

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Томский государственный университет  
систем управления и радиоэлектроники

Д.В.Озеркин

## **ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ЭЛЕКТРОНИКЕ**

Методические указания по организации самостоятельной работы  
для студентов направления 110303 «Конструирование и технология электронных средств»

Томск  
2022

УДК 004.91  
ББК 32.85  
О-46

**Рецензент:**  
**Несмелова Н.Н.**, доцент кафедры  
радиоэлектронных технологий и экологического мониторинга, канд. б. наук

**Озеркин, Денис Витальевич**

Информационные технологии в электронике : Методические указания по организации самостоятельной работы для студентов направления 110303 «Конструирование и технология электронных средств»/ Д.В.Озеркин. – Томск: Томск. гос. ун-т систем упр. и радиоэлектроники, 2022. – 17 с.

О-46 Целями дисциплины «Информационные технологии в электронике» являются: обеспечение необходимого уровня компетенций студентов-бакалавров направления 110303 «Конструирование и технология электронных средств» в области современных информационных технологий; обучение студентов принципам построения информационных моделей; освоение студентами необходимых технических и программных средств, развитие навыков работы на персональных компьютерах в современных операционных системах для решения различных профессиональных задач.

Методические указания предназначены для студентов направления 110303 «Конструирование и технология электронных средств» (бакалавриат).

Одобрено на заседании кафедры РЭТЭМ протокол № 78 от 16.02.2022.

УДК 004.91  
ББК 32.85

© Озеркин Д.В., 2022  
© Томск. гос. ун-т систем упр.  
и радиоэлектроники

## ОГЛАВЛЕНИЕ

1. Общие сведения .....	4
2 Объем дисциплины и виды учебной работы .....	6
3 Рейтинговая система для оценки успеваемости студентов .....	11
4 Оценочные материалы .....	12
4.1 Тестовые задания.....	12
4.2 Темы опросов на занятиях.....	15
4.3 Вопросы на зачет .....	15
4.4 Экзаменационные вопросы.....	15
4.5 Вопросы на самоподготовку.....	16
4.6 Темы лабораторных работ .....	16
4.7 Темы курсовых работ.....	16
Список литературы.....	17

## 1. Общие сведения

Цели дисциплины:

- обеспечение необходимого уровня компетенций студентов-бакалавров по направлению 11.03.03 «Конструирование и технология электронных средств» в области современных информационных технологий;
- обучение студентов программированию на языке высокого уровня;
- изучение принципов построения и использования информационных моделей;
- освоение студентами необходимых технических и программных средств для решения различных профессиональных задач;
- развитие навыков работы на персональных компьютерах (ПК) в современных операционных системах.

Задачи дисциплины:

- получение практических навыков программирования на языке высокого уровня и освоение технологии программирования в соответствующей диалоговой среде;
- знакомство с основными методами численных вычислений и обработки информации;
- освоение методов тестирования и отладки разрабатываемых приложений;
- знакомство с моделями функциональных и вычислительных задач, наиболее часто встречающихся в практике конструктора радиоэлектронных средств (РЭС);
- знакомство с математически пакетом прикладных программ MathCAD; получение практических навыков решения различных профессиональных вычислительных задач.

Дисциплина «Информационные технологии в электронике» (Б1.В.02.04) относится к модулю направленности блока Б1. Дисциплины рабочего учебного плана для направления подготовки 110303 «Конструирование и технология электронных средств».

Последующими дисциплинами являются: «Автоматизированное проектирование электронных средств», «Защита выпускной квалификационной работы, включая подготовку к процедуре защиты и процедуру защиты», «Моделирование и оптимизация технологических процессов электронных средств», «Проектная деятельность» (ГПО-1, ..., ГПО-4), «Учебно-проектная работа» (УПД-1, ..., УПД-4).

