

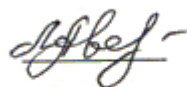
МИНОБРНАУКИ РОССИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(ФГБОУ ВО «ВГУ»)

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий базовой кафедрой
системы телекоммуникаций и
радиоэлектронной борьбы

Аверина Л.И.

20.05.2025г.



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ
Б1.В.01 Электромагнитная совместимость радиоэлектронных средств

1. Код и наименование направления подготовки/специальности:

03.04.03 Радиофизика

2. Профиль подготовки/специализация:

Системы телекоммуникаций и радиоэлектронной борьбы

3. Квалификация выпускника: магистр

4. Форма обучения: очная

5. Кафедра, отвечающая за реализацию дисциплины: *базовая кафедра системы телекоммуникаций и радиоэлектронной борьбы*

6. Составители программы:

Аверина Л. И., доктор физико-математических наук, профессор

7. Рекомендована:

НМС физического факультета 20.05.2025, № протокола: 5

8. Учебный год: 2025/2026

Семестр(ы): 1

9. Цели и задачи учебной дисциплины:

Цели и задачи курса заключаются в изложении теоретических и практических основ теории электромагнитной совместимости различных радиоэлектронных средств, подготовке студентов к применению полученных знаний для моделирования работы устройств в различных сигнально-помеховых ситуациях.

10. Место учебной дисциплины в структуре ООП:

Дисциплина является основной в части, формируемой участниками образовательных отношений. Для успешного освоения её теоретической части студенты должны знать основы радиоэлектроники, владеть аппаратом нелинейного анализа, теории цепей и сигналов. Для освоения практических методов дисциплины студенты должны уметь использовать математические пакеты прикладных программ и пакеты схемотехнического моделирования радиоэлектронных устройств.

11. Планируемые результаты обучения по дисциплине/модулю (знания, умения, навыки), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями) и индикаторами их достижения:

Код	Название компетенции	Код(ы)	Индикатор(ы)	Планируемые результаты обучения
ПК-1	Способен принимать участие в разработке и научных исследованиях систем связи и телекоммуникаций	ПК-1.1 ПК-1.3	Владеет фундаментальными знаниями в области систем связи и телекоммуникаций. Проводит анализ известных технических решений отдельных блоков систем связи, телекоммуникаций и радионавигации	Знать: принципы работы приёмо-передающих радиоэлектронных устройств систем связи, определения и методы расчёта основных параметров и характеристик электромагнитной совместимости данных модулей и их физическую сущность Уметь: рассчитывать основные параметры и характеристики электромагнитной совместимости радиоэлектронных устройств в современных САПР Владеть: методологическим аппаратом проведения экспериментальных измерений основных параметров и характеристик электромагнитной совместимости радиоэлектронных устройств
ПК-2	Способен принимать участие в разработке и научных исследованиях систем радиоэлектронной борьбы	ПК-2.1 ПК-2.2	Владеет фундаментальными знаниями в области систем радиоэлектронной борьбы. Планирует и проводит лабораторное или компьютерное экспериментальное исследование отдельных блоков систем радиоэлектронной борьбы	Знать: принципы работы приёмо-передающих устройств систем радиоэлектронной борьбы, методы расчёта основных параметров и характеристик электромагнитной совместимости данных модулей и их физическую сущность Уметь: рассчитывать основные параметры и характеристики электромагнитной совместимости устройств РЭБ в современных САПР Владеть: методологическим аппаратом проведения экспериментальных измерений основных параметров и характеристик электромагнитной совместимости устройств РЭБ

12. Объем дисциплины в зачетных единицах/час. — 2/72.

Форма промежуточной аттестации *зачет*.

