

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Беспалов Владимир Александрович

Должность: Ректор МИЭТ

Дата подписания: 01.09.2025 14:55:09

Уникальный программный ключ:

ef5a4fe6ed0ffdf3f1a49d6ad1b49464dc1bf7354f7367408f8bca882b8d4603

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования

«Национальный исследовательский университет

«Московский институт электронной техники»

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе

И.Г. Игнатова

«07» октября 2020 г.

М.П.



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

«Математическое обеспечение САПР»

Направление подготовки – 11.04.01 «Радиотехника»

Направленность (профиль) – «Радиолокационные системы дистанционного зондирования
земли»

Москва 2020

1. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ

Дисциплина участвует в формировании следующих компетенций образовательных программ:

Компетенции ОП	Подкомпетенции, формируемые в дисциплине	Индикаторы достижения компетенций
ОПК-4 Способен разрабатывать и применять специализированное программно-математическое обеспечение для проведения исследований и решения инженерных задач	ОПК-4.МОСАПР Способен разрабатывать математическую реализацию алгоритмов анализа и проектирования электронных схем и устройств с применением стандартных пакетов прикладных и математических САПР	Знания: основных понятий теории математического моделирования, положенные в основу машинных моделей радиоэлектронных устройств. Умения: проводить компьютерное моделирование радиоэлектронных устройств, на функциональном, схемотехническом и электродинамическом уровнях Опыт деятельности: постановки и проведения компьютерного моделирования

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Дисциплина входит в обязательную часть Блока 1 «Дисциплины (модули)» образовательной программы.

Для успешного освоения дисциплины «МО САПР» необходимо владеть компетенциями, методами расчетов и представлениями, сформированными в дисциплинах математического и естественнонаучного цикла:

3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Курс	Семестр	Общая трудоёмкость (ЗЕ)	Общая трудоёмкость (часы)	Контактная работа			Самостоятельная работа (часы)	Промежуточная аттестация
				Лекции (часы)	Лабораторные работы (часы)	Практические занятия (часы)		
1	1	4	144	16	32	16	44	Экз. (36)

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

№ и наименование модуля	Контактная работа			Самостоятельная работа	Формы текущего контроля
	Лекции (часы)	Лабораторные работы (часы)	Практические занятия (часы)		
Модуль 1 Математическое обоснование программ временного анализа схем	4	8	4	8	Защита лабораторных работ
Модуль 2 Математическое обоснование программ частотного анализа линейных схем	4	4	4	8	Защита лабораторных работ
Модуль 3 Частотный анализ нелинейных схем	2	4	4	8	Защита лабораторных работ
Модуль 4 Параметрическая оптимизация схем	2	4	2	8	Защита лабораторных работ
Модуль 5 Математические модели высокочастотных устройств	2	8	2	8	Защита лабораторных работ
Модуль 6 Функциональное моделирование радиоэлектронных устройств	2	4		4	Защита лабораторных работ
					Сдача практико-ориентированного задания

4.1. Лекционные занятия

№ модуля дисциплины	№ лекции	Объем занятий (часы)	Краткое содержание
1	1	2	Этапы разработки радиоаппаратуры. Задачи и методы автоматизированного схемотехнического проектирования.
	2	2	Основные методы автоматизированного составления дифференциальных уравнений схем при временном анализе, методы численного решения систем нелинейных дифференциальных уравнений.
2	3	2	Частотный анализ линейных схем на основе узловых уравнений. Формирование узловых уравнений. Формирование узловых уравнений с комплексными коэффициентами
	4	2	Матричные методы описания линейных цепей. Матрица передачи и матрица рассеяния. Расчет каскадного соединения линейных схем.
3	5	2	Анализ нелинейных схем методом гармонического баланса. Объединение линейной части схемы, формирование 2-М полюсника. Формирование системы алгебраических уравнений в методе гармонического баланса.
4	6	2	Формирование целевой функции при частотном анализе схем. Типы целевых функций. Методы оптимизации - градиентный, сопряженных градиентов, случайного поиска.
5	7	2	Математические модели высокочастотных схем. Метод конечных элементов при моделировании электромагнитных полей.
6	8	2	Функциональное моделирование радиоэлектронных устройств

