

Направление подготовки 11.03.04 «Электроника и нанoeлектроника»  
Профиль «Промышленная электроника»  
РПД Б1.О.16 «Математическое моделирование электронных цепей»



**Филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения  
высшего образования  
«Национальный исследовательский университет «МЭИ»  
в г. Смоленске**

**УТВЕРЖДАЮ**

Зам. директора  
по учебно-методической работе  
филиала ФГБОУ ВО  
«НИУ «МЭИ» в г. Смоленске

В.В. Рожков

« 25 » 08 2021 г.



**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ  
Математическое моделирование электронных цепей**  
(НАИМЕНОВАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ)

Направление подготовки (специальность): 11.03.04 «Электроника и нанoeлектроника»

Профиль: «Промышленная электроника»

Уровень высшего образования: бакалавриат

Нормативный срок обучения: 4 года 11 месяцев

Форма обучения: заочная

Год набора: 2021

Смоленск

Программа составлена с учетом ФГОС ВО по направлению подготовки / специальности 11.03.04 «Электроника и нанoeлектроника», утвержденного приказом Минобрнауки России от «19» сентября 2017 г. № 927

**Программу составил:**

доцент

«Электроники и микропроцессорной техники»

канд. техн. наук, доцент

Амелин Сергей Александрович

ФИО

«24» июня 2021 г.

Программа обсуждена и одобрена на заседании кафедры «Электроники и микропроцессорной техники»

«25» июня 2021 г., протокол № 11

**Заведующий кафедрой «Электроники и микропроцессорной техники»:**

подпись

Якименко Игорь Владимирович

ФИО

«02» июля 2021 г.

РПД адаптирована для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

**Ответственный в филиале по работе с ЛОВЗ и инвалидами**

подпись

Зуева Елена Владимировна

ФИО

«02» июля 2021 г.

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

**Целью** является подготовка обучающихся к научно-исследовательской и проектно-конструкторской деятельности по направлению бакалавриата 11.03.04 «Электроника и наноэлектроника» посредством обеспечения этапов формирования компетенций, предусмотренных ФГОС, в части представленных ниже знаний, умений и навыков.

**Задачи:** изучение понятийного аппарата дисциплины, основных теоретических положений и методов, привитие навыков применения теоретических знаний для решения практических задач.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОП ВО

Дисциплина «Математическое моделирование электронных цепей» относится к обязательной части программы.

Для изучения данной дисциплины необходимы знания, умения и навыки, формируемые предшествующими дисциплинами: Б1.О.04 «Высшая математика»,

Перечень дисциплин, знания, умения и навыки, которых формируются параллельно с данной дисциплиной: Б1.О.10 «Теория электрорадиоцепей», Б1.О.11 «Основы электроники и наноэлектроники».

## 3. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Освоение дисциплины направлено на формирование элементов следующих компетенций в соответствии с ФГОС ВО и ОП ВО по данному направлению подготовки:

### Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с индикаторами достижения компетенций

Компетенция	Индикаторы достижения компетенций	Результаты обучения
ОПК-1 Способен использовать положения, законы и методы естественных наук и математики для решения задач инженерной деятельности	ОПК-1.1 Использует положения, законы и методы естественных наук для решения задач инженерной деятельности	<i>Знает:</i> Как использовать положения, законы и методы естественных наук для решения задач инженерной деятельности в области математического моделирования электронных цепей. <i>Умеет:</i> Использовать положения, законы и методы естественных наук для решения задач инженерной деятельности в области математического моделирования электронных цепей. <i>Владеет:</i> Методами использования положений, законов и методов естественных наук для решения задач инженерной деятельности в области математического моделирования электронных цепей.
	ОПК-1.2 Использует положения, законы и методы математики для решения задач инженерной деятельности	<i>Знает:</i> Как применять положения, законы и методы математики для решения задач инженерной деятельности в области математического моделирования электронных цепей. <i>Умеет:</i> Применять положения, законы и методы математики для решения задач инженерной деятельности в области мате-

		<p>матического моделирования электронных цепей. Владеет: Методами применения положений, законов и методов математики для решения задач инженерной деятельности в области математического моделирования электронных цепей.</p>
--	--	---

#### 4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

##### Структура дисциплины:

Индекс	Наименование	Форма контроля							з.е.		-	Итого акад. часов						Курс 3									
		Экзамен	Зачет	Зачет с оц.	КР	Контр.	Реферат	РГР	Экспертное	Факт.		Часов в з.е.	Экспертное	По плану	Контакт. часы	СР	Контроль	Сессия 3									
																		з.е. на курсе	Итого	Лек.	Лаб.	Пр	КРП	СР	Контроль	Формы контр.	
Б1.О.17	Математическое моделирование электронных цепей	3				33			7	7	36	252	252	16	227	9	7	252	8	8			227	9	эзк		

##### ОБОЗНАЧЕНИЯ:

##### Виды промежуточной аттестации (виды контроля):

Экз — экзамен;

ЗаО — зачет с оценкой;

За — зачет;

##### Виды работ:

Контакт. — контактная работа обучающихся с преподавателем;

Лек. — лекционные занятия;

Лаб. — лабораторные работы;

Пр. — практические занятия;

КРП — курсовая работа (курсовой проект);

РГР — расчетно-графическая работа (реферат);

СР — самостоятельная работа студентов;

з.е. — объем дисциплины в зачетных единицах.