13. Трудоемкость по видам учебной работы

Вид учебной работы	Трудоемкость	
	Всего	По семестрам

		1	№ семестра	...
Аудиторные занятия	38	38		
в том числе:	лекции	12	12	
	практические	26	26	
	лабораторные			
Самостоятельная работа	34	34		
в том числе: курсовая работа (проект)				
Форма промежуточной аттестации (экзамен – __ час.)				
Итого:	72	72		

13.1. Содержание дисциплины

п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела дисциплины
1. Лекции		
1.1	Структура радиоприёмника	Структура радиоприёмника: преселектор, смеситель, УПЧ, детектор. Тракт предварительного усиления и избирательности. Понятие чувствительности
1.2	Неосновные каналы приёма радиоприёмного устройства	Неосновные каналы приёма: побочные, зеркальный, внеполосный
1.3	Внеполосные каналы приёма радиоприёмного устройства	Интермодуляция. Блокирование по усилению, блокирование по шумам. Перекрёстные искажения. Амплитудно-фазовая конверсия
1.4	Характеристики радиоприёмного устройства, влияющие на электромагнитную совместимость	Характеристики частотной избирательности радиоприёмника. Динамический диапазон радиоприёмника
1.5	Система ЭМС-параметров и ЭМС-характеристик малошумящего усилителя	Эффекты, рассматриваемые в малошумящем усилителе в интересах задач ЭМС. Параметры и характеристики ЭМС малошумящего усилителя
1.6	Принципы построения теории электромагнитной совместимости малошумящего усилителя	Основные понятия теории электромагнитной совместимости малошумящего усилителя. Методы, используемые для корректного построения теории
1.7	Измерение ЭМС-характеристик малошумящего усилителя	Измеряемые параметры и характеристики ЭМС. Алгоритмы измерений. Основные соотношения
2. Практические занятия		
2.1	Структура радиоприёмника	Проектирование основных элементов радиоприёмного тракта - малошумящего усилителя, преобразователя частоты, избирательных цепей – в системах автоматизированного проектирования
2.2	Внеполосные каналы приёма радиоприёмного устройства	Расчёт основных частотных и амплитудных, односигнальных и двухсигнальных характеристик малошумящего усилителя и преобразователя частоты – в системах автоматизированного проектирования
2.3	Измерение ЭМС-характеристик малошумящего усилителя	Освоение методик измерений параметров и характеристик электромагнитной совместимости радиоприёмных устройств

13.2. Темы (разделы) дисциплины и виды занятий

№ п/п	Наименование темы (раздела) дисциплины	Виды занятий (часов)				
		Лекции	Практические	Лабораторные	Самостоятельная работа	Всего
1	Структура радиоприёмника	1		8	4	13
2	Неосновные каналы приёма радиоприёмного устройства	2			6	8
3	Внеполосные каналы приёма радиоприёмного устройства	2			4	6

4	Характеристики радиоприёмного устройства, влияющие на электромагнитную совместимость	2			6	8
5	Система ЭМС-параметров и ЭМС-характеристик малошумящего усилителя	2		12	6	20
6	Принципы построения теории электромагнитной совместимости малошумящего усилителя	2			4	6
7	Измерение ЭМС-характеристик малошумящего усилителя	1		6	4	11
	Итого:	12		26	34	72

14. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Для успешного освоения дисциплины необходима регулярная и планомерная работа с конспектом лекций и литературой, выполнение практических и лабораторных работ.

Лекции представляет собой систематическое, последовательное изложение учебного материала. На лекциях от студента требуется не просто внимание, но и самостоятельное оформление конспекта. Качественный конспект должен легко восприниматься зрительно, в его тексте следует соблюдать абзацы, выделять заголовки, пронумеровать формулы, подчеркнуть термины. Рекомендуется записывать не каждое слово лектора, а постараться записать его основную мысль, используя понятные сокращения.

После окончания лекции нужно просматривать конспект для определения материала, вызывающего затруднения для понимания. После этого следует обратиться к рекомендуемой в настоящей программе литературе с целью углубленного изучения проблемного вопроса. В общем случае работа лишь с одним литературным источником часто является недостаточной для полного понимания, поэтому необходимо просматривать несколько источников для выбора того, который наиболее полно и доступно освещает изучаемый материал. В случае если проблемы с пониманием остались, необходимо обратиться к преподавателю на ближайшей лекции с заранее сформулированными вопросами.