4.2. Практические занятия

№ модуля дисциплины	№ занятия	Объем занятий (часы)	Краткое содержание
1	1	2	Входной язык программ временного и частотного анализа схем.
	2	2	Вычисление Якобиана математической модели схемы при временном анализе.
2	3	2	Формирование математической модели схем методом узлового анализа.
	4	2	Матричные методы описания линейных цепей. Матрица передачи и матрица рассеяния. Расчет каскадного соединения линейных схем.
3	5	2	Объединение линейной части схемы, формирование 2-М полюсника. Формирование системы алгебраических уравнений в методе

№ модуля дисциплины	№ занятия	Объем занятий (часы)	Краткое содержание
			гармонического баланса. Алгоритм решения метода гармонического баланса с вариацией параметра.
	6	2	Алгоритм расчета систем алгебраических уравнений методом Гаусса.
4	7	2	Алгоритмы методов оптимизации: градиентного, сопряженных градиентов, случайного поиска.
5	8	2	Формирование элементов микрополоскового фильтра

4.3. Лабораторные работы

№ модуля дисциплины	№ лабораторной работы	Объем занятий (часы)	Наименование работы
1	1	4	ЛР1. «Временной анализ радиоэлектронных схем. Моделирование на ЭВМ транзисторного автогенератора»
	2	4	ЛР2. «Экспорт электрической схемы из программы анализа в программу печатных плат»
2	3	4	ЛР3. «Частотный анализ линейных схем Моделирование транзисторного малошумящего усилителя».
3	4	4	ЛР4. «Частотный анализ нелинейных схем. Анализ усилителя мощности».
4	5	4	ЛР5. «Параметрическая оптимизация схем. Моделирование фильтра на связанных микрополосковых линиях»
5	6	4	ЛР6. «Электродинамический анализ микрополоскового фильтра»
3,5	7	4	ЛР7. «Моделирование интегральной схемы высокочастотного усилителя»
6	8	4	ЛР8. «Синтез фильтров».

4.4. Самостоятельная работа студентов

№ модуля дисциплины	Объем занятий (часы)	Вид СРС
1	2	Выполнение практико-ориентированного задания
	2	Подготовка к практическим занятиям
	2	Подготовка к лабораторным работам 1, 2.

№ модуля дисциплины	Объем занятий (часы)	Вид СРС
	2	Оформление отчета по лабораторной работе 2.
2	2	Выполнение практико-ориентированного задания
	2	Подготовка к практическим занятиям.
	2	Подготовка к лабораторной работе 3
	2	Оформление отчета по лабораторной работе 3.
3	2	Выполнение практико-ориентированного задания
	2	Подготовка к практическим занятиям
	2	Подготовка к лабораторной работе 3
	2	Оформление отчета по лабораторной работе 4.
4	2	Выполнение практико-ориентированного задания
	2	Подготовка к практическим занятиям
	2	Подготовка к лабораторной работе 3
	2	Оформление отчета по лабораторной работе 5.
5	2	Выполнение практико-ориентированного задания
	2	Подготовка к практическим занятиям
	2	Подготовка к лабораторным работе 6
	2	Оформление отчета по лабораторной работе 6.
6	2	Выполнение практико-ориентированного задания
	2	Подготовка к лабораторным работе 7
	2	Подготовка к лабораторной работе 8

4.5. Примерная тематика курсовых работ (проектов)

Курсовые работы (проекты) не предусмотрены учебным планом.

5. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

Учебно-методическое обеспечение для самостоятельной работы студентов в составе УМК дисциплины (ОРИОКС, <http://orioks.miet.ru/>):

Модуль 1 «Математическое обоснование программ временного анализа схем»:
[http://emirs.miet.ru/oroks-](http://emirs.miet.ru/oroks-miet/upload/ftp/pub/orioks3/2020/12/lect2_m1_mrtys_mrtys_niy39.pdf)
[miet/upload/ftp/pub/orioks3/2020/12/lect2_m1_mrtys_mrtys_niy39.pdf](http://emirs.miet.ru/oroks-miet/upload/ftp/pub/orioks3/2020/12/lect2_m1_mrtys_mrtys_niy39.pdf)
[http://emirs.miet.ru/oroks-miet/upload/ftp/pub/orioks3/2020/12/lect3-](http://emirs.miet.ru/oroks-miet/upload/ftp/pub/orioks3/2020/12/lect3-2_m1_mrtys_mrtys_niy39.pdf)
[2_m1_mrtys_mrtys_niy39.pdf](http://emirs.miet.ru/oroks-miet/upload/ftp/pub/orioks3/2020/12/lect3-2_m1_mrtys_mrtys_niy39.pdf)
http://emirs.miet.ru/oroks-miet/upload/ftp/pub/orioks3/2020/12/Lab.1_Vremennoy_analiz..doc

