплины

1. Целями дисциплины является приобретение теоретических знаний о методах компьютерного моделирования и проектирования телекоммуникационных систем РЭС на различных уровнях их описания, формирование умений в области проектирования РЭС и навыков использования современных САПР при проектировании РЭС.

2. Задачами дисциплины являются изучение основных принципов моделирования и оптимального проектирования РЭС различного назначения и структуры; освоение математического, лингвистического и программного обеспечения для моделирования РЭС; формирование практических навыков проектирования и моделирования РЭС.

3. В результате освоения дисциплины студенты должны обладать следующими знаниями:

-методология компьютерного моделирования и проектирования РЭС на различных уровнях их описания;

-методы формирования математических моделей РЭС и способы анализа их характеристик;

-алгоритмы оптимального проектирования РЭС.

4. В результате освоения дисциплины студенты должны получить умения:

-выбирать структуру РЭС и параметры ее компонентов в зависимости от сложности и характера решаемых ею задач;

-учитывать влияние дестабилизирующих факторов на характеристики РЭС;

-использовать современные проблемно-ориентированные прикладные программные средства для автоматизированного проектирования РЭС.

5. В результате освоения дисциплины студенты должны овладеть навыками:

- формирования моделей различного уровня для РЭС;
- расчета основных эксплуатационных характеристик РЭС и их оптимизации;
- использования современных САПР для проектирования РЭС.

### **3.2 Место дисциплины в структуре ОПОП**

Дисциплина изучается на основе ранее освоенных дисциплин учебного плана:

1. «Теоретические основы электротехники»
2. «Радиотехнические цепи и сигналы»
3. «Схемотехника аналоговых устройств»
4. «Схемотехника цифровых устройств»

и обеспечивает подготовку выпускной квалификационной работы.

### 3.3 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

В результате освоения образовательной программы обучающийся должен достичь следующие результаты обучения по дисциплине:

<b>Код компетенции/ индикатора компетенции</b>	<b>Наименование компетенции/индикатора компетенции</b>
ПК-1	Способен выполнять математическое моделирование объектов и процессов по типовым методикам, в том числе с использованием стандартных пакетов прикладных программ
<i>ПК-1.1</i>	<i>Умеет строить физические и математические модели узлов и блоков радиотехнических устройств и систем</i>
<i>ПК-1.2</i>	<i>Владеет навыками компьютерного моделирования</i>
ПК-3	Способен выполнять расчет и проектирование деталей, узлов и устройств радиотехнических систем в соответствии с техническим заданием с использованием средств автоматизации проектирования
<i>ПК-3.1</i>	<i>Знает принципы конструирования отдельных деталей, узлов и устройств радиотехнических систем</i>
<i>ПК-3.2</i>	<i>Умеет проводить оценочные расчеты характеристик деталей, узлов и устройств радиотехнических систем</i>
<i>ПК-3.3</i>	<i>Владеет навыками подготовки принципиальных и монтажных электрических схем</i>

## 4 СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 4.1 Содержание разделов дисциплины

#### 4.1.1 Наименование тем и часы на все виды нагрузки

№ п/п	Наименование темы дисциплины	Лек, ач	Лаб, ач	ИКР, ач	СР, ач
1	Введение	1			2
2	Тема 1. Математические модели компонентов РЭС	4	2		4
3	Тема 2. Методы формирования математической модели РЭС	4	2		8
4	Тема 3. Математические модели РЭС во временной и частотной области	4	8		8
5	Тема 4. Учет влияния разброса параметров элементов на характеристики РЭС	4			6
6	Тема 5. Методы моделирования цифровых устройств	4	5		6
7	Тема 6. Численные методы в задачах САПР	6		0	12
8	Тема 7. Оптимальное проектирование РЭС	6			10
9	Заключение	1		1	0
	Итого, ач	34	17	1	56
	Из них ач на контроль	0	0	0	0
	Общая трудоемкость освоения, ач/зе	108/3			

#### 4.1.2 Содержание

№ п/п	Наименование темы дисциплины	Содержание
1	Введение	Предмет дисциплины и ее задачи. Структура и содержание дисциплины, ее связь с другими дисциплинами учебного плана. Виды обеспечений САПР. Этапы проектирования РЭС. Принцип декомпозиции-композиции.
2	Тема 1. Математические модели компонентов РЭС	Понятие математической модели и их классификация. Базовые компоненты САПР и их математические модели. Модели реальных пассивных и активных компонентов РЭС. Макромодели элементов интегральной электроники.
3	Тема 2. Методы формирования математической модели РЭС	Топологические методы описания электрических моделей РЭС. Компонентные и топологические уравнения.