Процесс изучения дисциплины «Информационные технологии в электронике» направлен на формирование следующих компетенций:

- ОПК-3 способен применять методы поиска, хранения, обработки, анализа и представления в требуемом формате информации из различных источников и баз данных, соблюдая при этом основные требования информационной безопасности;
- ОПК-4 способен понимать принципы работы современных информационных технологий и использовать их для решения задач профессиональной деятельности;
- ПКР-1 способен строить простейшие физические и математические модели схем, конструкций и технологических процессов электронных средств различного функционального назначения, а также использовать стандартные программные средства их компьютерного моделирования.

В результате изучения дисциплины студент должен:

- **знать** структуру персонального компьютера; принципы действия периферийных устройств; основы алгоритмизации инженерных задач; основы программирования на алгоритмическом языке высокого уровня; основные положения теории информации; основы применения вычислительной техники при разработке и эксплуатации

радиоэлектронных систем;

– **уметь** работать на персональном компьютере, используя системные и прикладные программные средства; составлять алгоритмы решаемых прикладных задач и осуществлять их реализацию на персональном компьютере; применять вычислительную технику при оформлении отчётной документации, эксплуатации радиоэлектронных устройств и систем;

- **владеть** навыками работы в среде MathCAD и MicroCAP; основами разработки, отладки и тестирования программ для решения практических задач на языке программирования высокого уровня; основными приёмами обработки экспериментальных данных; методами моделирования или исследования радиоэлектронных узлов и систем для решения прикладных задач; приёмами антивирусной защиты.

## 2 Объем дисциплины и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 6 зачетных единиц и представлена в таблице 2.1.

Таблица 2.1 – Трудоемкость дисциплины

Виды учебной деятельности	Всего часов	Семестр	
		3	4
Аудиторные занятия (всего)	110	38	72
Лекции	36	18	18
Лабораторные работы	56	20	36
Курсовая работа	18	-	18
Самостоятельная работа (всего)	70	34	36
Всего (без экзамена)	180	72	108
Подготовка и сдача экзамена	36	-	36
Общая трудоемкость, ч	216	72	144
Зачетные Единицы	6	2	4

Разделы дисциплины и виды занятий приведены в таблице 2.2.

Таблица 2.2 – Разделы дисциплины и виды занятий

Названия разделов дисциплины	Лек., ч	Лаб. раб., ч	Курсовая работа, ч	Сам. раб., ч	Всего часов (без экзамена)	Формируемые компетенции
3 семестр						
1 Математические модели при проектировании РЭС и компьютерное моделирование	18	20	-	34	72	ОПК-3 ОПК-4 ПКР-1
	<b>18</b>	<b>20</b>	<b>-</b>	<b>34</b>	<b>72</b>	
4 семестр						
2 Схмотехнический симулятор SPICE формата MicroCAP	10	18	8	18	54	ОПК-3 ОПК-4 ПКР-1
3 Моделирование цифровых устройств	8	18	10	18	54	ОПК-3 ОПК-4 ПКР-1
Итого за семестр	<b>18</b>	<b>36</b>	<b>18</b>	<b>36</b>	<b>108</b>	
Итого	<b>36</b>	<b>56</b>	<b>18</b>	<b>70</b>	<b>180</b>	

Содержание разделов дисциплин (по лекциям) приведено в таблице 2.3.

Таблица 2.3 – Содержание разделов дисциплин (по лекциям)

