

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«КУБАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Физико-технический факультет



УТВЕРЖДАЮ:

Проректор по учебной работе,
качеству образования – первый
проректор

подпись

Т.А. Хагуров

«30» мая 2025 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Б1.В.ДВ.04.03

ТЕОРИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ СОВМЕСТИМОСТИ РАДИОЭЛЕКТРОННЫХ СИСТЕМ

(код и наименование дисциплины в соответствии с учебным планом)

Направление подготовки

11.04.02 Инфокоммуникационные технологии и системы связи

(код и наименование направления подготовки)

Форма обучения очная

(очная, очно-заочная, заочная)

Направленность (профиль)

Оптические системы локации, связи и обработки информации

(наименование направленности (профиля))

Квалификация магистр

Краснодар 2025

Рабочая программа дисциплины “Б1.В.ДВ.04.03 Теория электромагнитной совместимости радиоэлектронных систем” составлена в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования (ФГОС ВО) по направлению подготовки “11.04.02 Инфокоммуникационные технологии и системы связи”.

Программу составил:

Аванесов Владимир Михайлович, доцент кафедры оптоэлектроники, к.т.н.

Рабочая программа дисциплины “Теория электромагнитной совместимости радиоэлектронных систем” утверждена на заседании кафедры оптоэлектроники КубГУ

протокол № 10 «22» апреля 2025 г.

И. о. заведующего кафедрой оптоэлектроники Векшин М.М. 

Утверждена на заседании учебно-методической комиссии физико-технического факультета КубГУ

протокол № 11 «29» апреля 2025 г.

Председатель УМК факультета Богатов Н.М. 

Рецензенты:

Попов Юрий Борисович, доцент кафедры радиофизики и нанотехнологий КубГУ, к.т.н.

Шевченко Александр Владимирович, ведущий специалист ООО «Южная аналитическая компания», к.ф.-м.н.

1 Цели и задачи освоения дисциплины

1.1 Цель освоения дисциплины

Целью прохождения ознакомительной практики является достижение следующих результатов образования:

- подготовка студентов по теоретическим основам, принципам построения, практическому проектированию трактов приема и аналого-цифровой обработки сигналов радиотехнических систем различного назначения;
- получение профессиональных умений и навыков, в том числе первичных умений и навыков научно-исследовательской деятельности в сфере радиотехнических средств передачи, приема и обработки сигналов;
- практическое закрепление и углубление теоретических знаний обучающихся, полученных при изучении дисциплин Блока 1;
- комплексное формирование компетенций (ПК-1.1; ПК-2.1, ПК-4) обучающихся, приобретение ими практических навыков, необходимых для последующей производственной деятельности в условиях современного рынка физики и технологий радиоэлектронных приборов и устройств.

1.2 Задачи освоения дисциплины

Задачи ознакомительной практики (практики по получению первичных профессиональных умений и навыков, в том числе первичных умений и навыков научно-исследовательской деятельности) включают в себя:

- закрепление теоретических знаний, полученных в результате освоения теоретических курсов и самостоятельной работы;
- способность разрабатывать структурные и функциональные схемы радиоэлектронных систем и комплексов в области инфокоммуникаций, принципиальных схем устройств с использованием средств компьютерного проектирования, проведением проектных расчетов и технико-экономическим обоснованием принимаемых решений (ПК-1.1);
- способность проводить анализ научно-технической проблемы на основе подбора и изучения литературных и патентных источников в целях совершенствования радиоэлектронных средств и систем в области инфокоммуникаций (ПК-2.1);
- способность выполнять работы по обеспечению функционирования телекоммуникационного оборудования корпоративных сетей (ПК-4).

1.3 Место дисциплины в структуре образовательной программы

Место дисциплины (практики по получению первичных профессиональных умений и навыков, в том числе первичных умений и навыков научно-исследовательской деятельности) в структуре ООП определяется следующим.

Дисциплина «Теория электромагнитной совместимости радиоэлектронных систем» относится к обязательной части, формируемой участниками образовательных отношений (Блок 1).

Дисциплина является составной частью учебных программ подготовки студентов бакалавриата.