№ п/п	Наименование темы дисциплины	Содержание
4	Тема 3. Математические модели РЭС во временной и частотной области	Модели РЭС во временной области. Алгоритмическая реализация методов узловых потенциалов, контурных токов и переменных состояния. Моделирование статического режима и переходных процессов. Методы моделирования РЭС в частотной области. Алгоритмическая реализация методов моделирования с помощью $A$ , $Y$ и $S$ матриц. Моделирование нелинейных устройств.
5	Тема 4. Учет влияния разброса параметров элементов на характеристики РЭС	Постановка задач допускового анализа и синтеза. Методы учета разброса параметров элементов в случае малых и больших отклонений. Генерирование случайных чисел, распределенных по различным законам. Статистический синтез РЭС.
6	Тема 5. Методы моделирования цифровых устройств	Модели функциональных элементов и цифровых устройств на физическом и логическом уровнях. Синхронное моделирование цифровых устройств. Моделирование многозначными алфавитами. Асинхронное моделирование цифровых устройств. Поиск неисправностей и синтез диагностических тестов.
7	Тема 6. Численные методы в задачах САПР	Методы решения систем линейных, нелинейных и дифференциальных уравнений. Постановка, классификация и методы решения задач интерполяции и аппроксимации. Методы численного дифференцирования и интегрирования.
8	Тема 7. Оптимальное проектирование РЭС	Формулировка задач оптимального проектирования и их классификация. Формирование функции качества и системы ограничений. Задача нелинейного программирования: методы нахождения экстремума функции одной переменной, поисковые методы нахождения экстремума функции нескольких переменных, статистические методы оптимизации, методы учета нелинейных ограничений. Решение задачи линейного программирования симплекс-методом.
9	Заключение	Оценка возможностей и перспектив развития современных САПР РЭС.

## 4.2 Перечень лабораторных работ

Наименование лабораторной работы	Количество ауд. часов
1. Основы работы в среде NI Multisim	2
2. Исследование моделей полупроводниковых компонентов	2
3. Моделирование источников питания	2
4. Исследование модели операционного усилителя	2
5. Моделирование транзисторного усилителя	2
6. Моделирование генераторов	2
7. Изучение моделей логических компонентов	2

<b>Наименование лабораторной работы</b>	<b>Количество ауд. часов</b>
8. Моделирование цифровых и смешанных устройств	3
Итого	17

#### **4.3 Перечень практических занятий**

Практические занятия не предусмотрены.

#### **4.4 Курсовое проектирование**

Курсовая работа (проект) не предусмотрены.

#### **4.5 Реферат**

Реферат не предусмотрен.

#### **4.6 Индивидуальное домашнее задание**

Индивидуальное домашнее задание не предусмотрено.

#### **4.7 Доклад**

Доклад не предусмотрен.

#### **4.8 Кейс**

Кейс не предусмотрен.

#### **4.9 Организация и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы**

Изучение дисциплины сопровождается самостоятельной работой студентов с рекомендованными преподавателем литературными источниками и информационными ресурсами сети Интернет.

Планирование времени для изучения дисциплины осуществляется на весь

период обучения, предусматривая при этом регулярное повторение пройденного материала. Обучающимся, в рамках внеаудиторной самостоятельной работы, необходимо регулярно дополнять сведениями из литературных источников материал, законспектированный на лекциях. При этом на основе изучения рекомендованной литературы целесообразно составить конспект основных положений, терминов и определений, необходимых для освоения разделов учебной дисциплины.

Особое место уделяется консультированию, как одной из форм обучения и контроля самостоятельной работы. Консультирование предполагает особым образом организованное взаимодействие между преподавателем и студентами.

Самостоятельное изучение студентами теоретических основ дисциплины обеспечено необходимыми учебно-методическими материалами (учебники, учебные пособия, конспект лекций и т.п.), выполненными в печатном или электронном виде.

<b>Текущая СРС</b>	<b>Примерная трудоемкость, ач</b>
Работа с лекционным материалом, с учебной литературой	9
Опережающая самостоятельная работа (изучение нового материала до его изложения на занятиях)	0
Самостоятельное изучение разделов дисциплины	4
Выполнение домашних заданий, домашних контрольных работ	0
Подготовка к лабораторным работам, к практическим и семинарским занятиям	8
Подготовка к контрольным работам, коллоквиумам	0
Выполнение расчетно-графических работ	0
Выполнение курсового проекта или курсовой работы	0
Поиск, изучение и презентация информации по заданной проблеме, анализ научных публикаций по заданной теме	0
Работа над междисциплинарным проектом	0
Анализ данных по заданной теме, выполнение расчетов, составление схем и моделей, на основе собранных данных	0
Подготовка к зачету, дифференцированному зачету, экзамену	35
<b>ИТОГО СРС</b>	<b>56</b>