Названия разделов	Содержание разделов дисциплины по лекциям	Трудо- емкость, ч	Формиру- емые компетен- ции
3 семестр			
1 Математические модели при проектировании РЭС и компьютерное моделирование	Информационные технологии проектирования РЭС. Умение выбрать и правильно сформировать модель - основа эффективности использования компьютера при проектировании РЭС. Классификация математических моделей. Требования к математическим моделям. Получение математических моделей технических подсистем РЭС. Формальная аналогия электрических, тепловых, механических и других подсистем. Базовые численные методы. Назначение и основные возможности системы математических расчётов MathCAD. Назначение и основные возможности систем компьютерного моделирования. Использование методов оптимизации при проектировании РЭС. Моделирование статических и динамических режимов при проектировании РЭС. Моделирование частотных характеристик РЭС	18	ОПК-3 ОПК-4 ПКР-1
	Итого	<b>18</b>	
Итого за семестр		<b>18</b>	
4 семестр			
2 Схемотехнический симулятор SPICE формата MicroCAP	Графические возможности. Моделирование. Создание новых моделей компонентов. Основные возможности обработки результатов анализа	10	ОПК-3 ОПК-4 ПКР-1
	Итого	<b>10</b>	
2 Моделирование цифровых устройств	Цифровые узлы. Цифровые состояния. Временные модели. Задержки распространения сигналов. Цифровые задержки и интервалы неоднозначности сигналов. Паразитные импульсы вследствие логических состязаний.	8	ОПК-3 ОПК-4 ПКР-1
	Итого	<b>8</b>	
Итого за семестр		<b>18</b>	

Наименование лабораторных работ приведено в таблице 2.4.

Таблица 2.4 – Наименование лабораторных работ

Названия разделов	Наименование лабораторных работ	Трудо- емкость, ч	Формиру- емые компетен- ции
<b>3 семестр</b>			
1 Математические модели при проектировании РЭС и компьютерное моделирование	Арифметические вычисления в MathCAD	4	ОПК-3 ОПК-4 ПКР-1
	Физические вычисления с использованием единиц измерения	4	
	Операции с векторами и матрицами	4	
	Аналитические выражения	4	
	Нахождение корней уравнений	4	
	Итого	<b>20</b>	
Итого за семестр		<b>20</b>	
<b>4 семестр</b>			
2 Схемотехнический симулятор SPICE формата MicroCAP	Типовые приемы работы в MicroCAP, необходимые для выполнения лабораторных работ	4	ОПК-3 ОПК-4 ПКР-1
	Синтез комбинационных логических устройств	4	
	Минимизация недоопределенных логических функций	4	
	Минимизация системы логических функций	6	
	Итого	<b>18</b>	
3 Моделирование цифровых устройств	Универсальные логические модули на основе мультиплексоров	4	
	Проектирование цифровых автоматов на JK-триггерах	4	
	Альтернативные способы проектирования автоматов с памятью	4	
	Проектирование двоично-кодированных счетчиков с произвольным модулем	6	
	Итого	<b>18</b>	
Итого за семестр		<b>36</b>	

Виды самостоятельной работы, трудоемкость и формируемые компетенции представлены в таблице 2.5.

Таблица 2.5 – Виды самостоятельной работы, трудоемкость и формируемые компетенции

Названия разделов	Виды самостоятельной работы	Трудо-емкость, ч	Формируемые компетенции	Формы контроля
<b>3 семестр</b>				
1 Математические модели при проектировании РЭС и компьютерное моделирование	Проработка лекционного материала	16	ОПК-3 ОПК-4 ПКР-1	Зачет, конспект самоподготовки, опрос на занятиях, отчет по лабораторной работе, тест
	Оформление отчетов по лабораторным работам	18		
	<b>Итого</b>	<b>34</b>		
<b>Итого за семестр</b>		<b>34</b>		
<b>4 семестр</b>				
2 Схемотехнический симулятор SPICE формата MicroCAP	Проработка лекционного материала	6	ОПК-3 ОПК-4 ПКР-1	Экзамен, конспект самоподготовки, опрос на занятиях, отчет по лабораторной работе, тест, контроль выполнения этапов курсовой работы
	Оформление отчетов по лабораторным работам	6		
	Выполнение этапов курсовой работы	6		
	<b>Итого</b>	<b>18</b>		
3 Моделирование цифровых устройств	Проработка лекционного материала	6	ОПК-3 ОПК-4 ПКР-1	Экзамен, конспект самоподготовки, опрос на занятиях, отчет по лабораторной работе, тест, защита курсовой работы
	Оформление отчетов по лабораторным работам	6		
	Оформление курсовой работы	6		
	<b>Итого</b>	<b>18</b>		
<b>Итого за семестр</b>		<b>36</b>		
	Подготовка и сдача экзамена	<b>36</b>		Экзамен
<b>Итого</b>		<b>106</b>		

Трудоемкость аудиторных занятий и формируемые компетенции в рамках выполнения курсовой работы представлены в таблице 2.6.