Для успешного освоения лекционного курса рекомендуется регулярно повторять изученный материал, и проверять свои знания отвечая на контрольные вопросы в рекомендуемых учебных пособиях.

Практические занятия позволяют научиться применять теоретические знания, полученные на лекции при решении конкретных задач. Чтобы наиболее рационально и полно использовать все возможности практических занятий для подготовки к ним необходимо разобрать лекцию по соответствующей теме и ознакомиться с соответствующим разделом литературы. При выполнении лабораторных и практических работ необходимо обращать внимание на особенности функционирования исследуемых устройств. Подготовка к защите работ должна включать повторение лекционного материала и работу с предлагаемой учебной литературой. Перечень контрольных вопросов к защите приводится в методических указаниях к лабораторной работе. При оформлении пояснительной записки следует придерживаться правил ЕСКД.

Самостоятельная работа студентов способствует глубокому усвоению учебного материала и развитию навыков самообразования. Самостоятельная работа предполагает следующие составляющие:

- работа с текстами: учебниками, справочниками, дополнительной литературой, а также проработка конспектов лекций;
- выполнение домашних заданий;
- работа над темами для самостоятельного изучения;
- участие в работе студенческих научных конференций, олимпиад;
- подготовка к практическим и лабораторным работам, зачетам и экзаменам.

Кроме литературы из основного списка рекомендуется самостоятельно использовать дополнительную. Независимо от вида учебника, работа с ним должна происходить в течение всего семестра. Эффективнее работать с учебником не после, а перед лекцией.

В процессе самостоятельной работы следует занимать активную позицию и пользоваться не только рекомендованной литературой, но и самостоятельно найденными источниками. Для проверки знания по изученной теме необходимо ответить на контрольные вопросы, выдаваемые преподавателем на лекциях в конце изучения соответствующего раздела.

При изучении дисциплины рекомендуется использовать возможности сети интернет для получения дополнительной информации по рассматриваемой теме. В частности, много информации можно получить на сайтах разработчиков САПР.

При использовании дистанционных образовательных технологий и электронного обучения выполнять все указания преподавателей, вовремя подключаться к онлайн-занятиям, ответственно подходить к выполнению заданий для самостоятельной работы.

15. Перечень основной и дополнительной литературы, ресурсов интернет, необходимых для освоения дисциплины

а) основная литература:

№ п/п	Источник
1.	Алгазинов Э.К. Электромагнитная совместимость радиоприёмных устройств СВЧ: Учебное пособие по спец. 013800 – Радиофизика и электроника/ Э.К.Алгазинов, А.М.Бобрешов, А.М.Воробьёв, Ю.Н.Нестеренко, Воронеж.гос.ун-т – Воронеж: Б.и., 2003. – 79с.
2.	Князев А.Д. Элементы теории и практики обеспечения электромагнитной совместимости радиоэлектронных средств/ А.Д.Князев. – М.:Радио и связь, 1984. – 336с.
3.	Петровский В.И. Электромагнитная совместимость радиоэлектронных средств: Учеб. пособие для вузов/ В.И.Петровский, Ю.Е.Седельников. – М.:Радио и связь, 1986. – 215с.
4.	Электромагнитная совместимость радиоэлектронных средств и систем/ В.И.Владимиров и др.; Под ред.Н.М.Царькова. – М.:Радио и связь, 1985. – 271с.

б) дополнительная литература:

№ п/п	Источник
5.	Электромагнитная совместимость радиоэлектронных средств и непреднамеренные помехи / Сост. Д.Уайт; Пер. с англ. под ред.И.П.Сапгира. – М.: Сов.радио, 1977. Вып.1. – 352с.
6.	Богданович Б.М. Нелинейные искажения в приёмно-усилительных устройствах/ Б.М.Богданович. – М.:Связь, 1980. – 280с.
7.	Электромагнитная совместимость : учебно-методическое пособие / Воронеж. гос. ун-т ; сост.: Л.И. Аверина, А.М. Бобрешов, А.С. Жабин. — Воронеж : Издательский дом ВГУ, 2018 .— 132 с.