**Содержание дисциплины:**

№	Наименование видов занятий и тематик, содержание										
1	Лекционные занятия 4 шт. по 2 часа (8 час.): 1.1 Основные понятия математического моделирования. Классификация математических моделей. Анализ результатов моделирования 1.2 Идеология моделирования электронных цепей в программе Micro-Cap. Основные виды анализа и моделирования, реализуемые при помощи программы Micro-Cap.										
2	Лабораторные работы 2 шт. по 4 часа (8 час.): 2.1 Работа в схемном редакторе программы Micro-Cap. 2.7 Анализ работы электронных схем во временной области при помощи программы Micro-Cap.										
3	Контрольная работа 2 шт.										
4	<table border="0" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 80%;">Самостоятельная работа студентов:</td> <td style="text-align: right;">час.</td> </tr> <tr> <td>4.1. Изучение материалов лекций</td> <td style="text-align: right;">8</td> </tr> <tr> <td>4.2. Подготовка к лабораторным работам</td> <td style="text-align: right;">8</td> </tr> <tr> <td>4.3. Подготовка к контрольным работам</td> <td style="text-align: right;">4</td> </tr> <tr> <td>4.4 Самостоятельное изучение материалов дисциплины</td> <td style="text-align: right;">207</td> </tr> </table> 1. Программа схемотехнического моделирования Micro-Cap. Основные возможности, идеология работы с программой Micro-Cap. 2. Общие принципы создания моделей электронных компонентов. Базовый набор элементов для построения моделей. Модели идеального и неидеального резистора, их параметры и область применения. 3. Модели неидеального конденсатора. Параметры моделей, область применимости. 4. Модели неидеальной линейной и нелинейной катушки индуктивности. Параметры моделей, область применимости. 5. Модели трансформатора с линейным сердечником. Параметры модели, область применимости. 6. Модели источников ЭДС и источников тока. Зависимые и независимые источники. Учет в модели неидеальности источников тока и напряжения. 7. Модель усилителя. Модель диода. Модель биполярного транзистора. Модель полевого транзистора. 8. Модели разного уровня сложности и критерии их выбора. 1.10. Электрические сигналы, их классификация, параметры и математические модели. 9. Понятие стационарного режима работы электронной цепи. Параметры стационарного режима. Особенности анализа стационарного режима в программе Micro-Cap. 10. Анализ работы цепи во временной области. Понятие переходного процесса. Основные параметры анализа во временной области. 11. Частотный анализ электронной цепи. Основные частотные характеристики. Использование программы Micro-Cap для получения частотных характеристик электронных цепей. 12. Понятие статических характеристик. Общие принципы получения статических характеристик. Использование программы Micro-Cap для получения статических вольт-амперных характеристик. 13. Формы представления результатов моделирования. Дополнительные возможности результатов моделирования, предоставляемые программой Micro-Cap. 14. Спектры электрических сигналов. Математический аппарат спектрального анализа. Средства спектрального анализа программы Micro-Cap. Построение	Самостоятельная работа студентов:	час.	4.1. Изучение материалов лекций	8	4.2. Подготовка к лабораторным работам	8	4.3. Подготовка к контрольным работам	4	4.4 Самостоятельное изучение материалов дисциплины	207
Самостоятельная работа студентов:	час.										
4.1. Изучение материалов лекций	8										
4.2. Подготовка к лабораторным работам	8										
4.3. Подготовка к контрольным работам	4										
4.4 Самостоятельное изучение материалов дисциплины	207										

	<p>спектральных диаграмм.</p> <p>15. Математическое описание различных типов фильтров.</p> <p>16. Синтез активных фильтров. Окно диалога синтеза активных фильтров. Списки компонентов (Component lists). Задание параметров фильтра в режиме Mode 1.</p> <p>Задание параметров фильтра в режиме Mode 2.</p> <p>17. Синтез пассивных фильтров. Математическое описание пассивных фильтров.</p> <p>Окно диалога синтеза пассивных фильтров</p> <p>18 Основные понятия цифрового моделирования, цифровые узлы, цифровые состояния. Временные модели (Timing models), задержки распространения сигналов (Propagation delays).</p> <p>19. Модели цифровых компонентов. Общий формат цифровых примитивов. Структура модели цифрового компонента. Цифровые SPICE-примитивы, используемые в Micro-Cap.</p> <p>20. Логические вентили (Gates). Триггеры. Подтягивающие резисторы Pullup и Pulldown. Цифровая безынерционная линия задержки. Программируемые логические матрицы.</p> <p>21. Многозарядные аналого-цифровые преобразователи. Многозарядные цифроаналоговые преобразователи. Генераторы цифровых сигналов (Stimulus generators).</p> <p>22. Интерфейсная модель (I/O model), цифроаналоговый интерфейс. Аналого-цифровой интерфейс. Интерфейсные модели основных серий цифровых интегральных схем.</p>	
	<b>Всего:</b>	<b>227</b>
	4.5. Подготовка к экзамену	9

**Текущий контроль:** Письменный контрольный опрос по изученному теоретическому материалу и полученным практическим навыкам проводится на практических и лабораторных занятиях.

## 5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

№ п/п	Виды учебных занятий	Образовательные технологии
1.	Лекции	Интерактивная лекция (лекция-визуализация). Индивидуальные и групповые консультации по дисциплине.
2.	Практические занятия	Технология обучения на основе решения задач и выполнения упражнений.
3.	Самостоятельная работа студентов (внеаудиторная)	Информационно-коммуникационные технологии (доступ к ЭИОС филиала, к ЭБС филиала, доступ к информационно-методическим материалам по дисциплине).
4.	Контроль (промежуточная аттестация: зачет или экзамен)	Технология устного опроса.

## 6. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ДЛЯ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

В качестве формы текущего контроля учебным планом предусмотрены две контрольные работы. Контрольные работы проводятся в форме теста.