Дисциплина является видом учебной работы, основным содержанием которой является выполнение практических учебных и учебно-исследовательских заданий, соответствующих характеру будущей профессиональной деятельности студента, обучающегося по направлению 11.04.02 Инфокоммуникационные технологии и системы связи по профилю: «Оптические системы локализации, связи и обработки информации».

Дисциплина закрепляет знания и умения, приобретаемые студентами бакалавриата в результате освоения теоретических курсов, вырабатывает первичные практические навыки, способствует формированию профессиональных компетенций обучающихся.

Дисциплина магистра в соответствии с ООП базируется на полученных обучающимися ранее знаниях по следующим дисциплинам: «Молекулярная физика», «Механика», «Электричество и магнетизм», «Математический анализ», «Аналитическая геометрия», «Введение в информатику», «Алгоритмизация и программирование», «Инженерная и компьютерная графика», «Иностранный язык».

Содержание дисциплины логически и методически тесно взаимосвязано с вышеуказанными дисциплинами, поскольку главной задачей учебной практики является закрепление и углубление теоретических знаний и практических умений, полученных студентами при изучении естественнонаучных и профессиональных дисциплин в области радиотехнических средств передачи, приема и обработки сигналов.

В процессе освоения дисциплины по получению первичных профессиональных умений и навыков обучающийся должен формировать умения и готовности решать следующие профессиональные задачи:

- способность разрабатывать структурные и функциональные схемы радиоэлектронных систем и комплексов в области инфокоммуникаций, принципиальных схем устройств с использованием средств компьютерного проектирования, проведением проектных расчетов и технико-экономическим обоснованием принимаемых решений (ПК-1.1);
- способность проводить анализ научно-технической проблемы на основе подбора и изучения литературных и патентных источников в целях совершенствования радиоэлектронных средств и систем в области инфокоммуникаций (ПК-2.1);
- способность выполнять работы по обеспечению функционирования телекоммуникационного оборудования корпоративных сетей (ПК-4).

1.4 Перечень планируемых результатов обучения при прохождении ознакомительной практики

В результате прохождения ознакомительной практики студент должен приобрести следующие компетенции.

Код компетенция	Результаты обучения
ПК-1.1 Способен разрабатывать структурные и функциональные схемы радиоэлектронных систем и комплексов в области инфокоммуникаций, принципиальных схем устройств с использованием средств компьютерного проектирования, проведением проектных расчетов и технико-экономическим обоснованием принимаемых решений	Знать: пакеты прикладных программ для моделирования объектов и процессов; типовые методики процессов построения модельных объектов и процессов в радиотехнических системах
	Уметь: использовать методики и прикладные программы моделирования
	Владеть: процессами моделирования объектов и процессов радиотехнических систем
ПК-2.1 Способен проводить анализ научно-технической проблемы на основе подбора и изучения литературных и патентных источников в целях совершенствования радиоэлектронных средств и систем в области инфокоммуникаций (ПК-2.1)	Знать: средства автоматизации схемотехнического проектирования
	Уметь: читать принципиальные электрические схемы; применять средства автоматизации схемотехнического проектирования
	Владеть: навыками графического схемного ввода элементов блоков с использованием стандартных библиотек элементов и библиотек из состава используемой технологической платформы; методами разработки схемотехнических решений аналоговых субблоков и построением списка связей
ПК-4 Способен выполнять работы по обеспечению функционирования телекоммуникационного оборудования корпоративных сетей (ПК-4)	Знать: пакеты прикладных программ для моделирования объектов и процессов; типовые методики процессов построения модельных объектов и процессов в радиотехнических системах
	Уметь: использовать методики и прикладные программы моделирования
	Владеть: процессами моделирования объектов и процессов радиотехнических систем

Результаты обучения по дисциплине достигаются в рамках осуществления всех видов контактной и самостоятельной работы обучающихся в соответствии с утвержденным учебным планом.

Индикаторы достижения компетенций считаются сформированными при достижении соответствующих им результатов обучения.

