

**Министерство образования и науки Российской Федерации**  
**федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение**  
**высшего образования «Казанский национальный исследовательский**  
**технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ»**

**Институт радиоэлектроники и телекоммуникаций**  
**Кафедра Конструирования и технологии производства электронных средств**

## **АННОТАЦИЯ**

к рабочей программе дисциплины  
**«Математические модели объектов радиоэлектронных средств»**

Индекс по учебному плану: **Б1.В.ДВ.02.02**

Направление подготовки: **11.04.03 «Конструирование и технология электронных средств»**

Квалификация: **магистр**

Магистерская программа: **Конструирование радиоэлектронных средств**

Виды профессиональной деятельности: **научно-исследовательская, проектно-конструкторская**

Разработчик: **доцент кафедры КиТП ЭС С.А. Старцев**

Казань 2017 г.

# **РАЗДЕЛ 1. ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ И КОНЕЧНЫЙ РЕЗУЛЬТАТ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

## **1.1. Цель изучения дисциплины**

Целью изучения дисциплины «Математические модели объектов радиоэлектронных средств» является приобретение студентами базовых знаний методов и алгоритмов компьютерного моделирования процессов для решения задач проектирования объектов радиоэлектронных средств (РЭС).

## **1.2. Задачи дисциплины**

Задачами изучения дисциплины являются:

- знание особенностей компьютерного моделирования объектов РЭС на микро-, макро- и метауровнях, математических моделей элементов цепей, общей методики построения математических моделей электрических цепей, методов компьютерного анализа электрических цепей;
- умение проводить компьютерный анализ электрических цепей объектов РЭС в стационарном и переходном режимах;
- владение практическими навыками компьютерного исследования характеристик электрических цепей объектов РЭС и основных процессов в них.

## **1.3. Место дисциплины в структуре ОП ВО**

Дисциплина «Математические модели объектов радиоэлектронных средств» входит в вариативную часть (дисциплины по выбору) блока Б1 учебного плана подготовки магистров направления 11.04.03 «Конструирование и технология электронных средств» (профиль подготовки «Конструирование радиоэлектронных средств»); изучается в 1-м и 2-м семестрах. При изучении дисциплины используются знания, полученные обучающимися при освоении предшествующих математических, естественнонаучных и профессиональных дисциплин.

## **1.4. Перечень компетенций, которые должны быть реализованы в ходе освоения дисциплины**

В результате освоения дисциплины должны быть реализованы следующие компетенции:

ПК-1 - способность самостоятельно осуществлять постановку задачи исследования, формирование плана реализации исследования, выбор методов исследования и обработку результатов;

ПК-2 - способность выполнять моделирование объектов и процессов с целью анализа и оптимизации их параметров с использованием имеющихся средств исследований, включая стандартные пакеты прикладных программ.

## РАЗДЕЛ 2. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ И ТЕХНОЛОГИЯ ЕЁ ОСВОЕНИЯ

### 2.1. Структура дисциплины, её трудоёмкость и применяемые образовательные технологии

#### Распределение фонда времени по видам занятий

Наименование раздела и темы	Всего часов	Виды учебной деятельности, включая самостоятельную работу студентов и трудоёмкость (в часах/ интерактивные часы)				Коды составляющих компетенций	Формы и вид контроля освоения составляющих компетенций (из фонда оценочных средств)
		лекции	лаб. раб.	пр. зан.	сам. раб.		
<i>Раздел 1. Математические модели радиоэлектронных объектов проектирования</i>						<i>ФОС ТК-1</i>	
Тема 1.1. Общие сведения о математических моделях объектов РЭС. Примеры моделей компонентов радиоэлектроники. Электрические модели интегральных схем	10	2	-	-	8	ПК-13, ПК-1У, ПК-1В; ПК-23, ПК-2У, ПК-2В	Вопросы текущего контроля по разделу
Тема 1.2. Топологические основы автоматизированного формирования уравнений математической модели РЭС	10	2	-	-	8	ПК-13, ПК-1У, ПК-1В; ПК-23, ПК-2У, ПК-2В	
<i>Раздел 2. Математические модели РЭС во временной области</i>						<i>ФОС ТК-2</i>	
Тема 2.1. Табличный метод формирования уравнений математической модели для электрической цепи. Топологические методы формирования уравнений математической модели по методу узловых потенциалов. Моделирование РЭС методом переменных состояния	10/1	2/1	-	-	8	ПК-13, ПК-1У, ПК-1В; ПК-23, ПК-2У, ПК-2В	Вопросы текущего контроля по разделу Защита отчётов о выполнении лабораторных работ
Тема 2.2. Моделирование статического режима РЭС. Моделирование переходных процессов в РЭС	18/3	2/1	8/2	-	8	ПК-13, ПК-1У, ПК-1В; ПК-23, ПК-2У, ПК-2В	