### Вопросы к контрольной работе №1

1. Где отображаются токи и напряжения при выполнении анализа Dynamic DC?
2. Относительно чего указываются потенциалы (напряжения) при выполнении анализа Dynamic DC?
3. Чему равен потенциал «земли» при выполнении анализа Dynamic DC?
4. Что нужно ввести в поле Value для того, чтобы задать сопротивление резистора 10 Ом?
5. Что нужно ввести в поле Value для того, чтобы задать сопротивление резистора 10 МОм?
6. Чему равно сопротивление резистора, заданного как 2.2E3?
7. Чему равно емкость конденсатора, заданного как 2 U?
8. Как узнать, соединены ли проводники в точке пересечения?
9. Что означает поле Time Range при выполнении анализа Transient?
10. Как задать время расчета 35 мкс при выполнении анализа Transient?
11. Что нужно задать в поле Y Expression, для того, чтобы вывести напряжение в узле 1?
12. Что нужно задать в поле Y Expression, для того, чтобы вывести напряжение в узле с именем A?
13. Что нужно задать в поле Y Expression, для того, чтобы вывести напряжение между узлами 3 и 4?
14. Что нужно задать в поле Y Expression, для того, чтобы вывести ток через резистор R3?
15. Какая команда запускает выполнение анализа?
16. Что происходит с выходным напряжением источника напряжения, обладающего внутренним сопротивлением, при увеличении тока нагрузки?
17. Нарисовать общий вид нагрузочной (внешней) характеристики идеального источника напряжения.
18. Нарисовать общий вид нагрузочной (внешней) характеристики источника напряжения, обладающего внутренним сопротивлением.
19. Источник напряжения обладает внутренним сопротивлением 1 Ом. На сколько изменится напряжение этого источника при увеличении тока на 2 А?
20. Источник напряжения обладает внутренним сопротивлением 50 Ом. При каком сопротивлении нагрузки в ней будет рассеиваться максимальная мощность.
21. Чему равно внутреннее сопротивление модели источника постоянного напряжения в программе Micro-Cap?
22. На вход линейного зависимого источника напряжения Dependent Sources VofV с коэффициентом передачи 5 подано постоянное напряжение 10В. Чему равно выходное напряжение источника, если внутреннее сопротивление равно нулю?
23. Нарисовать передаточную характеристику линейного зависимого источника напряжения Dependent Sources VofV с коэффициентом передачи 1.
24. На вход линейного зависимого источника напряжения Dependent Sources VofV с коэффициентом передачи 2 подано постоянное напряжение 5В. Чему равно выходное напряжение источника, если внутреннее сопротивление равно 1 Ом, а ток нагрузки 2 А?
25. На вход линейного зависимого источника напряжения Dependent Sources VofV подано синусоидальное напряжение с амплитудой 5В. Какую форму имеет выходное напряжение?
26. На вход линейного зависимого источника напряжения Dependent Sources VofV с коэффициентом передачи 2 подано синусоидальное напряжение амплитудой 10В. Чему равна амплитуда выходного напряжения источника, если внутреннее сопротивление равно нулю?
27. На вход In нелинейного зависимого источника напряжения, управляемого напряжением (Function Sources NFV) с передаточной функцией  $1/V(IN)$  подано постоянное напряжение 4 В. Чему равно выходное напряжение источника, если внутреннее сопротивление равно нулю?



28. Нарисовать общий вид передаточной характеристики нелинейного источника напряжения Function Sources NFV, заданного выражением  $1/V(IN)$ .
29. Нелинейный зависимый источник напряжения обладает внутренним сопротивлением 10 Ом. При каком сопротивлении нагрузки в ней будет рассеиваться максимальная мощность?
30. При изменении тока нагрузки на 1А выходное напряжение источника Function Sources NFV изменилось на 10В. Чему равно внутреннее сопротивление источника?
31. Что происходит с выходным током идеального источника тока при увеличении сопротивления нагрузки?
32. Что происходит с выходным напряжением идеального источника тока при уменьшении сопротивления нагрузки?
33. Нарисовать общий вид нагрузочной (внешней) характеристики идеального источника тока.
34. Чему равно внутреннее сопротивление идеального источника тока?
35. Нарисовать общий вид нагрузочной (внешней) характеристики источника тока, обладающего небесконечным внутренним сопротивлением.
36. Источник тока обладает внутренним сопротивлением 10 кОм. При каком сопротивлении нагрузки в ней будет рассеиваться максимальная мощность.
37. Чему равно внутреннее сопротивление модели источника постоянного тока в программе Micro-Cap?
38. На вход линейного зависимого источника тока Dependent Sources IofV с коэффициентом передачи 2 m подано постоянное напряжение 10 В. Чему равен выходной ток этого источника?
39. Нарисовать передаточную характеристику линейного зависимого источника тока Dependent Sources IofV с коэффициентом передачи 1.
40. На вход линейного зависимого источника тока Dependent Sources IofV подано треугольное напряжение с амплитудой 5 В. Какую форму имеет выходной ток?
41. На вход линейного зависимого источника тока Dependent Sources IofV с коэффициентом передачи 10 m подано синусоидальное напряжение амплитудой 10 В. Чему равна амплитуда выходного тока источника?
42. На вход In нелинейного зависимого источника тока, управляемого напряжением (Function Sources NFI) с передаточной функцией  $V(IN)*V(IN)/100$  подано постоянное напряжение 2 В. Чему равен выходной ток источника?
43. Нарисовать общий вид передаточной характеристики нелинейного зависимого источника тока, управляемого напряжением (Function Sources NFI), заданного выражением  $2/V(IN)$ .
44. Нелинейный зависимый источник тока обладает внутренним сопротивлением 100 кОм. При каком сопротивлении нагрузки в ней будет рассеиваться максимальная мощность?
45. Каким параметром характеризуется модель идеального резистора?
46. Нарисовать вольт-амперную характеристику (ВАХ) линейного и нелинейного резисторов.
47. Что такое амплитудно-частотная характеристика (АЧХ)?
48. Нарисовать АЧХ резистивного делителя, состоящего из идеальных резисторов.
49. Какими паразитными параметрами обладают реальные резисторы?
50. Из-за чего реальный резистор обладает паразитными параметрами? Что влияет на их величину?
51. Нарисовать модель (эквивалентную схему) неидеального резистора с сосредоточенными параметрами.
52. Какой из паразитных параметров влияет на работу высокоомных резисторов, а каким можно пренебречь?
53. Нарисовать модель (эквивалентную схему) неидеального высокоомного резистора.
54. Какой из паразитных параметров влияет на работу низкоомных резисторов, а каким можно пренебречь?
55. Нарисовать модель (эквивалентную схему) неидеального низкоомного резистора.
56. Как задать модель неидеального резистора в программе Micro-Cap?
57. Как в программе Micro-Cap задать модель резистора, сопротивление которого зависит от напряжения в узле 1?
58. Как в программе Micro-Cap задать модель резистора, сопротивление которого зависит от тока через резистор R1?