Таблица 2.6 – Трудоемкость аудиторных занятий и формируемые компетенции в рамках выполнения курсовой работы

Наименование аудиторных занятий	Трудоемкость, ч	Формируе мые компетенц ии
4 семестр		
Получение варианта задания. Выбор программного комплекса для расчетов электрической схемы постоянного тока	4	ОПК-3 ОПК-4 ПКР-1
Расчет цепей по законам Кирхгофа. Расчет цепей методом контурных токов. Расчет цепей методом узловых потенциалов	4	
Расчет цепей методом наложения. Расчет цепей методом эквивалентного генератора. Расчет цепей методом преобразования	4	
Оформление пояснительной записки и защита курсовой работы	6	
Итого за семестр	<b>18</b>	

### 3 Рейтинговая система для оценки успеваемости студентов

Таблица 3.1 – Балльные оценки для элементов контроля

Элементы учебной деятельности	Максимальный балл на 1-ую КТ с начала семестра	Максимальный балл за период между 1КТ и 2КТ	Максимальный балл за период между 2КТ и на конец семестра	Всего за семестр
3 семестр				
Зачет			20	20
Конспект самоподготовки	6	6	8	20
Опрос на занятиях	6	6	8	20
Отчет по лабораторной работе	6	6	8	20
Тест	6	6	8	20
Итого максимум за период	24	24	52	100
Нарастающим итогом	24	48	100	100
4 семестр				
Конспект самоподготовки	5	5	6	16
Опрос на занятиях	5	5	6	16
Отчет по лабораторной работе	8	8	6	22
Тест	5	5	6	16
Итого максимум за период	23	23	24	70
Экзамен				30
Нарастающим итогом	23	46	70	100

Пересчет баллов в оценки за контрольные точки представлен в таблице 3.2.

Таблица 3.2 – Пересчет баллов в оценки за контрольные точки

Баллы на дату контрольной точки	Оценка
≥ 90% от максимальной суммы баллов на дату КТ	5
От 70% до 89% от максимальной суммы баллов на дату КТ	4
От 60% до 69% от максимальной суммы баллов на дату КТ	3
< 60% от максимальной суммы баллов на дату КТ	2

## 4 Оценочные материалы

### 4.1 Тестовые задания

Вопрос 1. Функция, выполняющая операцию подстановки в MathCAD это:

1. simplify
2. expand
3. substitute
4. factor

Вопрос 2. Функция mod(a,b) в MathCAD находит:

1. Наименьшее общее кратное
2. Остаток от деления
3. Наименьший общий делитель
4. Число сочетаний

Вопрос 3. В окне для построения декартова графика в MathCAD, пустое поле в середине горизонтальной оси предназначено:

1. для независимой переменной
2. для функции
3. для значения, устанавливающего размер границы
4. для названия оси

Вопрос 4. Решая уравнения или системы уравнений в MathCAD с помощью блока given-minerr, решение будет:

1. минимальное
2. точное
3. максимальное
4. приближенное

Вопрос 5. В окне для построения декартова графика пустое поле в середине вертикальной оси, предназначено для:

1. для значения, устанавливающего размер границы
2. для дискретной переменной
3. для функции
4. для названия оси

Вопрос 6. Математическая панель MathCAD не содержит кнопку:

1. ключевые слова символьных вычислений
2. калькулятор
3. панель тригонометрических функций
4. панель программирования

Вопрос 7. Функция, выполняющая операцию раскрытия скобок и приведения подобных, обозначается как:

1. factor
2. expand
3. simplify
4. substitute

Вопрос 8. Функция, которая создает единичную матрицу порядка n, обозначается как:

1. diag(n)
2. rref(n)
3. identity(n)
4. stack(n)

Вопрос 9. Укажите восьмеричное число:

1. 345o
2. 345b
3. 345h
4. 345i

Вопрос 10. Для построения двух графиков в одной системе координат в окне для выражения вписываются обе функции, между которыми ставится знак:

1. :
2. ;
3. !
4. ,

Вопрос 11. С какого момента времени проводится анализ во временной области в программном комплексе MicroCAP?