<i>Раздел 3. Математические модели РЭС в частотной области</i>							<i>ФОС ТК-3</i>
Тема 3.1. Методы моделирования РЭС в частотной области. Применение матриц классической и волновой теории для моделирования РЭС. Формирование системы уравнений математической модели РЭС с использованием матриц классической теории. Формирование системы уравнений математической модели РЭС с использованием матриц рассеяния	17/1	3	4/1	-	10	ПК-13, ПК-1У, ПК-1В; ПК-23, ПК-2У, ПК-2В	Вопросы текущего контроля по разделу Защита отчёта о выполнении лабораторной работы
Тема 3.2. Особенности моделирования нелинейных РЭС в частотной области	7	1	-	-	6	ПК-13, ПК-1У, ПК-1В; ПК-23, ПК-2У, ПК-2В	
Зачёт	-	-	-	-	-	ПК-13, ПК-1У, ПК-1В; ПК-23, ПК-2У, ПК-2В	<i>ФОС ПА-1</i>
ИТОГО (за 1-ый семестр)	72/5	12/2	12/3	-	48		
<i>Раздел 4. Учёт влияния разброса параметров элементов на характеристики РЭС. Математическое моделирование цифровых устройств</i>							<i>ФОС ТК-4</i>
Тема 4.1. Учёт влияния разброса параметров элементов на характеристики РЭС. Формулировка задач учёта влияния разброса параметров. Метод коэффициентов чувствительности. Статистические методы учёта разброса параметров. Статистический синтез компонентов РЭС. Алгоритмы генерации случайных чисел с заданным законом распределения	18/3	2/1	-	4/2	12	ПК-13, ПК-1У, ПК-1В; ПК-23, ПК-2У, ПК-2В	Вопросы текущего контроля по разделу Защита отчёта о выполнении лабораторной работы Выполнение заданий к практическим занятиям
Тема 4.2. Математическое моделирование цифровых устройств. Описание языков моделирования и элементов цифровых устройств в моделях логического уровня. Синхронное моделирование цифровых устройств двоичным алфавитом. Асинхронное двоичное моделирование цифровых устройств	18/2	2/1	4/1	-	12	ПК-13, ПК-1У, ПК-1В; ПК-23, ПК-2У, ПК-2В	
<i>Раздел 5. Численные методы в задачах автоматизированного проектирования РЭС</i>							<i>ФОС ТК-5</i>
Тема 5.1. Численные методы в задачах автоматизированного проектирования РЭС. Методы решения систем линейных алгебраических уравнений. Методы решения систем нелинейных уравнений. Методы решения систем дифференциальных уравнений. Аппроксимация и интерполяция табличных данных. Методы численного дифференцирования. Методы численного интегрирования	14	2	-	-	12	ПК-13, ПК-1У ПК-23, ПК-2У	Вопросы текущего контроля по разделу Защита отчётов о выполнении лабораторных работ Выполнение заданий к практическим занятиям
Тема 5.2. Численные методы расчёта электрических цепей. Современные пакеты прикладных программ моделирования и расчёта электрических цепей на ЭВМ	34/7	2	12/3	8/4	12	ПК-13, ПК-1У, ПК-1В; ПК-23, ПК-2У, ПК-2В	

Раздел 6. Оптимальное проектирование РЭС на основе решения задачи нелинейного программирования						ФОС ТК-6	
Тема 6.1. Приведение задачи проектирования РЭС к задаче нелинейного программирования. Методы одномерного поиска оптимального решения. Градиентные методы оптимизации решения	12	2	-	-	10	ПК-13; ПК-23	Вопросы текущего контроля по разделу
Тема 6.2. Статистические методы оптимизации. Генетические алгоритмы оптимизации. Эвристические алгоритмы оптимизации	12	2	-	-	10	ПК-13; ПК-23	
Курсовая работа	36	-	-	-	36	ПК-13, ПК-1У, ПК-1В; ПК-23, ПК-2У, ПК-2В	ФОС ПА-2
Экзамен	36	-	-	-	36	ПК-13, ПК-1У, ПК-1В; ПК-23, ПК-2У, ПК-2В	ФОС ПА-3
ИТОГО (за 2-ой семестр)	180/12	12/2	16/4	12/6	140		
ИТОГО (за 1-ый и 2-ой семестры)	252/17	24/4	28/7	12/6	188		

## 2.2. Содержание дисциплины

### Раздел 1. Математические модели радиоэлектронных объектов проектирования

**Тема 1.1.** Общие сведения о математических моделях объектов РЭС. Примеры моделей компонентов радиоэлектроники. Электрические модели интегральных схем.