59. Как в программе Micro-Cap задать модель резистора, сопротивление которого зависит от времени?
60. Как в программе Micro-Cap построить график зависимости сопротивления R1 от времени?
61. Как в программе Micro-Cap построить график зависимости сопротивления R1 от напряжения на этом резисторе?
62. Как в программе Micro-Cap построить график зависимости сопротивления R1 от тока через этот резистор?
63. Каким параметром характеризуется модель идеального конденсатора?
64. Что такое емкость конденсатора?
65. Для чего применяются конденсаторы в электронных схемах?
66. Как связана энергия, запасенная в конденсаторе с напряжением на нем?
67. Как связаны между собой ток и напряжение на конденсаторе?
68. Какими паразитными параметрами обладает реальный конденсатор?
69. От чего зависит величина паразитных параметров?
70. Нарисовать модель (эквивалентную схему) неидеального конденсатора.
71. Что такое эквивалентное последовательное сопротивление (ESR)?
72. Как задать модель неидеального конденсатора в программе Micro-Cap?
73. Как в программе Micro-Cap задать модель конденсатора, емкость которого зависит от напряжения в узле 1?
74. Как в программе Micro-Cap задать модель конденсатора, емкость которого зависит от тока через резистор R1?
75. Как в программе Micro-Cap построить график зависимости емкости конденсатора C1 от времени?
76. Как в программе Micro-Cap построить график зависимости емкости конденсатора C1 от напряжения на этом конденсаторе?
77. Как в программе Micro-Cap построить график зависимости емкости конденсатора C1 от тока через этот конденсатор?

## Вопросы к контрольной работе №2

1. Что нужно записать в окне параметров резистора, чтобы задать:
  - резистор R1 сопротивлением 1 кОм;
  - резистор R2 сопротивлением 51 Ом;
  - резистор R3 сопротивлением 0,1 Ом;
  - резистор R4 сопротивлением 3 МОм (3 мегаома);
  - резистор R5 сопротивлением 5 мОм (5 миллиом);
  - резистор R6 сопротивлением  $2 \cdot 10^3$  Ом;
  - резистор R7, сопротивление которого линейно зависит от времени, в момент времени  $t=0$  это сопротивление равно 0, а в момент времени 1мс его сопротивление равно 1кОм;
  - резистор R8, сопротивление которого равно напряжению в узле 1;
  - резистор R9, сопротивление которого равно произведению напряжения в узле In на ток через резистор R2;
  - резистор R10, величина которого равна квадрату тока через конденсатор C1;
  - резистор R11, обладающий паразитными параметрами (неидеальный резистор).
2. Что нужно записать в окне параметров резистора, чтобы задать:
  - резистор с паразитной ёмкостью 5 пФ;
  - резистор с паразитной индуктивностью 3 нГн;
  - резистор с паразитной ёмкостью 1 пФ и индуктивностью 10 нГн.
3. Что нужно записать в окне параметров конденсатора, чтобы задать:
  - конденсатор C1 емкостью 1 пФ;
  - конденсатор C2 емкостью 10 мкФ;
  - конденсатор C3 емкостью 1000 нФ;

- конденсатор  $C_4$ , емкость которого линейно зависит от времени в момент времени  $t=0$  это сопротивление равно 0, а в момент времени  $t=1$  мкс его емкость достигает значения 2 мФ.
  - конденсатор  $C_5$ , емкость которого равна квадрату напряжения на резисторе  $R_1$ .
  - конденсатор  $C_6$ , емкость которого равна 1/1000 от сопротивления резистора  $R_3$ .
  - конденсатор  $C_7$ , емкость которого равна произведению напряжения в узле Out на емкость конденсатора  $C_1$ .
  - конденсатор  $C_8$ , обладающий паразитными параметрами (неидеальный конденсатор).
4. Что нужно записать в окне параметров конденсатора, чтобы задать:
- конденсатор с паразитным последовательным сопротивлением (ESR) 0,5 Ом;
  - конденсатор с паразитной индуктивностью 5 нГн;
  - конденсатор с паразитным параллельным сопротивлением (сопротивлением утечки) 5 МОм (5 мегом);
  - конденсатор с паразитным последовательным сопротивлением 1 Ом; паразитной индуктивностью 10 нГн, паразитным параллельным сопротивлением 1 МОм.
5. Что нужно записать в окне параметров катушки индуктивности, чтобы задать:
- катушку индуктивности  $L_1$  с индуктивностью 5 нГн;
  - катушку индуктивности  $L_2$  с индуктивностью 10 мкГн;
  - катушку индуктивности  $L_3$  с индуктивностью 20 мГн;
  - катушку индуктивности  $L_4$  с индуктивностью 0,2 Гн;
  - катушку индуктивности  $L_5$  с индуктивностью, равной произведению напряжения в узле 1 на ток через резистор  $R_2$ ;
  - катушку индуктивности  $L_6$  с индуктивностью, обратно пропорциональной квадрату напряжения в узле  $I_n$ ;
  - катушку индуктивности  $L_7$ , обладающую паразитными параметрами.
6. Что нужно записать в окне параметров катушки индуктивности, чтобы задать:
- катушку индуктивности с паразитной емкостью 100 пФ;
  - катушку индуктивности с паразитным сопротивлением 200 Ом;
  - катушку индуктивности с паразитной емкостью 2 нФ и паразитным сопротивлением 2 кОм;
7. Что нужно записать в окне параметров источника напряжения произвольной формы (Voltage Source), чтобы задать:
- прямоугольный импульс с перепадом от 0 до 10 В, время фронта 1 нс, время среза 2 нс, длительность импульса 1 мс, период 2 мс;
  - прямоугольный импульс с перепадом от -5 до 5 В, время фронта 10 нс, время среза 2 нс, длительность импульса 10 мкс, период 2 с;
  - трапецеидальный импульс с перепадом от 6 до 8 В, время фронта 10 мкс, время среза 10 мкс, длительность импульса 50 мкс, период 400 мкс;
  - треугольный импульс с перепадом от 0 до 5 В, время фронта 1 мс, время среза 1 мс, период 2 мс;  
пилообразный импульс с перепадом от 3 до 10 В, время фронта 1 мс, время среза 1 мкс, период 1 мс.
8. Что нужно записать в окне параметров источника напряжения произвольной формы (Voltage Source), чтобы задать:
- синусоидальный сигнал амплитудой 5 В и частотой 10 кГц;
  - косинусоидальный сигнал амплитудой 1 В и частотой 100 Гц;
  - гармонический сигнал, амплитудой 10 В и частотой 100 МГц, сдвинутый по фазе на 30 градусов;
  - синусоидальный сигнал постоянной составляющей 5 В, амплитудой 10 В и частотой 1 кГц;