2 Структура и содержание дисциплины

2.1 Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ

Объем дисциплины составляет 5 зачетных единиц, 70,5 часа выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем, и 82,8 часа самостоятельной работы обучающихся. Распределение зачетных единиц (часов) по видам работ и семестрам представлено в таблице

Вид учебной работы		Всего часов	Семестры (часы)			
			1	2		
Контактная работа, в том числе:		70,5	30,2	40,3		
Аудиторные занятия (всего):		70	30	40		
Занятия лекционного типа		18	10	8		
Лабораторные занятия		26	10	16		
Занятия семинарского типа (семинары, практические занятия)		26	10	16		
Иная контактная работа:		0,5	0,2	0,3		
Контроль самостоятельной работы (КСР)						
Промежуточная аттестация (ИКР)		0,5	0,2	0,3		
Самостоятельная работа, в том числе:		82,8	41,8	41		
Курсовая работа						
Контрольная работа						
Расчетно-графическая работа						
Реферат / эссе (подготовка)						
Проработка учебного (теоретического) материала						
Самостоятельное изучение разделов, самоподготовка (проработка и повторение лекционного материала и материала учебников и учебных пособий, подготовка к лабораторным и практическим занятиям, коллоквиумам)		82,8	41,8	41		
Подготовка к текущему контролю						
Контроль:						
Подготовка к экзамену				26,7		
Общая трудоемкость	час.	180	72	108		
	в том числе контактная работа	70,5	30,2	40,3		
	зач. ед.	5	2	3		

2.2 Содержание дисциплины

Содержание разделов программы дисциплины в 3 и 4 семестрах, распределение бюджета времени практики на их выполнение представлено в таблице.

№ п/п	Наименование разделов (тем)	Количество часов					
		Всего	Аудиторная работа			КСР	Внеаудиторная работа СРС
			Л	ПЗ	ЛР		
1	Раздел 1. Виды современных систем радиосвязи и радиодоступа. Регламент радиосвязи	15,5	2	2,5			11
1.1	Обзор современных технологий радиосвязи и		0,5	0,5			3

	радиодоступа. Международный Регламент радиосвязи. Категории радиослужб						
1.2	Распределение полос частот между радиослужбами. Международно-правовая защита частотных присвоений		0,5	0,5			3
1.3	Регламент радиосвязи РФ, его структура и особенности		0,5	0,5			3
1.4	Проблема гармонизации российской и международной таблиц частот. Терминология		0,5	1			2
2	Раздел 2. Задача оценки ЭМС РЭС. Технические основы анализа ЭМС РЭС	20,5	2	0,5	6	0	12
2.1	Общая постановка проблемы ЭМС систем радиосвязи и радиодоступа. Расчет необходимой полосы излучения различных сигналов		0,5	0,5	4		3
2.2	Внеполосные и побочные излучения радиопередающих устройств и их нормирование		0,5				3
2.3	Характеристики приемников, влияющие на ЭМС, и их нормирование		0,5		2		3
2.4	Характеристики антенн, влияющие на ЭМС, и их нормирование		0,5				3
3	Раздел 3. Виды мешающих воздействий на системы радиосвязи и радиодоступа и их основные характеристики. Индустриальные радиопомехи	18	4	3	0	0	11
3.1	Системы радиосвязи, совместно использующие общую полосу частот		1				3
3.2	Виды радиопомех, их основные характеристики. Учет быстрых и медленных замираний радиосигналов при анализе ЭМС		1	1			3
3.3	Методы борьбы с замираниями полезных радиосигналов как фактор улучшения ЭМС		1	1			3
3.4	Происхождение, нормирование и измерение индустриальных помех. Методы уменьшения влияния индустриальных помех		1	1			2
4	Раздел 4. Методы анализа и обеспечения ЭМС территориально разнесенных РЭС	18	2	4	4	0	8
4.1	Виды и значения критериев ЭМС для различных служб		0,5	1			2
4.2	Расчет территориального разнеса между РЭС различных типов и назначение частотных каналов для РЭС.		0,5	1			2
4.3	Приграничная координация		0,5	1	2		2
4.4	Методы анализа и обеспечения ЭМС территориально разнесенных РЭС		0,5	1	2		2
	Итого по дисциплине за 3-й семестр:	72	10	10	10	0	42
5	Раздел 5. Задача оценки ЭМС РЭС. Технические основы анализа ЭМС РЭС	30	4	8	8		10
5.1	Общая постановка проблемы ЭМС систем радиосвязи и радиодоступа	11	1	2	2	3	3
5.2	Расчет необходимой полосы излучения различных сигналов	11	1	2	2	3	3
5.3	Внеполосные и побочные излучения радиопередающих устройств и их нормирование		1	2	2	2	2
5.4	Характеристики приемников, влияющие на ЭМС, и их нормирование. Характеристики антенн, влияющие на ЭМС, и их нормирование	10	1	2	2	3	2