**Литература:** [1,2; с. 70-124], [3; с. 62-87]

**Тема 1.2.** Топологические основы автоматизированного формирования уравнений математической модели РЭС.

**Литература:** [1,2; с. 70-124], [3; с. 87-101]

### Раздел 2. Математические модели РЭС во временной области

**Тема 2.1.** Табличный метод формирования уравнений математической модели для электрической цепи. Топологические методы формирования уравнений математической модели по методу узловых потенциалов. Моделирование РЭС методом переменных состояния.

**Литература:** [1,2; с. 70-124], [3; с. 102-119]

**Тема 2.2.** Моделирование статического режима РЭС. Моделирование переходных процессов в РЭС.

**Литература:** [1,2; с. 70-124], [3; с. 119-137]

### Раздел 3. Математические модели РЭС в частотной области

**Тема 3.1.** Методы моделирования РЭС в частотной области. Применение матриц классической и волновой теории для моделирования РЭС. Формирование системы уравнений математической модели РЭС с использованием матриц классической теории. Формирование системы уравнений математической модели РЭС с использованием матриц рассеяния.

**Литература:** [1,2; с. 101-124], [3; с. 139-158, 162-177]

**Тема 3.2.** Особенности моделирования нелинейных РЭС в частотной области.

**Литература:** [1,2; с. 108-109], [3; с. 158-162]

**Раздел 4. Учёт влияния разброса параметров элементов на характеристики РЭС. Математическое моделирование цифровых устройств**

**Тема 4.1.** Учёт влияния разброса параметров элементов на характеристики РЭС. Формулировка задач учёта влияния разброса параметров. Метод коэффициентов чувствительности. Статистические методы учёта разброса параметров. Статистический синтез компонентов РЭС. Алгоритмы генерации случайных чисел с заданным законом распределения.

**Литература:** [3; с. 269-288]

**Тема 4.2.** Математическое моделирование цифровых устройств. Описание языков моделирования и элементов цифровых устройств в моделях логического уровня. Синхронное моделирование цифровых устройств двоичным алфавитом. Асинхронное двоичное моделирование цифровых устройств.

**Литература:** [1,2; с. 125-138], [3; с. 178-204]

**Раздел 5. Численные методы в задачах автоматизированного проектирования РЭС**

**Тема 5.1.** Численные методы в задачах автоматизированного проектирования РЭС. Методы решения систем линейных алгебраических уравнений. Методы решения систем нелинейных уравнений. Методы решения систем дифференциальных уравнений. Аппроксимация и интерполяция табличных данных. Методы численного дифференцирования. Методы численного интегрирования.

**Литература:** [3; с. 343-362]

**Тема 5.2.** Численные методы расчёта электрических цепей. Современные пакеты прикладных программ моделирования и расчёта электрических цепей на ЭВМ.

**Литература:** [1,2; с. 456-458], [3; с. 460-470]

**Раздел 6. Оптимальное проектирование РЭС на основе решения задачи нелинейного программирования**

**Тема 6.1.** Приведение задачи проектирования РЭС к задаче нелинейного программирования. Методы одномерного поиска оптимального решения. Градиентные методы оптимизации решения.

**Литература:** [1,2; с. 310-327], [3; с. 314-335]

**Тема 6.2.** Статистические методы оптимизации. Генетические алгоритмы оптимизации. Эвристические алгоритмы оптимизации.

**Литература:** [1,2; с. 310-327], [3; с. 336-342]

## **РАЗДЕЛ 3. ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **3.1. Учебно-методическое обеспечение дисциплины**

#### **3.1.1. Основная литература**

1. Муромцев Д. Ю. Математическое обеспечение САПР: учеб. пособие / Д. Ю. Муромцев, И. В. Тюрин. – 2-е изд., перераб. и доп. –СПб.; М.; Краснодар : Лань, 2014. – 464с. (30 экз.).

2. Муромцев Д.Ю. Математическое обеспечение САПР [Электронный ресурс]: учеб. пособие / Д.Ю. Муромцев, И.В. Тюрин. – Электрон. дан. – СПб.: Лань, 2014. – 464 с. – Режим доступа URL: <https://e.lanbook.com/book/42192>.

#### **3.1.2. Дополнительная литература**

3. Алексеев О.В. Автоматизация проектирования радиоэлектронных средств: учеб. пособие для студ. вузов / О. В. Алексеев и др.; под ред. О. В. Алексеева. – М.: Высш. школа, 2000. – 479с. (181 экз.).

4. Муромцев Ю.Л. Информационные технологии проектирования радиоэлектронных средств: учеб. пособие для студ. вузов / Ю. Л. Муромцев и др. – М.: Академия, 2010. – 384 с. (69 экз.).