- косинусоидальный сигнал с постоянной составляющей 1 В, амплитудой 50 В и частотой 10 МГц.
9. Обвести пиктограмму, которая позволяет:
- выбрать компонент или иной объект на схеме для редактирования или перемещения;
  - добавить в схему новый компонент или иной объект;
  - ввести текст;
  - нарисовать ортогональный проводник;
  - нарисовать произвольный проводник;
  - нарисовать геометрическую фигуру;
  - показывать на схеме текстовые надписи;
  - показывать на схеме позиционные обозначения компонентов (атрибуты);
  - показывать на схеме номера узлов;
  - показывать на схеме узловые потенциалы (напряжения в узлах);
  - показывать на схеме токи через компоненты (токи через ветви схемы);
  - перетаскивать компоненты с сохранением электрических связей («резиновые» проводники);
  - указать на схеме узлы с нулевым потенциалом;
  - добавлять в схему резистор;
  - добавить в схему конденсатор;
  - добавить в схему катушку индуктивности;
  - добавить в схему диод;
  - добавить в схему n-p-n транзистор;
  - добавить в схему источник постоянной ЭДС (Battery);
  - добавить в схему источник напряжения произвольной формы (Voltage Source);
  - добавить в схему источник тока произвольной формы (Current Source);
10. Что нужно записать в окне параметров анализа переходных процессов (Transient), чтобы задать:
- время расчета 2 мс;
  - максимальный шаг расчета 10мкс;
  - построение в 1-м окне графика зависимости от времени напряжения в узле 1;
  - построение во 2-м окне графика зависимости от времени тока через резистор R1;
  - построение во 3-м окне графика зависимости от времени сопротивления резистора R1;
  - построение в 3-м окне графика зависимости от времени произведения напряжения в узле Out и тока через резистор R2.
  - построение во 4-м окне графика зависимости от времени емкости конденсатора C1;
  - построение в 1-м окне зависимости от времени модуля напряжения в узле 2;
  - построение в 1-м окне вольт-амперной характеристики диода VD1 (зависимости тока диода VD1 от напряжения на диоде VD1);
  - построение во 2-м окне зависимости емкости конденсатора C1 от напряжения на этом конденсаторе;
  - построение в 3-м окне зависимости сопротивления резистора R1 от тока через этот резистор;
  - использование автоматического масштаба по оси Y;
  - использование масштаба по оси X от 0 до 10 с шагом сетки 2;
  - использование масштаба по оси Y от -12 до 8 с шагом сетки 4.
11. Что нужно записать в окне параметров Stepping и какие флажки поставить, чтобы задать:

- линейное изменение сопротивления резистора R1 от 0 до 100 Ом с шагом 10 Ом;
  - линейное изменение напряжения источника постоянного напряжения V2 от 5 до 12 В с шагом 10 В;
  - расчет для сопротивлений резистора R1, равных 1 Ом, 4 Ом, 12 Ом, 50 Ом;
  - расчет для емкостей конденсатора C1, равных 10 нФ, 20 нФ, 40 нФ, 100 нФ;
  - расчет для индуктивностей катушки L1, равных 2 мкГн, 6 мкГн, 12 мкГн, 30 мкГн.
12. Что нужно записать в окне параметров частотного анализа (AC), чтобы задать:
- линейное изменение частоты;
  - логарифмическое изменение частоты;
  - автоматический выбор способа изменения частоты;
  - диапазон изменения частоты от 1 кГц до 100 кГц;
  - диапазон изменения частоты от 1 Гц до 1 МГц;
  - диапазон изменения частоты от 1 МГц до 10 ГГц;
  - число расчетных точек 1000;
  - построение амплитудно-частотной характеристики для узла Out относительно узла In (в «размах»);
  - построение логарифмической амплитудно-частотной характеристики для узла 2 относительно узла 1 в дБ;
  - построение фазочастотной характеристики узла 3 относительно узла 1;
  - использование для оси частоты масштаба от 1 кГц до 10 МГц;
  - для оси Y масштаба от -40 дБ до 100 дБ с шагом сетки 20 дБ;
  - использование для оси Y масштаба от -90 градусов до 180 градусов с шагом сетки 90 градусов.
13. Что нужно записать в окне параметров анализа по постоянному току (DC), чтобы задать:
- изменение напряжения источника постоянного напряжения V2 от 0 до 10 В с шагом 0.1 В;
  - изменение тока источника постоянного тока I3 от 0 до 10 мА с шагом 0.01 мА;
  - число расчетных точек 1000;
  - максимальное изменение параметра от точки к точке 1% (при автоматическом методе изменения шага);
  - построение вольтамперной характеристики диода VD1 (зависимости тока диода VD1 от напряжения на диоде VD1);
  - построение зависимости тока через резистор R1 от напряжения на резисторе R1;
  - масштаб по оси X от -10 В до 10 В с шагом сетки 5 В;
  - масштаб по оси Y от -5 мА до 10 мА с шагом сетки 5 мА.
14. Обвести пиктограмму, которую нужно выбрать в окне параметров динамического анализа по постоянному току (Dynamic DC), чтобы задать:
- вывод на схему узловых потенциалов;
  - вывод на схему токов через ветви (компоненты);
  - вывод на схему номеров узлов;
  - вывод на схему состояние полупроводниковых приборов.

Форма промежуточной аттестации по настоящей дисциплине — экзамен.  
Перечень теоретических вопросов к экзамену

1. Моделирование. Основные понятия. Термины и определения.
2. Математическое моделирование. Классификация математических моделей.
3. Виды анализа и расчета электронных схем. Модели элементов и схем.
4. Модели компонентов электронных схем. Классификация моделей.
5. Модели основных электронных компонентов. Базовый набор элементов моделей.
6. Модели источников ЭДС.
7. Модели источников тока.
8. Модели резистора.
9. Модели конденсатора.
10. Модели катушки индуктивности и дросселя.
11. Модель трансформатора.
12. Типовые электрические сигналы и их параметры.
13. Математические модели электрических сигналов.
14. Программа схемотехнического моделирования Micro-Cap. Основные возможности, идеология работы с программой Micro-Cap.
15. Общий подход к моделированию электронных устройств. Основные виды анализа и моделирования, реализуемые при помощи программы Micro-Cap.
16. Анализ стационарного режима электронной схемы (Dynamic DC). Понятие стационарного режима работы электронной схемы. Параметры стационарного режима. Особенности анализа стационарного режима в программе Micro-Cap.
17. Расчет статических характеристик электронных компонентов и электронных схем (DC). Понятие статических характеристик. Общие принципы получения статических характеристик. Использование программы Micro-Cap для получения статических вольт-амперных характеристик.
18. Анализ переходных процессов в электронной схеме (Transient). Анализ работы схемы во временной области. Параметры задания анализа.
19. Частотный анализ электронных схем (AC). Основные частотные характеристики. Использование программы Micro-Cap для получения частотных характеристик электронных схем.
20. Спектральный анализ. Средства спектрального анализа. Построение спектральных диаграммы.
21. Моделирование цифровых устройств. Общий подход к моделированию цифровых устройств. Особенности моделей цифровых компонентов.
22. Использование функций типа Performance для получения характеристик электронных схем.