6	Раздел 6. Методы анализа и обеспечения ЭМС территориально разнесенных РЭС	41	2	4	4	15	16
6.1	Защитные отношения и методы их определения	12,5	0,5	2	2	4	4
6.2	Виды и значения критериев ЭМС для различных служб	8,5	0,5			4	4
6.3	Расчет территориального разнота между РЭС различных типов и назначение частотных каналов для РЭС	8,5	0,5			4	4
6.4	Приграничная координация	11,5	0,5	2	2	3	4
7	Раздел 7. Технические средства обеспечения ЭМС территориально разнесенных РЭС	23	1	4	4	6	8
7.1	Технические средства обеспечения ЭМС РЭС за счет применения компенсаторов помех различных видов (одноканальных и двухканальных), устройств подавления импульсных помех	11,5	0,5	2	2	3	4
7.2	Технические средства обеспечения ЭМС РЭС за счет применения специальных экранов и других устройств	11,5	0,5	2	2	3	4
8	Раздел 8. Методы обеспечения ЭМС РЭС, расположенных на одном объекте	13	1	0	0	5	7
8.1	Техническая сущность методов обеспечения ЭМС РЭС, расположенных на одном объекте	6,5	0,5			2	4
8.2	Методы повышения развязки между антеннами РЭС. Расчет ЭМС между РЭС различных типов, находящимися на одном объекте	6,5	0,5			3	3
	Итого по дисциплине за 8-й семестр:	108	8	16	16	26	41

Примечание: Л – лекции, ПЗ – практические занятия / семинары, ЛР – лабораторные занятия, СРС – самостоятельная работа студента

2.3 Содержание разделов (тем) дисциплины

2.3.1. Занятия лекционного типа

№ п/п	Наименование раздела (темы)	Содержание раздела (темы)	Форма текущего контроля
1.	Виды современных систем радиосвязи и радиодоступа. Регламент радиосвязи	Обзор современных технологий радиосвязи и радиодоступа. Международный Регламент радиосвязи. Категории радиослужб. Распределение полос частот между радиослужбами. Международно-правовая защита частотных присвоений. Регламент радиосвязи РФ, его структура и особенности. Проблема гармонизации российской и международной таблиц частот. Терминология	Результаты устного или тестового опросов
2.	Задача оценки ЭМС РЭС. Технические основы анализа ЭМС РЭС	Общая постановка проблемы ЭМС систем радиосвязи и радиодоступа. Расчет необходимой полосы излучения различных сигналов. Запись обозначений типа радиосигнала. Внеполосные и побочные излучения радиопередающих устройств и их нормирование. Характеристики приемников, влияющие на ЭМС, и их нормирование. Характеристики антенн, влияющие на ЭМС, и их нормирование	Результаты устного или тестового опросов
3.	Виды мешающих воздействий на системы радиосвязи и радиодоступа и их основные характеристики. Индустриальные радиопомехи	Системы радиосвязи, совместно использующие общую полосу частот. Виды радиопомех, их основные характеристики. Учет быстрых и медленных замираний радиосигналов при анализе ЭМС. Методы борьбы с замираниями полезных радиосигналов как фактор улучшения ЭМС. Происхождение, нормирование и измерение индустриальных помех. Методы уменьшения влияния индустриальных помех	Результаты устного или тестового опросов