1. После того, как электрическая схема войдет в стационарный режим.
2. С любого момента времени.
3. Анализ во временной всегда проводится с момента времени  $t = 0$ .
4. Анализ во временной всегда проводится с момента времени  $t = 10$  мкс.

Вопрос 12. Где можно выбрать графические образы электрорадиоизделий в программном комплексе MicroCAP?

1. На панели инструментов.
2. В строке статуса.
3. На рабочем поле.
4. Путем экспорта из стороннего программного комплекса.

Вопрос 13. Что такое целевая функция на основе многовариантного анализа в программном комплексе MicroCAP?

1. Вещественная или целочисленная функция нескольких переменных, подлежащая оптимизации (минимизации или максимизации) в целях решения некоторой оптимизационной задачи.

2. Наглядная демонстрация функциональной зависимости какого-либо параметра семейства характеристик от вариации глобальной переменной.

3. Наглядная демонстрация функциональной зависимости какой-либо переменной семейства характеристик от вариации параметра электрорадиоизделия.

4. Наглядная демонстрация функциональной зависимости какого-либо параметра семейства характеристик от вариации параметра электрорадиоизделия.

Вопрос 14. Что такое автоматическое масштабирование в программном комплексе MicroCAP?

1. Это опция, позволяющая в автоматическом режиме подбирать такой масштаб представления графиков, чтобы они максимально заполняли рабочее пространство окна.

2. Это метод, используемый в облачных вычислениях, который динамически регулирует объем вычислительных ресурсов на серверах.

3. Это вид графического представления электрорадиоизделий, размещаемых на

рабочем поле чертежа.

4. Это кнопка в стандартном интерфейсе операционной системы Windows для расширения окна на весь экран.

Вопрос 15. Какие методы приращения независимой переменной существуют в программном комплексе MicroCAP?

1. Линейный, Логарифмический, Произвольный список.
2. Никакой, Линейный, Логарифмический, Произвольный список.
3. Произвольный список.
4. Никакой, Линейный, Логарифмический, Экспоненциальный, Произвольный список.

Вопрос 16. В чем заключается анализ схемы в частотной области в программном комплексе MicroCAP?

1. Нахождение потенциалов всех узлов схемы и токов, протекающих во всех ветвях.
2. Сначала рассчитывается режим по постоянному току, затем линейризуются все нелинейные компоненты.
3. Сначала рассчитывается режим по постоянному току, затем линейризуются все нелинейные компоненты и выполняется расчет комплексных амплитуд узловых потенциалов и токов ветвей.
4. Выполняется расчет комплексных амплитуд узловых потенциалов и токов ветвей.

Вопрос 17. Каким образом происходит переключение осей абсцисс и ординат с линейного масштаба на логарифмический в программном комплексе MicroCAP?

1. С помощью графических кнопок в диалоговом окне для задания параметров моделирования.
2. С помощью выбора пунктов меню в окне программного комплекса MicroCAP.
3. С помощью написания команд в командной строке.
4. С помощью левой кнопки мыши на графике.

Вопрос 18. Каким образом можно узнать значения второй независимой переменной на графике семейства кривых?

1. С помощью команды Scope / Label Branches.
2. С помощью команды Analysis / AC.
3. С помощью команды Analysis / Transient.
4. С помощью команды DC / Performance Window.

Вопрос 19. С помощью каких стандартных функций записывается амплитуда в децибелах и фаза в градусах в программном комплексе MicroCAP?

1. exp и ln.
2. db и ph.
3. pwr и fact.
4. rnd и str.

Вопрос 20. Каким образом записываются дольные и кратные величины в программном комплексе MicroCAP?