Модуль 2 «Математическое обоснование программ частотного анализа линейных схем»:

<http://emirs.miet.ru/oroks->

miet/upload/ftp/pub/orioks3/2020/12/lect1_m2_mrtys_mrtys_mosapr_niy39.pdf

<http://emirs.miet.ru/oroks->

miet/upload/ftp/pub/orioks3/2020/12/Lab.2_CHastotnyiy_analiz_vyisokochastotnyih_lineynyih_shem.docx

Модуль 3 «Частотный анализ нелинейных схем»

<http://emirs.miet.ru/oroks->

miet/upload/ftp/pub/orioks3/2020/12/lect1_m3_mrtys_mrtys_mosapr_niy39.pdf

<http://emirs.miet.ru/oroks->

miet/upload/ftp/pub/orioks3/2020/12/lect2_m3_mrtys_mrtys_mosapr_niy39.pdf

<http://emirs.miet.ru/oroks->

miet/upload/ftp/pub/orioks3/2020/12/Lab.4_CHastotnyiy_analiz_nelineynyih_shem..docx

Модуль 4 «Параметрическая оптимизация схем»

<http://emirs.miet.ru/oroks->

miet/upload/ftp/pub/orioks3/2020/12/lect1_m4_mrtys_mrtys_mosapr_niy39.pdf

<http://emirs.miet.ru/oroks->

miet/upload/ftp/pub/orioks3/2020/12/Parametricheskaya_optimizatsiya_mikropoloskovyih_filtrov.pdf

Модуль 5 «Математические модели высокочастотных устройств»

<http://emirs.miet.ru/oroks->

miet/upload/ftp/pub/orioks3/2020/12/lect1_m5_mrtys_mrtys_mosapr_niy39.pdf

<http://emirs.miet.ru/oroks->

miet/upload/ftp/pub/orioks3/2020/12/Parametricheskaya_optimizatsiya_mikropoloskovyih_filtrov.pdf

Модуль 6 «Функциональное моделирование радиоэлектронных устройств»

http://emirs.miet.ru/oroks-miet/upload/ftp/pub/orioks3/2020/12/03_Glavyi_5_6_K_O.pdf

6. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Комаров В.Т. Математическое обеспечение систем автоматизированного проектирования радиоэлектронных схем: учебное пособие / В. Т. Комаров; М-во образования и науки Российской Федерации, Нац. исслед. ун-т "МИЭТ". - Москва : МИЭТ, 2012. - 95 с. - ISBN 978-5-7256-0672-0

2. Комаров В.Т. Лабораторный практикум по курсу "Автоматизированное проектирование радиоэлектронных устройств" / В. Т. Комаров, И. Д. Пахомкин ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Национальный исследовательский университет "МИЭТ". - Москва : МИЭТ, 2017. - 64 с.

3. Лесин, В. В. Основы методов оптимизации: учебное пособие / В. В. Лесин, Ю. П. Лисовец. - 4-е изд., стер. - Санкт-Петербург : Лань, 2016. - 344 с. - (Учебник для вузов. Специальная литература). - URL: <https://e.lanbook.com/book/86017> (дата обращения: 12.09.2020). - ISBN 978-5-8114-1217-4

4. Григорьев, А. Д. Электродинамика и микроволновая техника: учебник / А. Д. Григорьев. - 2-е изд. - Санкт-Петербург: Лань, 2021. - 704 с. - URL: <https://e.lanbook.com/book/167679> (дата обращения: 02.09.2020). - ISBN 978-5-8114-0706-4

7. ПЕРЕЧЕНЬ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ БАЗ ДАННЫХ, ИНФОРМАЦИОННЫХ СПРАВОЧНЫХ СИСТЕМ

1. IEEE/IET Electronic Library (IEL) = IEEE Xplore : электронная библиотека. - USA; UK, 1998 - . - URL: <https://ieeexplore.ieee.org/Xplore/home.jsp> (дата обращения: 25.09.2020). - Режим доступа: по подписке

2. SCOPUS : Библиографическая и реферативная база данных научной периодики : сайт. – URL: www.scopus.com/ (дата обращения: 25.09.2020). - Режим доступа: для авториз. пользователей МИЭТ