4.	Методы анализа и обеспечения ЭМС территориально разнесенных РЭС	Защитные отношения и методы их определения. Виды и значения критериев ЭМС для различных служб. Расчет территориального разнеса между РЭС различных типов и назначение частотных каналов для РЭС. Приграничная координация	Результаты устного или тестового опросов
5.	Задача оценки ЭМС РЭС. Технические основы анализа ЭМС РЭС	Общая постановка проблемы ЭМС систем радиосвязи и радиодоступа. Расчет необходимой полосы излучения различных сигналов. Запись обозначений типа радиосигнала. Внеполосные и побочные излучения радиопередающих устройств и их нормирование. Характеристики приемников, влияющие на ЭМС, и их нормирование. Характеристики антенн, влияющие на ЭМС, и их нормирование	Результаты устного или тестового опросов
6.	Методы анализа и обеспечения ЭМС территориально разнесенных РЭС	Защитные отношения и методы их определения. Виды и значения критериев ЭМС для различных служб. Расчет территориального разнеса между РЭС различных типов и назначение частотных каналов для РЭС. Приграничная координация	Результаты устного или тестового опросов
7.	Технические средства обеспечения ЭМС территориально разнесенных РЭС	Технические средства обеспечения ЭМС РЭС за счет применения компенсаторов помех различных видов (одноканальных и двухканальных), устройств подавления импульсных помех, введения сигналов дисперсии, применения специальных экранов и других устройств	Результаты устного или тестового опросов
8.	Методы обеспечения ЭМС РЭС, расположенных на одном объекте	Техническая сущность методов обеспечения ЭМС РЭС, расположенных на одном объекте. Методы повышения развязки между антеннами РЭС. Расчет ЭМС между РЭС различных типов, находящимися на одном объекте	Результаты устного или тестового опросов

2.3.2. Занятия семинарского типа (практические / семинарские занятия)

№ п/п	Наименование раздела (темы)	Содержание раздела (темы)	Форма текущего контроля
№ п/п	Наименование раздела (темы)	Содержание раздела (темы)	Форма текущего контроля
9.	Виды современных систем радиосвязи и радиодоступа. Регламент радиосвязи	Обзор современных технологий радиосвязи и радиодоступа. Международный Регламент радиосвязи. Категории радиослужб. Распределение полос частот между радиослужбами. Международно-правовая защита частотных присвоений. Регламент радиосвязи РФ, его структура и особенности. Проблема гармонизации российской и международной таблиц частот. Терминология	Результаты устного или тестового опросов
10.	Задача оценки ЭМС РЭС. Технические основы анализа ЭМС РЭС	Общая постановка проблемы ЭМС систем радиосвязи и радиодоступа. Расчет необходимой полосы излучения различных сигналов. Запись обозначений типа радиосигнала. Внеполосные и побочные излучения радиопередающих устройств и их нормирование. Характеристики приемников, влияющие на ЭМС, и их нормирование. Характеристики антенн, влияющие на ЭМС, и их нормирование	Результаты устного или тестового опросов
11.	Виды мешающих воздействий на системы радиосвязи и радиодоступа и их основные характеристики. Индустриальные радиопомехи	Системы радиосвязи, совместно использующие общую полосу частот. Виды радиопомех, их основные характеристики. Учет быстрых и медленных замираний радиосигналов при анализе ЭМС. Методы борьбы с замираниями полезных радиосигналов как фактор улучшения ЭМС. Происхождение, нормирование и измерение индустриальных помех. Методы уменьшения влияния индустриальных помех	Результаты устного или тестового опросов
12.	Методы анализа и обеспечения ЭМС территориально разнесенных РЭС	Защитные отношения и методы их определения. Виды и значения критериев ЭМС для различных служб. Расчет территориального разнеса между РЭС различных типов и назначение частотных каналов для РЭС. Приграничная координация	Результаты устного или тестового опросов
13.	Задача оценки ЭМС РЭС. Технические основы анализа ЭМС РЭС	Общая постановка проблемы ЭМС систем радиосвязи и радиодоступа. Расчет необходимой полосы излучения различных сигналов. Запись обозначений типа радиосигнала. Внеполосные и побочные излучения радиопередающих устройств и их нормирование. Характеристики приемников, влияющие на ЭМС, и их нормирование. Характеристики антенн, влияющие на ЭМС, и их нормирование	Результаты устного или тестового опросов