1. С помощью действительных чисел с фиксированным десятичным знаком.
2. С помощью действительных чисел с фиксированным десятичным знаком; с помощью действительных чисел с плавающим десятичным знаком.
3. С помощью команд в командной строке.
4. С помощью действительных чисел с фиксированным десятичным знаком; с

помощью действительных чисел с плавающим десятичным знаком; с помощью зарезервированных суффиксов.

#### 4.2 Темы опросов на занятиях

Тема 1. Информационные технологии проектирования РЭС.

Тема 2. Классификация математических моделей.

Тема 3. Требования к математическим моделям.

Тема 4. Получение математических моделей технических подсистем РЭС.

Тема 5. Формальная аналогия электрических, тепловых, механических и других подсистем.

#### 4.3 Вопросы на зачет

Вопрос 1. Типы данных в MathCAD.

Вопрос 2. Символьные расчеты в MathCAD.

Вопрос 3. Операторы в MathCAD.

Вопрос 4. Управление вычислениями в MathCAD.

Вопрос 5. Матричные вычисления.

Вопрос 6. Использование матричных функций.

Вопрос 7. Программирование в MathCAD.

Вопрос 8. Комплексные числа в MathCAD.

Вопрос 9. Двумерные графики в MathCAD.

Вопрос 10. 3D-графики в MathCAD.

Вопрос 11. Упрощение выражений и алгебраические преобразования в MathCAD.

Вопрос 12. Решение уравнений и систем уравнений в MathCAD.

Вопрос 13. Решение неравенств в MathCAD.

Вопрос 14. Вычисление интегралов в MathCAD.

Вопрос 15. Вычисление интегралов в MathCAD.

Вопрос 16. Ряды и пределы в MathCAD.

Вопрос 17. Исследование функций и оптимизация в MathCAD.

Вопрос 18. Аналитическое решение обыкновенных дифференциальных уравнений в MathCAD.

Вопрос 19. Численное решение обыкновенных дифференциальных уравнений в MathCAD.

Вопрос 20. Дифференциальные уравнения в частных производных в MathCAD.

#### 4.4 Экзаменационные вопросы

Вопрос 1. Пирамидальные структуры универсальных логических модулей.

Вопрос 2. Синтез одноступенчатого JK-триггера с внутренними задержками.

Вопрос 3. Этапы проектирования автоматов с памятью.

Вопрос 4. Этапы проектирования произвольной логики комбинационного типа.

Вопрос 5. Три способа настройки универсальных логических модулей на основе мультиплексоров.

Вопрос 6. Счетчики с недвоичном кодированием 1 из  $N$ .

Вопрос 7. Параллельные двоичные счетчики.

Вопрос 8. Двоичные счетчики.

- Вопрос 9. Нагрузочная способность цифрового узла.  
Вопрос 10. Цифровые выходы с открытым коллектором.

#### 4.5 Вопросы на самоподготовку

- Тема 1. Назначение и основные возможности систем компьютерного моделирования.  
Тема 2. Использование методов оптимизации.  
Тема 3. Моделирование статических и динамических режимов.  
Тема 4. Моделирование частотных характеристик.  
Тема 5. Аналоговые и цифровые узлы.

#### 4.6 Темы лабораторных работ

- Работа 1. Арифметические вычисления в MathCAD.  
Работа 2. Физические вычисления с использованием единиц измерения.  
Работа 3. Операции с векторами и матрицами.  
Работа 4. Аналитические выражения.  
Работа 5. Нахождение корней уравнений.  
Работа 6. Типовые приемы работы в MicroCAP, необходимые для выполнения лабораторных работ.  
Работа 7. Синтез комбинационных логических устройств  
Работа 8. Минимизация недоопределенных логических функций  
Работа 9. Минимизация системы логических функций.  
Работа 10. Универсальные логические модули на основе мультиплексоров  
Работа 11. Проектирование цифровых автоматов на JK-триггерах  
Работа 12. Альтернативные способы проектирования автоматов с памятью  
Работа 13. Проектирование двоично-кодированных счетчиков с произвольным модулем.