#### Типовые задачи

1. Записать математическую модель одиночного прямоугольного импульса, если его амплитуда 3В, длительность 5мС, начальная задержка 2мС.
2. Нарисовать периодическую последовательность прямоугольных радиоимпульсов. Указать на графике начальную задержку, длительность импульса, амплитуду импульса, период импульса и период несущей частоты.
3. Нарисовать одиночный прямоугольный импульс с неидеальными фронтами. Указать на графике длительность переднего и заднего фронта, а также длительность импульса.
4. По каким уровням измеряется длительность импульса?
5. Нарисовать график автокорреляционной функции одиночного прямоугольного импульса (видеоимпульса).

6. Что такое амплитудно-частотный спектр?
7. Привести пример графика фазо-частотного спектра.
8. Привести пример графиков линейчатого (дискретного) и непрерывного амплитудно-частотных спектров.
9. Нарисовать примерный вид графика фазо-частотного спектра периодической последовательности прямоугольных импульсов.
10. Что представляет собой огибающая амплитудно-частотного спектра периодической последовательности прямоугольных импульсов?
11. Нарисовать примерный вид графика фазо-частотного спектра периодической последовательности прямоугольных радиоимпульсов.
12. Что представляет собой огибающая фазо-частотного спектра периодической последовательности прямоугольных радиоимпульсов?
13. На какой частоте амплитудно-частотный спектр периодической последовательности прямоугольных радиоимпульсов имеет максимум?
14. Нарисовать примерный вид графика фазо-частотного спектра одиночного прямоугольного импульса (видеоимпульса).
15. На какой частоте амплитудно-частотный спектр одиночного прямоугольного импульса (видеоимпульса) имеет максимум?
16. На какой частоте амплитудно-частотный спектр одиночного прямоугольного радиоимпульса имеет максимум?
17. Какой тип (непрерывный или дискретный) имеет спектр периодической последовательности прямоугольных импульсов (видеоимпульсов)?
18. Какой тип (непрерывный или дискретный) имеет спектр периодической последовательности прямоугольного радиоимпульса?
19. Нарисовать схему 1. Используя команды Micro-Cap перенумеровать компоненты схемы так, чтобы нумерация соответствовала требованиям ЕСКД (сверху вниз, слева направо). Провести анализ Dynamic DC. Вывести на схему напряжения в узлах.
20. Создать в корневом разделе диска D папку с именем ММЭУ\_ NN, где NN – номер в журнале. Сохранить в этой папке полученный схемный файл под именем 01\_ NN, где NN – номер в журнале.
21. Вывести на схему токи в ветвях (напряжение в узлах убрать). Полученный схемный файл сохранить под именем 02\_ NN в папку ММЭУ\_ NN.
22. Повернуть схему на 90 градусов по часовой стрелке. Перенумеровать компоненты схемы в соответствии с требованиями ЕСКД. Вывести на схему только номера узлов и напряжения в узлах. Полученный схемный файл сохранить под именем 03\_ NN в папку ММЭУ\_ NN.
23. Преобразовать схему с соответствии с правилами расчета схемы по постоянному току. Полученный схемный файл сохранить под именем 04\_ NN в папку ММЭУ\_ NN.
24. Нарисовать схему 2. (нумерация с учетом требований ЕСКД)
25. . Провести анализ Dynamic DC. Вывести на схему напряжения в узлах.
26. Задать слайдер для резистора R1. Минимальное значение 10кОм, максимальное 400кОм, шаг изменения 1%.
27. Изменяя положения движка слайдера добиться того, чтобы напряжение в узле Out примерно соответствовало половине напряжения питания (т.е. половине напряжения источника V2). Полученный схемный файл сохранить под именем 05\_ NN в папку ММЭУ\_ NN.

28. Нарисовать схему 3 для получения семейства выходных характеристик транзистора (зависимости тока коллектора от напряжения коллектор-эмиттер при разных токах базы).
29. В режиме анализа DC задать линейное изменение источника напряжения V1 от 0 до 20В с шагом 0.1В, а источника тока I1 (вторая переменная) – линейное изменение от 0 до 10мА с шагом 1мА.
30. Собрать схему 1, состоящую из источника синусоидального напряжения и резистора. Задать имя входного узла In. Для источника синусоидального напряжения задать частоту 4 кГц\*N, где N – номер в журнале. Амплитуда синусоидального сигнала – 10 В. Запустить анализ Transient. Задать время расчета таким, чтобы на графике выводилось 4 периода синусоидального сигнала. Максимальный шаг расчета задать 0.001 времени расчета. Построить график напряжения в узле In.
31. Создать в доступной сетевой папке (Share docs) папку с именем ММЭУ\_ПЭ1\_NN, где NN – номер в журнале. Сохранить в этой папке полученный схемный файл под именем 01\_NN, где NN – номер в журнале.
32. Собрать схему 2. Для источника синусоидального напряжения задать частоту 5 кГц, амплитуду 10 В. Время расчета – 3 периода. Максимальный шаг расчета задать 1мкс. Получить на первом графике напряжение в узле In, а на втором – в узле Out, на третьем – ток через диод D1. Сохранить схемный файл в созданной под именем 02\_NN, где NN – номер в журнале.
33. Для схемы 2 задать степинг (изменение с заданным шагом) для сопротивления резистора R1 (через параметры анализа Transient). Минимальное значение сопротивления – 10 Ом\*N, где N – номер в журнале. Максимальное значение сопротивления в 20 раз больше минимального. Шаг изменения равен 1/10 максимального сопротивления. Получить на первом графике напряжения в узле In, а на втором – в узле Out.
34. Сохранить схемный файл в созданной под именем 03\_NN, где NN – номер в журнале.
35. Собрать схему 3. На одном графике получить зависимости от времени напряжений в узлах In и Out (при убранном флажке Operating Point). Время расчета выбрать таким, чтобы переходный процесс установления напряжения на конденсаторе полностью завершился. Сохранить схемный файл в созданной под именем 04\_NN, где NN – номер в журнале.
36. Собрать схему 4, состоящую из источника синусоидального напряжения и дифференцирующей RC-цепи. Задать имя входного узла In, выходного – Out. Параметры источника V1 можно не задавать. Сопротивление резистора R1=10кОм, емкость конденсатора C1=100\*N пФ, где N – номер в журнале. Рассчитать постоянную времени  $\tau=RC$  и частоту среза  $f_{cp}$  фильтра, которым по сути является дифференцирующая RC-цепи ( $f_{cp} = 1/(2\pi\tau)$ ). Запустить АС-анализ. В параметрах АС-анализа нижнюю частоту расчета задать (округленно) в 1000 раз меньше частоты среза, а верхнюю частоту расчета – в 1000 раз больше частоты среза.
37. Построить амплитудно-частотную характеристику (зависимость коэффициента передачи схемы от частоты:) в «разах» и в децибелах. При построении графика в «разах» масштаб по оси Y задать от 0 до 1.2 с шагом сетки 0.2. При построении графика в децибелах масштаб по оси Y задать от -60дБ до 20дБ с шагом сетки 20дБ.
38. Сохранить схемный файл в созданной под именем 05\_NN, где NN – номер в журнале.
39. Собрать схему 5. Амплитуда синусоидального напряжения источника V1 равно 20мВ. Частота рассчитывается по формуле: (10+N)кГц, где N – порядковый номер студента в журнале посещаемости.