2.3.3. Занятия лабораторного типа

№ п/п	Наименование раздела (темы)	Содержание раздела (темы)	Форма текущего контроля
1.	Раздел 2. Радиотехнические характеристики и параметры приемных антенн	Исследование характеристик антенны в режиме приема. Диаграмма направленности антенны и ее параметры Исследование характеристик антенны в режиме приема. Эквивалентная схема антенны, ее энергетические характеристики.	Результаты устного или тестового опросов изученного материала
2.	Раздел 4. Основы теории линейных антенн	Исследование характеристик линейной антенны в режиме приема. Диаграмма направленности антенны и ее параметры	Результаты устного или тестового опросов изученного материала
3.	Раздел 6. Антенные устройства	Исследование характеристик вибраторной антенны, симметричного и несимметричного вибратора. Исследование характеристик рупорной антенны	Результаты устного или тестового опросов изученного материала

3 Образовательные технологии, применяемые при освоении дисциплины

В ходе изучения дисциплины предусмотрено использование следующих образовательных технологий: лекции, практические занятия, проблемное обучение, модульная технология, подготовка письменных аналитических работ, самостоятельная работа студентов.

Компетентностный подход в рамках преподавания дисциплины реализуется в использовании интерактивных технологий и активных методов (проектных методик, мозгового штурма, разбора конкретных ситуаций, анализа педагогических задач, педагогического эксперимента, иных форм) в сочетании с внеаудиторной работой.

Информационные технологии, применяемые при изучении дисциплины: использование информационных ресурсов, доступных в информационно-телекоммуникационной сети Интернет.

Адаптивные образовательные технологии, применяемые при изучении дисциплины – для лиц с ограниченными возможностями здоровья предусмотрена организация консультаций с использованием электронной почты.

При реализации учебной работы по освоению курса используются информационно-коммуникационные технологии, исследовательские методы в обучении, проблемное обучение.

Успешное освоение материала курса предполагает самостоятельную работу студентов и руководство этой работой со стороны преподавателей.

4 Оценочные средства для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации

Оценочные средства предназначены для контроля и оценки образовательных достижений обучающихся, освоивших программу учебной дисциплины «Устройства приема, передачи и обработки сигналов».

Оценочные средства включает контрольные материалы для проведения текущего контроля в форме тестовых заданий, доклада-презентации по проблемным вопросам, разноуровневых заданий, ролевой игры, ситуационных задач (указать иное) и промежуточной аттестации в форме вопросов и заданий (указать иное) к экзамену (дифференцированному зачету, зачету).

1. Что понимается под электромагнитной совместимостью технических средств?

2. Что понимается под организационным обеспечением электромагнитной совместимости?
3. Что понимается под техническим обеспечением электромагнитной совместимости?
4. Перечислите виды электромагнитных помех.
5. Поясните понятия узкополосных и широкополосных электромагнитных помех.
6. Поясните понятия синфазных и противофазных электромагнитных помех.
7. Поясните понятия «земля» и «масса».
8. Поясните термины «уровень помехи» и «помехоподавление». Как для их характеристики используются относительные логарифмические масштабы?
9. Что такое децибел и непер? Как они соотносятся?
10. Как осуществляется переход представления электромагнитных помех из временной области в частотную область и наоборот?
11. Что такое спектр периодической помехи. Какой математический аппарат применяется для его получения?
12. Что такое спектральная плотность распределения амплитуд импульсной помехи?
13. Поясните понятия «функциональные» и «нефункциональные» источники электромагнитных помех
14. Поясните понятия «широкополосный» и «узкополосный» источник электромагнитных помех. Что является количественной характеристикой, данных понятий?
15. Какая характеристика называется шириной полосы энергетического спектра ?
16. Как влияют дуговые печи и сварочные установки на электромагнитную обстановку?
17. Как влияют мощные выпрямители и преобразователи частоты на электромагнитную обстановку?
18. Какие технические средства определяют электромагнитную обстановку в городах?
19. Поясните физические процессы, происходящие в газоразрядных лампах и приводящие к появлению электромагнитных помех.
20. Поясните физические процессы, происходящие на высоковольтных воздушных линиях и приводящие к появлению электромагнитных помех
21. Поясните физические процессы, происходящие в коллекторных электродвигателях и приводящие к появлению электромагнитных помех
22. Поясните физические процессы, происходящие в системах зажигания автомобилей и приводящие к появлению электромагнитных помех
23. Почему разряд статического электричества представляет собой источник электромагнитных помех?
24. Почему коммутация катушек индуктивности приводит к появлению электромагнитных помех?
25. Какие процессы в сетях низкого напряжения вызывают возникновение электромагнитных помех?
26. Какие процессы в сетях высокого напряжения вызывают возникновение электромагнитных помех?
27. Какие физические процессы при ударе молнии приводят к возникновению электромагнитных помех?
28. Какие физические процессы, происходящие при ядерном взрыве, вызывают появление электромагнитного импульса? Какими параметрами характеризуется электромагнитный импульс?
29. Какие классы окружающей среды выделяются при передаче электромагнитных помех по проводам?
30. Какие классы окружающей среды выделяются при передаче электромагнитных помех электромагнитным излучением?
31. Какие виды возможных связей между контурами и какие виды возможных путей проникновения помех вам известны?