3. Web of Science: Наукометрическая реферативная база данных журналов и конференций: сайт. – URL: <http://www.webofknowledge.com/> (дата обращения: 25.09.2020). – Режим доступа: для авториз. пользователей МИЭТ

4. Электронно-библиотечная система Лань : сайт. - Санкт-Петербург, 2011 - . - URL: <https://e.lanbook.com/> (дата обращения: 25.09.2020). - Режим доступа: для авториз. пользователей МИЭТ

5. Электронно-библиотечная система Юрайт : сайт. - Москва, 1996 - . - URL: <https://biblio-online.ru/> (дата обращения: 25.09.2020). - Режим доступа: для авториз. пользователей МИЭТ

8. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

В ходе реализации дисциплины используется **смешанное обучение**, в основе которого лежит интеграция технологий традиционного и электронного освоения компетенций, в частности за счет использования таких инструментов как видеолекции, онлайн тестирование, взаимодействие со студентами в электронной образовательной среде.

Освоение образовательной программы обеспечивается ресурсами электронной информационно-образовательной среды ОРИОКС.

Для взаимодействия студентов с преподавателем используются сервисы обратной связи: раздел ОРИОКС «Домашние задания», электронная почта, сервис видеоконференция связи ZOOM.

В процессе обучения при проведении занятий и для самостоятельной работы используются **внутренние электронные ресурсы** в формах тестирования в ОРИОКС.

При проведении занятий и для самостоятельной работы используются **внешние электронные ресурсы** в формах электронных компонентов и видеосервисов:

1. Сборник примеров работы в ADS «ADS Example Book: Focused on RF and Microwave Design». – URL:

<https://www.keysight.com/main/editorial.jsp?cc=RU&lc=rus&ckey=2704333&id=2704333&cmpid=zzfindeesof-ads-rfmw-examples/> (дата обращения: 25.09.2020). - Режим доступа: для авториз. пользователей

2. Канал youtube образовательного центра Keysight EEsof EDA – URL: <https://www.youtube.com/user/KeysightEESOF/> (дата обращения: 25.09.2020). - Режим доступа: свободный
3. База знаний Образовательного центра Keysight EEsof EDA Knowledge Center – URL: <http://edadocs.software.keysight.com/display/support/Knowledge+Center/> (дата обращения: 25.09.2020). - Режим доступа: для авториз. пользователей

9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Наименование учебных аудиторий и помещений для самостоятельной работы	Оснащенность учебных аудиторий и помещений для самостоятельной работы	Перечень программного обеспечения
Учебная аудитория	Компьютер с мультимедийным оборудованием.	Операционная система Windows 10; Пакет программ Microsoft Office; Acrobat reader.
Лаборатория для моделирования радиоэлектронных устройств.	Компьютерная техника с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в ОРИОКС; .	Операционная система Windows 10; Пакет программ Microsoft Office; Acrobat reader. Keysight W3606B
Помещение для самостоятельной работы обучающихся	Компьютерная техника с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в ОРИОКС	Операционная система Windows 10; Пакет программ Microsoft Office; Acrobat reader.

10. ФОНДЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕРКИ ФОРМИРОВАННОСТИ КОМПЕТЕНЦИЙ/ПОДКОМПЕТЕНЦИЙ

ФОС по компетенции **ОПК-4** и подкомпетенции **ОПК-4. АА и ПЭС и У** «Способен разрабатывать и применять специализированное программно-математическое обеспечение для проведения исследований и решения инженерных задач».

Фонды оценочных средств представлены отдельными документами и размещены в составе УМК дисциплины электронной информационной образовательной среды ОРИОКС//URL: <http://orioks.miet.ru/>

11. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

11.1. Особенности организации процесса обучения

В настоящем курсе «Математическое обеспечение САПР» материал представлен шестью модулями. В первом модуле даются основные понятия, термины и определения САПР, рассматриваются системы физических величин и единиц, представлено математическое обеспечение прямого вида моделирования электрических процессов в устройствах -временного анализа схем. Во втором модуле представлен частотный анализ линейных радиоэлектронных схем. В третьем модуле изучается частотный анализ нелинейных радиоэлектронных схем. В четвёртом модуле рассматриваются основные методы параметрической оптимизации устройств. В пятом модуле рассматриваются основные методы электродинамического анализа высокочастотных устройств. В шестом модуле рассматриваются основы функционального моделирования устройств при прохождении информационных сигналов.