в) информационные электронно-образовательные ресурсы (официальные ресурсы интернет)*:

№ п/п	Ресурс
8.	Электронная библиотека Зональной научной библиотеки Воронежского государственного университета : электронно-библиотечная система. – URL : https://lib.vsu.ru/zgate?init+elib.xml,simple_elib.xml+rus
9.	Электронно-библиотечная система «ЮРАЙТ» : электронно-библиотечная система. – URL : https://lib.vsu.ru/?p=4&t=2d&id=1457
10.	Электронно-библиотечная система "Издательство "Лань" : электронно-библиотечная система. – URL : https://lib.vsu.ru/?p=4&t=2d&id=1308
11.	Электронно-библиотечная система "Университетская библиотека online" : электронно-

	библиотечная система. – URL : https://lib.vsu.ru/?p=4&t=2d&id=1307
12.	Электронно-библиотечная система "Консультант студента" : электронно-библиотечная система. – URL : https://lib.vsu.ru/?p=4&t=2d&id=1306

16. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы

№ п/п	Источник
1.	Алгазинов Э.К. Электромагнитная совместимость радиоприёмных устройств СВЧ: Учебное пособие по спец. 013800 – Радиофизика и электроника/ Э.К.Алгазинов, А.М.Бобрешов, А.М.Воробьёв, Ю.Н.Нестеренко, Воронеж.гос.ун-т – Воронеж: Б.и., 2003. – 79с.
2.	Электромагнитная совместимость : учебно-методическое пособие / Воронеж. гос. ун-т ; сост.: Л.И. Аверина, А.М. Бобрешов, А.С. Жабин. — Воронеж : Издательский дом ВГУ, 2018 .— 132 с.

17. Образовательные технологии, используемые при реализации учебной дисциплины, включая дистанционные образовательные технологии (ДОТ, электронное обучение (ЭО), смешанное обучение):

При реализации дисциплины могут использоваться технологии электронного обучения и дистанционные образовательные технологии на базе образовательного портала "Электронный университет ВГУ" по адресу edu.vsu.ru, а также другие доступные ресурсы сети Интернет.

18. Материально-техническое обеспечение дисциплины:

Компьютер RAMEC МТЛ5-6400/8GB/500GB – 20 шт.

Коммутатор HPJ9981A – 1 шт.

Комплекс для проведения лекций, семинаров и презентаций – 1 шт.

Проектор Optoma W402 – 1шт.

Экран Cactus Wallscreen – 1 шт.

19. Оценочные средства для проведения текущей и промежуточной аттестаций

Порядок оценки освоения обучающимися учебного материала определяется содержанием следующих разделов дисциплины:

№ п/п	Наименование раздела дисциплины (модуля)	Компетенция(и)	Индикатор(ы) достижения компетенции	Оценочные средства
1.	Структура радиоприёмника	ПК-1.1-ПК-2.2	Владеет фундаментальными знаниями в области систем связи и телекоммуникаций	Практические задания
2.	Неосновные каналы приёма радиоприёмного устройства	ПК-1.1-ПК-2.2	Проводит анализ известных технических решений отдельных блоков систем связи, телекоммуникаций и радионавигации	Реферат
3.	Внеполосные каналы приёма радиоприёмного устройства	ПК-1.1-ПК-2.2	Владеет фундаментальными знаниями в области систем радиоэлектронной борь-	