32. Какие существуют способы снижения гальванического влияния и проникновения электромагнитных помех из одного контура в другой?
33. Какие существуют способы снижения гальванического влияния и проникновения электромагнитных помех по цепям заземления?
34. Какие существуют способы снижения емкостного влияния и проникновения электромагнитных помех из одного контура в другой?
35. Какие существуют способы снижения емкостного влияния контуров с общим проводом системы опорного потенциала?
36. Какие существуют способы снижения емкостного влияния токовых контуров с большой емкостью относительно земли?
37. Чем опасно емкостное влияние молнии на сигнальные линии?
38. Какие существуют способы снижения индуктивного влияния и проникновения электромагнитных помех из одного контура в другой?
39. В чем состоит опасность индуктивного влияния разряда статического электричества на корпус прибора?
40. В чем состоит опасность индуктивного влияния разряда молнии в молниеотвод при наличии вблизи сигнальных линий?
41. В чем состоит опасность индуктивного влияния тока молнии на электрический контур внутри здания образованный проводами питания и сигнальными линиями при ударе молнии в молниеприемник здания?
42. При каких параметрах помехи начинают соблюдаться условия «дальнего поля»?
43. Назовите способы снижения помех от излучения электромагнитного поля.
44. Поясните принцип действия фильтра.
45. Что такое «коэффициент затухания» фильтра?
46. Приведите примеры схем простейших фильтров.
47. Приведите примеры возможных схем сетевых фильтров при разных соотношениях величин сопротивлений источника и приемника электромагнитных помех.
48. Приведите примеры выполнения помехозащитных конденсаторов.
49. Приведите примеры выполнения помехозащитных катушек.
50. Приведите примеры использования защитных катушек и конденсаторов от синфазных и противофазных токов помех.
51. Для чего служат сетевые фильтры?
52. В чем состоит принцип действия ограничителей перенапряжений?
53. Поясните принцип действия газонаполненного разрядника. Как выглядит его вольтамперная характеристика?
54. Для чего служат воздушные защитные промежутки?
55. Что такое «сопровождающий ток разрядника»? Каковы мероприятия по его ликвидации?
56. Что такое варистор? Каковы его сфера применения, вольтамперная характеристика?
57. Поясните сферу применения и принцип действия экранов.
58. Что такое «коэффициент затухания», «коэффициент отражения», «коэффициент поглощения» экрана?
59. Как влияют относительная магнитная проницаемость и электрическая проводимость материала экрана на его экранирующие свойства?
60. Какие материалы используются для изготовления экранов?
61. Приведите примеры конструктивного исполнения экранирующих материалов и устройств.
62. Приведите примеры конструктивного исполнения экранов приборов и помещений.
63. Приведите примеры конструктивного исполнения экранов кабелей.
64. Как влияет способ заземления экрана кабеля на его экранирующие свойства?
65. Какие элементы используются для гальванической развязки с целью исключения возникновения синфазных помех?

