


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.*



31.08.2023г.

**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, доцент*

**7. Рекомендована:**

*НМС физического факультета 30.08.2021, № протокола: 8*

**8. Учебный год: 2023/2024**

**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
<b>1. Лекции</b>		
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
<b>2. Практические занятия</b>		
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 : <a href="https://lib.vsu.ru/zgate?lnit+elib.xml,simple_elib.xml+rus">https://lib.vsu.ru/zgate?lnit+elib.xml,simple_elib.xml+rus</a>
9.	Электронно-библиотечная система «ЮРАЙТ» : электронно-библиотечная система. – URL : <a href="https://lib.vsu.ru/?p=4&amp;t=2d&amp;id=1457">https://lib.vsu.ru/?p=4&amp;t=2d&amp;id=1457</a>
10.	Электронно-библиотечная система "Издательство "Лань" : электронно-библиотечная система. – URL : <a href="https://lib.vsu.ru/?p=4&amp;t=2d&amp;id=1308">https://lib.vsu.ru/?p=4&amp;t=2d&amp;id=1308</a>
11.	Электронно-библиотечная система "Университетская библиотека online" : электронно-

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

## 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](http://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 объяснение 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
<i>Обучающийся владеет теоретическими основами дисциплины, фрагментарно способен иллюстрировать ответ примерами, фактами, частично умеет применять теоретические знания для решения практических задач</i>	<i>Пороговый уровень</i>	<i>Зачет</i>
<i>Обучающийся демонстрирует отрывочные, фрагментарные знания, допускает грубые ошибки, не умеет применять теоретические знания для решения практических задач</i>	–	<i>Незачет</i>