40. Напряжение источника  $V_2$  рассчитывается по формуле:  $(10+N)V$ , где  $N$  – порядковый номер студента в журнале посещаемости.
41. Изменением величины сопротивления  $R_1$  задать номинальный режим работы транзистора в схеме (напряжение на коллекторе транзистора (узел Out) равно половине напряжения питания). При этом  $R_1$  должно быть более 100 кОм.
42. Провести анализ переходных процессов при включенном флажке Operating Point. Время расчета – 4 периода синусоидального сигнала. Максимальный шаг расчета – 0.001 периода. Построить график напряжения в узле Out.
43. Сохранить схемный файл в созданной под именем 06\_NN, где NN – номер в журнале.
44. Для схемы 5 провести частотный анализ и построить коэффициент передачи схемы (отношение напряжения в узле Out к напряжению в узле In) в размах и децибелах в диапазоне частот от 10 Гц до 100 МГц.

В филиале используется система с традиционной шкалой оценок — «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно», «зачтено», «не зачтено» (далее — пятибалльная система).

Применяемые критерии оценивания по дисциплинам (в соответствии с инструктивным письмом НИУ МЭИ от 14 мая 2012 года № И-23):

Оценка по дисциплине	Критерии оценки результатов обучения по дисциплине
«отлично»/ «зачтено (отлично)»/ «зачтено»	Выставляется обучающемуся, обнаружившему всестороннее, систематическое и глубокое знание материалов изученной дисциплины, умение свободно выполнять задания, предусмотренные программой, усвоивший основную и знакомый с дополнительной литературой, рекомендованной рабочей программой дисциплины; проявившему творческие способности в понимании, изложении и использовании материалов изученной дисциплины, безупречно ответившему не только на вопросы билета, но и на дополнительные вопросы в рамках рабочей программы дисциплины, правильно выполнившему практическое задание. Оценка по дисциплине выставляется обучающемуся с учётом результатов текущего контроля. Компетенции, закреплённые за дисциплиной, сформированы на уровне — «эталонный».
«хорошо»/ «зачтено (хорошо)»/ «зачтено»	Выставляется обучающемуся, обнаружившему полное знание материала изученной дисциплины, успешно выполняющему предусмотренные задания, усвоившему основную литературу, рекомендованную рабочей программой дисциплины; показавшему систематический характер знаний по дисциплине, ответившему на все вопросы билета, правильно выполнивший практическое задание, но допустивший при этом принципиальные ошибки. Оценка по дисциплине выставляется обучающемуся с учётом результатов текущего контроля. Компетенции, закреплённые за дисциплиной, сформированы на уровне — «продвинутый».
«удовлетворительно»/ «зачтено (удовлетворительно)»/ «зачтено»	Выставляется обучающемуся, обнаружившему знание материала изученной дисциплины в объеме, необходимом для дальнейшей учебы и предстоящей работы по профессии, справляющемуся с выполнением заданий, знакомому с основной литературой, рекомендованной рабочей программой дисциплины; допустившему погрешность в ответе на теоретические вопросы и/или при выполнении практических заданий, но

Оценка по дисциплине	Критерии оценки результатов обучения по дисциплине
	обладающему необходимыми знаниями для их устранения под руководством преподавателя, либо неправильно выполнившему практическое задание, но по указанию преподавателя выполнившему другие практические задания из того же раздела дисциплины. Компетенции, закреплённые за дисциплиной, сформированы на уровне — «пороговый».
«неудовлетворительно»/ не зачтено	Выставляется обучающемуся, обнаружившему серьезные пробелы в знаниях основного материала изученной дисциплины, допустившему принципиальные ошибки в выполнении заданий, не ответившему на все вопросы билета и дополнительные вопросы и неправильно выполнившему практическое задание (неправильное выполнение только практического задания не является однозначной причиной для выставления оценки «неудовлетворительно»). Как правило, оценка «неудовлетворительно» ставится студентам, которые не могут продолжить обучение по образовательной программе без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине. Оценка по дисциплине выставляется обучающемуся с учётом результатов текущего контроля. Компетенции на уровне «пороговый», закреплённые за дисциплиной, не сформированы.

## 7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### Учебное и учебно-лабораторное оборудование

Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, оснащенная:

- специализированной мебелью; доской аудиторной; демонстрационным оборудованием: персональным компьютером (ноутбуком); переносным (стационарным) проектором.

Учебная аудитория для лабораторных работ, выполняемых в компьютерном классе, оснащенная:

- специализированной мебелью; доской аудиторной; персональными компьютерами.