#### 4.7 Темы курсовых работ

Первая группа заданий в количестве 25 вариантов. Расчет линейной электрической схемы постоянного тока с помощью программного комплекса OpenOffice Calc. Конкретное задание для студента формируется на основе обобщенной схемы и вектора параметров из таблицы (см. методические указания по курсовой работе).

Вторая группа заданий в количестве 25 вариантов. Расчет линейной электрической схемы постоянного тока с помощью программного комплекса Lazarus. Конкретное задание для студента формируется на основе обобщенной схемы и вектора параметров из таблицы (см. методические указания по курсовой работе).

Третья группа заданий в количестве 25 вариантов. Расчет линейной электрической схемы постоянного тока с помощью программного комплекса MathCAD. Конкретное задание для студента формируется на основе обобщенной схемы и вектора параметров из таблицы (см. методические указания по курсовой работе).

## Список литературы

1. Алексеев, Е. Р. Free Pascal и Lazarus: Учебник по программированию / Е. Р. Алексеев, О. В. Чеснокова, Т. В. Кучер. – Москва : Издательский дом «ДМК-пресс», 2010. – 440 с.
2. Алексеев, Е. Р. Самоучитель по программированию на Free Pascal и Lazarus / Е. Р. Алексеев, О. В. Чеснокова, Т. В. Кучер. – Донецк : ДонНТУ, Технопарк ДонНТУ УНИТЕХ, 2011. – 503 с.
3. Кетков, Ю. Л. Свободное программное обеспечение. FREE PASCAL для студентов и школьников / Ю. Л. Кетков, А. Ю. Кетков. – Санкт-Петербург : БХВ-Петербург, 2011. – 384 с.
4. Мансуров, К. Т. Основы программирования в среде Lazarus. – Москва : Нобель пресс, 2013. – 772 с.
5. Lazarus Tutorial/ru : сайт / База знаний о Free Pascal, Lazarus и родственных проектах – URL: [http://wiki.freepascal.org/Lazarus\\_Tutorial/ru](http://wiki.freepascal.org/Lazarus_Tutorial/ru) (дата обращения 04.03.2022). – Режим доступа: свободный.
6. Очков, В. Ф. Mathcad 14 для студентов, инженеров и конструкторов. – Санкт-Петербург : БХВ-Петербург, 2007. – 368 с.
7. Каганов, В. И. Радиотехника + компьютер + Mathcad. – М.: Горячая линия - Телеком, 2001. – 416 с.
8. Поршнева, С. В. Численные методы на базе MathCAD / С. В. Поршнева, И. В. Беленкова. – Санкт-Петербург : БХВ-Петербург, 2005. – 464 с.
9. Панферов, А. И. Применение Mathcad в инженерных расчетах: Учеб. пособие / А. И. Панферов, А. В. Лопарев, В. К. Пономарев. – Санкт-Петербург : СПбГУАП, 2004. – 88 с.
10. Гурский, Д. А. Вычисления в Mathcad 12 / Д. А. Гурский, Е. С. Турбина. – Санкт-Петербург : Питер, 2006. – 544 с.
11. Васильев, А. Н. Mathcad 13 на примерах. – Санкт-Петербург : БХВ-Петербург, 2006. – 528 с.
12. Дьяконов, В.П. Новые информационные технологии: Учебное пособие. Часть 3. Основы математики и математическое моделирование / В. П. Дьяконов, И. В. Абраменкова, А. А. Пеньков. – Смоленск : СГПУ, 2003. – 192 с.
13. Фриск, В. В. Основы теории цепей. Расчеты и моделирование с помощью пакета компьютерной математики MathCAD. – Москва : СОЛОН-Пресс, 2006. – 88 с.
14. Бессонов, Л. А. Теоретические основы электротехники: Электрические цепи. – 10-е изд. – Москва : Гардарики, 2001. – 640 с.