5. Антипенский Р.В. Схемотехническое проектирование и моделирование радиоэлектронных устройств / Р. В. Антипенский, А. Г. Фадин. –М.: Техносфера, 2007. –128 с. (29 экз.).

#### **3.1.3. Методическая литература к выполнению практических и лабораторных работ**

6. Петров М.Н. Моделирование компонентов и элементов интегральных схем: учеб. пособие для студ. вузов / М. Н. Петров, Г. В. Гудков. – СПб.; М.; Краснодар: Лань, 2011. – 464 с. (100 экз.).

7. Петров М.Н. Моделирование компонентов и элементов интегральных схем [Электронный ресурс]: учеб. пособие / М.Н. Петров, Г.В. Гудков. – Электрон. дан. – СПб.: Лань, 2011. – 464 с. – Режим доступа URL: <https://e.lanbook.com/book/661>.

8. Электротехника и электроника в экспериментах и упражнениях: Лаборатория на компьютере. В 2-х т. / под общ. ред. Д.И. Панфилова. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Изд-во МЭИ. Т. 1: Электротехника: учебное пособие для студ. вузов / Д.И. Панфилов, В.С. Иванов, И.Н. Чепурин. – 2004. – 304 с. (81 экз.)

9. Электротехника и электроника в экспериментах и упражнениях: Лаборатория на компьютере. В 2-х т. / под общ. ред. Д.И. Панфилова. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Изд-во МЭИ. Т. 2: Электроника: учеб. пособие для студ. вузов / Д.И. Панфилов, В.С. Иванов, И.Н. Чепурин и др. – 2004. – 332 с. (46 экз.)

10. Ференец А.В. Компьютерное моделирование аналоговых устройств электроники: учеб. пособие / А. В. Ференец, Г. С. Хайруллина; Мин-во образования и науки РФ, Фед. агентство по образованию, ГОУ ВПО "КГТУ им. А.Н. Туполева". – Казань: Изд-во КГТУ им. А.Н. Туполева, 2009. – 84 с. (52 экз.).

11. Ференец А.В. Компьютерное моделирование цифровых устройств электроники: учеб. пособие / А. В. Ференец, Г. С. Хайруллина; Мин-во образования и науки РФ, Фед. агентство по образованию, ГОУ ВПО "КГТУ им. А.Н. Туполева". – Казань: Изд-во КГТУ им. А.Н. Туполева, 2009. – 62 с. (51 экз.).

## **3.2. Информационное обеспечение дисциплины**

### **3.2.1. Основное информационное обеспечение**

1. Старцев С.А. Математические модели объектов радиоэлектронных средств [Электронный ресурс]: Курс дистанционного обучения по направлению подготовки 11.04.03 «Конструирование и технология электронных средств»

ФГОС ВО / КНИТУ-КАИ, 2015. – Доступ по логину и паролю, URL: [https://bb.kai.ru:8443/webapps/blackboard/execute/content/blankPage?cmd=view&content\\_id=178013\\_1&course\\_id=11579\\_1](https://bb.kai.ru:8443/webapps/blackboard/execute/content/blankPage?cmd=view&content_id=178013_1&course_id=11579_1)

### **3.2.2. Дополнительное справочное обеспечение**

2. Единое окно доступа к образовательным ресурсам. URL: <http://window.edu.ru/>

3. Научно-техническая библиотека КНИТУ-КАИ. URL: <http://library.kai.ru/>

## **3.3. Кадровое обеспечение**

### **3.3.1. Базовое образование**

Преподаватель, ведущий дисциплину, должен иметь высшее образование в области разработки и производства электронных средств и /или наличие учёной степени и/или учёного звания в указанной области и /или наличие дополнительного профессионального образования – профессиональной переподготовки в области разработки и производства электронных средств и /или наличие заключения экспертной комиссии о соответствии квалификации преподавателя профилю преподаваемой дисциплины.

### **3.3.2. Профессионально-предметная квалификация преподавателей**

Наличие у преподавателя, ведущего дисциплину, научных и/или методических работ по организации или методическому обеспечению образовательной деятельности по направлению разработки и производства электронных средств, выполненных в течение трёх последних лет.

### **3.3.3. Педагогическая (учебно-методическая) квалификация преподавателей**

К ведению дисциплины допускаются кадры, имеющие стаж научно-педагогической работы (не менее 1 года); практический опыт работы в области разработки и производства электронных средств на должностях руководителей или ведущих специалистов более 3 последних лет.

Обязательное прохождение повышения квалификации (стажировки) не реже чем один раз в три года, соответствующее профилю преподаваемой дисциплины, либо в области педагогики.