## 5 Учебно-методическое обеспечение дисциплины

### 5.1 Перечень основной и дополнительной литературы, необходимой для освоения дисциплины

№ п/п	Название, библиографическое описание	К-во экз. в библ.
Основная литература		
1	Головков, Александр Алексеевич. Компьютерное моделирование и проектирование радиоэлектронных средств [Текст] : учеб. для вузов по направлению 210400 "Радиотехника" и 211000 "Конструирование и технология электронных средств" / А. А. Головков, И. Ю. Пивоваров, И. Р. Кузнецов, 2015. -207, [1] с.	47
2	Модели и алгоритмы автоматизированного проектирования радиоэлектронной и электронно-вычислительной аппаратуры [Текст] : учеб. пособие для вузов по направлению 230100 "Информатика и вычисл. техника" / С.Ю. Лузин, Ю.Т. Лячек, Г.С. Петросян, О.Б. Полубасов, 2010. -219 с.	50
3	Бабушкина, Ольга Александровна. Проектирование электронных схем в среде NI Multisim [Текст] : учеб. пособие / О. А. Бабушкина, И. Ю. Пивоваров, А. А. Твердохлеб, 2020. -65 с.	80
4	Волков, Евгений Алексеевич. Численные методы [Текст] : учеб. пособие [для инж.-техн. спец. вузов] / Е.А. Волков, 2008. -248 с.	100
Дополнительная литература		
1	Вержбицкий, Валентин Михайлович. Численные методы. Математический анализ и обыкновенные дифференциальные уравнения [Текст] : Учеб. пособие для вузов по мат. специальностям и направлениям в обл. техники и технологии / В.М.Вержбицкий, 2001. -382 с.	100
2	Измаилов, Алексей Феридович. Численные методы оптимизации [Текст] : [Учеб. пособие] / А.Ф. Измаилов, М.В. Солодов, 2003. -300 с	26

### 5.2 Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», используемых при освоении дисциплины

№ п/п	Электронный адрес
1	Муромцев Д. Ю. Математическое обеспечение САПР. Учеб. пособие. <a href="https://e.lanbook.com/book/211466">https://e.lanbook.com/book/211466</a>

### 5.3 Адрес сайта курса

Адрес сайта курса: <https://vec.etu.ru/moodle/course/view.php?id=10458>

## 6 Критерии оценивания и оценочные материалы

### 6.1 Критерии оценивания

Для дисциплины «Основы компьютерного проектирования радиоэлектронных средств» предусмотрены следующие формы промежуточной аттестации: зачет с оценкой.

#### Зачет с оценкой

Оценка	Описание
Неудовлетворительно	Курс не освоен. Студент испытывает серьезные трудности при ответе на ключевые вопросы дисциплины
Удовлетворительно	Студент в целом овладел курсом, но некоторые разделы освоены на уровне определений и формулировок теорем
Хорошо	Студент овладел курсом, но в отдельных вопросах испытывает затруднения. Умеет решать задачи
Отлично	Студент демонстрирует полное овладение курсом, способен применять полученные знания при решении конкретных задач.

## Особенности допуска

Условием допуска к зачету с оценкой (дифф. зачету) является выполнение полного цикла лабораторных работ и их защиты. Условием получения на зачете с оценкой (дифф. зачете) положительной оценки является правильное решение задачи. Итоговая оценка на зачете с оценкой (дифф. зачете) определяется качеством выполнения задачи и полнотой ответов на вопросы. При необходимости преподаватель может задавать дополнительные вопросы по материалу дисциплины.

## 6.2 Оценочные материалы для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине

### Вопросы к дифф.зачету

№ п/п	Описание
1	Основные задачи компьютерного проектирования РЭС.
2	Классификация моделей РЭС. Базовые компоненты для программ моделирования.
3	Макромодели операционного усилителя и цифровых ИС.
4	Топологические основы формирования математической модели.
5	Постановка задач допускового анализа и синтеза. Методы учета разброса параметров элементов в случае малых и больших отклонений.
6	Модели цифровых сигналов и устройств на логическом и физическом уровне. Синхронные и асинхронные методы моделирования.
7	Постановка задачи оптимального проектирования. Построение функции качества для решения задачи оптимального проектирования.
8	Методы поиска экстремума функции качества.
9	Методы решения систем линейных, нелинейных и дифференциальных уравнений.
10	Постановка, классификация и методы решения задач интерполяции и аппроксимации.
11	Методы численного дифференцирования и интегрирования.