Для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине используется помещение для самостоятельной работы обучающихся, оснащенное:

- специализированной мебелью; доской аудиторной; персональными компьютерами с подключением к сети «Интернет» и доступом в ЭИОС филиала.

**Программное обеспечение:** Micro-Cap.

## 8. ОБЕСПЕЧЕНИЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ДЛЯ ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ И ИНВАЛИДОВ

В ходе реализации дисциплины используются следующие дополнительные методы обучения, текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся в зависимости от их индивидуальных особенностей:

**для слепых и слабовидящих:**

- лекции оформляются в виде электронного документа, доступного с помощью компьютера со специализированным программным обеспечением;
- письменные задания выполняются на компьютере со специализированным программным обеспечением, или могут быть заменены устным ответом;
- обеспечивается индивидуальное равномерное освещение не менее 300 люкс;

- для выполнения задания при необходимости предоставляется увеличивающее устройство; возможно также использование собственных увеличивающих устройств;
- письменные задания оформляются увеличенным шрифтом;
- экзамен и зачёт проводятся в устной форме или выполняются в письменной форме на компьютере.

**для глухих и слабослышащих:**

- лекции оформляются в виде электронного документа;
- письменные задания выполняются на компьютере в письменной форме;
- экзамен и зачёт проводятся в письменной форме на компьютере; возможно проведение в форме тестирования.

**для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:**

- лекции оформляются в виде электронного документа, доступного с помощью компьютера со специализированным программным обеспечением;
- письменные задания выполняются на компьютере со специализированным программным обеспечением;
- экзамен и зачёт проводятся в устной форме или выполняются в письменной форме на компьютере;

- используется специальная учебная аудитория для лиц с ЛОВЗ – ауд. 106 главного учебного корпуса по адресу 214013, г. Смоленск, Энергетический пр-д, д.1, здание энергетического института (основной корпус).

При необходимости предусматривается увеличение времени для подготовки ответа.

Процедура проведения промежуточной аттестации для обучающихся устанавливается с учётом их индивидуальных психофизических особенностей. Промежуточная аттестация может проводиться в несколько этапов.

При проведении процедуры оценивания результатов обучения предусматривается использование технических средств, необходимых в связи с индивидуальными особенностями обучающихся. Эти средства могут быть предоставлены филиалом, или могут использоваться собственные технические средства.

Проведение процедуры оценивания результатов обучения допускается с использованием дистанционных образовательных технологий.

Обеспечивается доступ к информационным и библиографическим ресурсам в сети Интернет для каждого обучающегося в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

**для слепых и слабовидящих:**

- в печатной форме увеличенным шрифтом;
- в форме электронного документа;
- в форме аудиофайла.

**для глухих и слабослышащих:**

- в печатной форме;
- в форме электронного документа.

**для обучающихся с нарушениями опорно-двигательного аппарата:**

- в печатной форме;
- в форме электронного документа;
- в форме аудиофайла.

## **9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **Основная литература**

1. Амелина, М. А. Программа схемотехнического моделирования Micro-Cap. Версии 9, 10 : учебное пособие для вузов / М. А. Амелина, С. А. Амелин. — 3-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2021. — 632 с. — ISBN 978-5-8114-6995-6. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/153923> (дата обращения: 31.01.2021). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
2. Загидуллин, Р. Ш. Основы комплексного проектирования и макетирования радиоэлектронных схем : учебное пособие / Р. Ш. Загидуллин, Д. И. Оглоблин. — Москва : МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2018. — 106 с. — ISBN 978-5-7038-4786-2. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/103419> (дата обращения: 01.02.2021). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
3. Петров, М. Н. Моделирование компонентов и элементов интегральных схем : учебное пособие / М. Н. Петров, Г. В. Гудков. — Санкт-Петербург : Лань, 2011. — 464 с. — ISBN 978-5-8114-1075-0. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/661> (дата обращения: 01.02.2021). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

#### **Дополнительная литература**

1. Трухин, М. П. Основы компьютерного проектирования и моделирования радиоэлектронных средств : учебное пособие / М. П. Трухин. — Москва : Горячая линия-Телеком, 2017. — 386 с. — ISBN 978-5-9912-0449-1. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/111111> (дата обращения: 01.02.2021). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
2. Амелина М. А., Амелин С. А. Программа схемотехнического моделирования Micro-Cap 8. – М.: Горячая линия-Телеком, 2007. – 464 с. ил. (19 экз. на абонементе)
3. Амелина М.А., Амелин С.А. Магнитные элементы электронных устройств : учебное пособие по курсу "Магнитные элементы электронных устройств", напр. 210100 "Электроника и микроэлектроника", спец. 210106 "Промышленная электроника" / СФ МЭИ;— Смоленск : СФ МЭИ, 2011.— 191, [2] с. : ил. (10 экз. на абонементе).

#### **Список авторских методических разработок**

1. Амелин С.А. конспект лекций по дисциплине «Математическое моделирование электронных устройств», расположен на сайте кафедры: <https://drive.google.com/file/d/0B3u4J7t3fyZ2Y19odzQ4ZGdVM1U/view?usp=sharing>
2. Учебное пособие по дисциплине «Математическое моделирование электронных устройств» расположен на сайте кафедры: [https://docs.google.com/open?id=0B\\_zuGjoSJdggWC1sVI92eUJTTWc](https://docs.google.com/open?id=0B_zuGjoSJdggWC1sVI92eUJTTWc)
3. Задание на лабораторные работы по дисциплине «Математическое моделирование электронных устройств» расположен на сайте кафедры: <https://drive.google.com/drive/folders/0B3u4J7t3fyZ2SIQtN21qcXVEUFE?usp=sharing>

Полный комплект авторских методических разработок по дисциплине ММЭЦ размещен в облачном хранилище по открытой ссылке:  
<https://drive.google.com/drive/folders/1ge8laBZxOK6n7Ed6ihIXIGOAbBMrirut?usp=sharing>

### ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ

Номер измене- ния	Номера страниц				Всего страниц в документе	Наименование и № документа, вводящего изменения	Подпись, Ф.И.О. внесшего изме- нения в данный экземпляр	Дата внесения изме- нения в данный экземпляр	Дата введения изменения
	изме- ненных	замене- ных	новых	аннулиро- ванных					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10