Все модули могут быть изучены как логически-законченные темы. Теоретические знания по 1-5 модулям закрепляются при проведении соответствующих лабораторных работ. Выполнение всех лабораторных работ обязательно для получения допуска к экзамену. Выполнение каждой лабораторной работы состоит из следующих составляющих:

- подготовка к проведению лабораторной работы;
- допуск к выполнению лабораторной работы;
- выполнение лабораторной работы;
- оформление отчета по лабораторной работе;
- защита лабораторной работы.

Рекомендуется перед выполнением очередной лабораторной работы ознакомиться с заданием и ходом ее выполнения. «Лабораторный практикум по курсу «Автоматизированное проектирование радиоэлектронных устройств» размещен как в библиотеке МИЭТ, так и непосредственно в лаборатории.

В качестве допуска к лабораторной работе студент должен представить преподавателю заготовку протокола по выполнению лабораторной работы.

В процессе выполнения работы преподаватель помогает студентам, отвечая на их вопросы. Прежде, чем обратиться за помощью преподавателя, рекомендуется предварительно сформировать собственное мнение по интересующему вопросу, и, при необходимости, корректировать его, выслушав советы преподавателя. Оформление итогового отчета в ходе выполнения лабораторной работы не допускается.

Итоговый отчет по лабораторной работе оформляется в рамках ресурсов по самостоятельной работе в период времени, предшествующий проведению очередной лабораторной работы. В обязательном порядке итоговый отчет должен содержать сведения, указанные в Лабораторном практикуме. Дополнительный материал, который студент считает необходимым поместить в итоговый отчет – не ограничивается.

Защита лабораторной работы проводится в процессе выполнения последующей лабораторной работы в интервал времени, который бригада считает целесообразным выделить для этих целей. Защита состоит из анализа преподавателем содержания итогового отчета (при необходимости совместно с черновыми материалами) по лабораторной работе и опроса студентов. Допускается в процессе защиты исправление в итоговом отчете

незначительных ошибок, неточностей, описок и др., не связанных с грубыми ошибками методического характера, искажающими суть изучаемой дисциплины. Так как содержание лабораторного практикума дополняет содержание лекционного курса, вопросы при защите лабораторных работ могут не ограничиваться только материалом защищаемой работы, но и распространяться на лекционный материал для закрепления теоретических знаний. По результатам защиты лабораторной работы выставляется индивидуальная оценка каждому студенту. При неудовлетворительной подготовке отдельных студентов в целом защита лабораторной работы откладывается до проведения следующего занятия. «Доучивание» и повторная защита отложенной работы на текущем занятии не допускается.

Полученные знания на лекциях, а также на лабораторных работах, проходящих в активной форме обучения, используются студентами при написании выпускных квалификационных работ. Опыт, полученный студентами при выполнении лабораторных работ, несомненно, пригодится при работе по специальности.

Для успешного прохождения всех контрольных мероприятий настоятельно рекомендуется конспектировать все лекции, даже если они даются в формате видеолекций. По всем вопросам, рассматриваемым на лекциях, можно дополнительно обратиться на консультации по расписанию. При отсутствии на лабораторном занятии выполнить и сдать работу можно будет только в конце семестра на дополнительном занятии.

Отдельно внесено практико-ориентированное задание, посвященное анализу технической информации по методам моделирования СВЧ-аппаратуры.

11.2. Система контроля и оценивания

Для оценки успеваемости студентов по дисциплине используется накопительная балльная система.

Баллами оцениваются: выполнение каждого контрольного мероприятия в семестре (в сумме 70 баллов) и сдача экзамена (30 баллов).

По сумме баллов выставляется итоговая оценка по предмету. Структура и график контрольных мероприятий доступен в ОРИОКС// URL: <http://orioks.miet.ru/>.

РАЗРАБОТЧИК:

Доцент Института МПСУ, к.т.н.

 /В.Т. Комаров/

Рабочая программа дисциплины «Математическое обеспечение САПР» направленности (профилю) 11.04.01 «Радиотехника», направленности (профиля) «Радиолокационные системы дистанционного зондирования земли» разработана в Институте МПСУ и утверждена на заседании УС Института 30.09 2020 года, протокол № 1

Зам.директора института МПСУ по ОД

 /Д.В. Калсеев/

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Рабочая программа согласована с Центром подготовки к аккредитации и независимой оценки качества

Начальник АНОК

 / И.М.Никулина /

Рабочая программа согласована с библиотекой МИЭТ

Директор библиотеки

 / Т.П.Филиппова /