## Образцы задач (заданий) для контрольных (проверочных) работ

### Задача №1

Дана система логических уравнений

$$\begin{cases} u_2 = \overline{u_1 \cup u_4} \\ u_3 = \overline{u_2 \cup u_4} \\ u_4 = \overline{u_2 \cup u_5} \\ u_6 = u_4 \cap u_7 \end{cases}$$

Выполнить моделирование (троичный алфавит, сквозной алгоритм) для изменения сигналов  $u_1 = 1 \rightarrow 0$   $u_5 = 0 \rightarrow 1$   $u_7 = 1 \rightarrow 0$

### Задача №2

Дана функция

$$F(x, y, z) = (x - 2)^2 + (y - 1)^2 + (z - 3)^2$$

Искать  $\min\{F\}$

Выполнить одну итерацию методом Гаусса-Зейделя из точки  $x_0 = 1$ ,  $y_0 = 0$ ,  $z_0 = 0$

Весь комплект контрольно-измерительных материалов для проверки сформированности компетенции (индикатора компетенции) размещен в закрытой части по адресу, указанному в п. 5.3

### 6.3 График текущего контроля успеваемости

Неделя	Темы занятий	Вид контроля
1	Математические модели компонентов РЭС	
2	Методы формирования математической модели РЭС	
3	Математические модели РЭС во временной и частотной области	
4		
5		
6		Отчет по лаб. работе
7	Математические модели РЭС во временной и частотной области	
8		
9	Учет влияния разброса параметров элементов на характеристики РЭС Методы моделирования цифровых устройств	
10		
11		
12		
13		
14		
15		
16		Отчет по лаб. работе

### 6.4 Методика текущего контроля

#### на лекционных занятиях

Текущий контроль включает в себя контроль посещаемости (не менее 70 % занятий), по результатам которого студент получает допуск на зачет с оценкой (дифф. зачет).

#### на лабораторных занятиях

- Порядок выполнения лабораторных работ, подготовки отчетов и их защиты

В процессе обучения по дисциплине «Основы компьютерного проектирования радиоэлектронных средств» студент обязан выполнить 8 лабораторных работ. Под выполнением лабораторных работ подразумевается подготовка к работе, проведение экспериментальных исследований, подготовка отчета и его защита. Выполнение лабораторных работ студентами осуществляется в бригадах до 2 человек. Оформление отчета студентами осуществляется в ко-

личестве одного отчета на бригаду в соответствии с принятыми в СПбГЭТУ правилами оформления студенческих работ. Отчет оформляется после выполнения экспериментальных исследований и представляется преподавателю на проверку. После проверки отчет либо возвращается (при наличии замечаний) на доработку, либо подписывается к защите.

Лабораторные работы защищаются студентами индивидуально. Каждый студент получает вопрос по процедуре проведения экспериментальных исследований или по последующей обработке результатов, после чего ему предоставляется время для подготовки ответа. При обсуждении ответа преподаватель может задать несколько уточняющих вопросов. В случае если студент демонстрирует достаточное знание вопроса, работа считается защищенной.

На защите лабораторной работы студент должен показать: понимание методики исследования и знание особенностей её применения, понимание и умение объяснять особенности применяемых методов, возможные области их применения и т.д., умение давать качественную и количественную оценку полученных экспериментальных результатов и прогнозировать реакции исследуемого объекта на различные воздействия, навыки и умения, приобретенные при выполнении лабораторной работы.

Текущий контроль включает в себя выполнение, сдачу в срок отчетов и их защиту по всем лабораторным работам, по результатам которой студент получает допуск на зачет с оценкой (дифф. зачет).

### **самостоятельной работы студентов**

Контроль самостоятельной работы студентов осуществляется на лекционных и лабораторных занятиях студентов по методикам, описанным выше.

## 7 Описание информационных технологий и материально-технической базы

Тип занятий	Тип помещения	Требования к помещению	Требования к программному обеспечению
Лекция	Лекционная аудитория	Количество посадочных мест – в соответствии с контингентом; рабочее место преподавателя, оснащенное персональным компьютером, проектором с экраном; меловой или маркерной доской.	Windows 7 и выше; Microsoft Office 2007 и выше; Adobe Acrobat Reader
Лабораторные работы	Лаборатория	Количество посадочных мест, оснащенных персональными компьютерами, – в соответствии с контингентом; рабочее место преподавателя, оснащенное персональным компьютером, проектором с экраном; меловой или маркерной доской.	Windows 7 и выше; Microsoft Office 2007 и выше; Adobe Acrobat Reader, NI Multisym
Самостоятельная работа	Помещение для самостоятельной работы	Оснащено компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета.	Windows 7 и выше; Microsoft Office 2007 и выше; Adobe Acrobat Reader

## **8 Адаптация рабочей программы для лиц с ОВЗ**

Адаптированная программа разрабатывается при наличии заявления со стороны обучающегося (родителей, законных представителей) и медицинских показаний (рекомендациями психолого-медико-педагогической комиссии). Для инвалидов адаптированная образовательная программа разрабатывается в соответствии с индивидуальной программой реабилитации.

## ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ

<b>№ п/п</b>	<b>Дата</b>	<b>Изменение</b>	<b>Дата и номер протокола заседания УМК</b>	<b>Автор</b>	<b>Начальник ОМОЛА</b>