№ п/п	Наименование раздела дисциплины (модуля)	Компетенция(и)	Индикатор(ы) достижения компетенции	Оценочные средства
			бы	
4.	Характеристики радиоприёмного устройства, влияющие на электромагнитную совместимость	ПК-1.1-ПК-2.2	Планирует и проводит лабораторное или компьютерное экспериментальное исследование отдельных блоков систем радиоэлектронной борьбы	
5.	Система ЭМС-параметров и ЭМС-характеристик малошумящего усилителя	ПК-1.1-ПК-2.2	Владеет фундаментальными знаниями в области систем связи и телекоммуникаций	Практические задания
6.	Принципы построения теории электромагнитной совместимости малошумящего усилителя	ПК-1.1-ПК-2.2	Проводит анализ известных технических решений отдельных блоков систем связи, телекоммуникаций и радионавигации	Реферат
7.	Измерение ЭМС-характеристик малошумящего усилителя	ПК-1.1-ПК-2.2	Планирует и проводит лабораторное или компьютерное экспериментальное исследование отдельных блоков систем радиоэлектронной борьбы	Практические задания
Промежуточная аттестация форма контроля – зачёт				Перечень вопросов к зачёту

20. Типовые оценочные средства и методические материалы, определяющие процедуры оценивания

20.1. Текущий контроль успеваемости

Контроль успеваемости по дисциплине осуществляется с помощью следующих оценочных средств: практические задания, рефераты.

Перечень практических заданий:

1. Проектирование малошумящего усилителя (МШУ) в САПР
2. Расчёт амплитудно-частотной характеристики МШУ
3. Расчёт нелинейных одночастотных характеристик МШУ
4. Расчёт ЭМС-характеристик МШУ
5. Проектирование преобразователя частоты в САПР
6. Расчёт передаточной частотной характеристики преобразователя частоты
7. Расчёт нелинейных одночастотных характеристик преобразователя частоты
8. Расчёт ЭМС-характеристик преобразователя частоты

Темы рефератов:

1. Обзор основных САПР для проектирования радиоэлектронных устройств
2. Электромагнитная совместимость передающих устройств
3. Методы нелинейного анализа, применяемые для расчёта ЭМС характеристик устройств

Практические задания выполняются студентами как в аудиториях, так и самостоятельно. Результаты предоставляются преподавателю. Переход к выполнению следующего практического задания возможен только при условии успешной сдачи предыдущей.

За реферат студент получает оценку «зачтено», если в нём полностью раскрыта тема и студент в состоянии ответить на дополнительные вопросы и объяснить связь теории, изложенной в реферате с практическим применением.

За практическую работу студент получает оценку «зачтено», если может продемонстрировать процесс разработки радиоэлектронного устройства в САПР, расчёт его основных параметров и характеристик, дать физическое объяснения полученным результатам и внести в программу модификации по требованию преподавателя.

20.2. Промежуточная аттестация

Промежуточная аттестация по дисциплине осуществляется с помощью следующих оценочных средств: вопросы к зачёту.

Перечень вопросов к зачёту:

1. Структура радиоприёмника
2. Коэффициент шума и чувствительность приёмника
3. Неосновные каналы приёма РПУ
4. Блокирование по усилению
5. Блокирование по шумам
6. Явление интермодуляции
7. Перекрёстная амплитудно-фазовая конверсия и перекрёстные искажения
8. Характеристики частотной избирательности РПУ
9. Динамический диапазон РПУ
10. Параметры ЭМС малошумящего усилителя
11. Характеристики ЭМС малошумящего усилителя

Зачёт проводится в виде устного ответа на вопросы, заданные преподавателем из списка вопросов к зачёту.

Для оценивания результатов обучения на зачете используются следующие показатели:

- 1) знание учебного материала и владение понятийным аппаратом теории электромагнитной совместимости;
- 2) умение связывать теорию с практикой;
- 3) умение иллюстрировать ответ примерами, фактами, данными научных исследований.

Для оценивания результатов обучения на зачете используется 2-балльная шкала: «зачет», «незачет».

Соотношение показателей, критериев и шкалы оценивания результатов обучения.

Критерии оценивания компетенций	Уровень сформированности компетенций	Шкала оценок
Обучающийся владеет теоретическими основами дисциплины, фрагментарно способен иллюстрировать ответ примерами, фактами, частично умеет применять теоретические знания для решения практических задач	Пороговый уровень	Зачет
Обучающийся демонстрирует отрывочные, фрагментарные знания, допускает грубые ошибки, не умеет применять теоретические знания для решения практических задач	–	Незачет