66. Назовите основные этапы проведения работ по определению электромагнитной обстановки на телекоммуникациях.
67. Перечислите исходные данные для определения ЭМО на объекте.
68. Перечислите состав работ для определения ЭМО на объекте.
69. Что называют имитационными испытаниями на телекоммуникационном объекте?
70. Какие воздействия на элементы энергообъекта возможны при ударе молнии?
71. Как осуществляется измерение электромагнитных полей радиочастотного диапазона?
72. Какую роль играют электрические процессы при функционировании живых организмов?
73. Какие объекты являются источниками электрических и магнитных полей на объектах электроэнергетики, в промышленности, на транспорте, в быту?
74. В чем заключаются механизмы воздействия электрических и магнитных полей на живые организмы?

Критерии оценивания результатов обучения

Оценка	Критерии оценивания по экзамену
Высокий уровень «5» (отлично)	оценку «отлично» заслуживает студент, освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал без пробелов; выполнивший все задания, предусмотренные учебным планом на высоком качественном уровне; практические навыки профессионального применения освоенных знаний сформированы.
Средний уровень «4» (хорошо)	оценку «хорошо» заслуживает студент, практически полностью освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал, учебные задания не оценены максимальным числом баллов, в основном сформировал практические навыки.
Пороговый уровень «3» (удовлетворительно)	оценку «удовлетворительно» заслуживает студент, частично с пробелами освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал, многие учебные задания либо не выполнил, либо они оценены числом баллов близким к минимальному, некоторые практические навыки не сформированы.
Минимальный уровень «2» (неудовлетворительно)	оценку «неудовлетворительно» заслуживает студент, не освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал, учебные задания не выполнил, практические навыки не сформированы.

Экзаменационные вопросы

1. Основные понятия и определения ЭМС.
2. Внешняя и внутренняя электромагнитная совместимость.
3. Основные характеристики ЭМС.
4. Влияние на электромагнитную совместимость различных факторов.
5. Принципы распределения частот в беспроводных системах связи.
6. Методы снижения влияния непреднамеренных помех на радиоэлектронные средства.
7. Характеристики ЭМС основных элементов РЭС
8. Методы оценки ЭМС инфокоммуникационной аппаратуры
9. Особенности расчета характеристик ЭМС передающей и приемной аппаратуры систем связи
10. Особенности расчет ЭМС элементов сотовой связи
11. Технические методы обеспечения ЭМС
12. Методы измерения характеристик ЭМС
13. Оценка эффективности методов компенсации непреднамеренных помех
14. Оценка эффективности методов фильтрации мешающих излучений
15. Основные источники электромагнитных излучений
16. Классификация непреднамеренных помех
17. Характеристика внутренней ЭМС устройств связи
18. ЭМС элементов базовой станции
19. Организационные методы обеспечения ЭМС

20. Особенности сертификации радиоэлектронной аппаратуры по ЭМС
21. Средства измерения характеристик ЭМС
22. Обеспечение ЭМС на различных этапах жизненного цикла устройств и систем

Перечень задач к экзамену

1. Определить КНД синфазной антенны с площадью полотна антенны 100 м^2 , работающей на частоте 100 МГц .
2. Сопротивление излучения проволочной передающей антенны $R_{\text{ВХ}} = 10 \text{ Ом}$, сопротивление потерь в антенне $R_{\text{ПВХ}} = 5 \text{ Ом}$. Определить КНД и $K_{\text{У}}$ антенны в направлении максимума ДН, если эффективная длина антенны $l_{\text{ЭФ}} = 3 \text{ м}$, а длина волны $\lambda = 12 \text{ м}$.
3. Проволочная передающая антенна характеризуется следующими параметрами: полоса частот $f = 300 \text{ кГц}$; коэффициент перекрытия диапазона $K_{\text{П}} = 1,2$. Чему равен КУ антенны на средней частоте диапазона в направлении максимума ДН, если сопротивление излучения антенны $R = 15 \text{ Ом}$, сопротивление потерь $R_{\text{П}} = 3 \text{ Ом}$, а действующая длина антенны $l_{\text{ЭФ}} = 100 \text{ м}$?
4. Определить максимальную ЭДС, наводимую в приемной антенне электромагнитной волной длиной $\lambda = 13 \text{ м}$ с напряженностью электрического поля $E = 200 \text{ мкВ/м}$, при условии, что антенна имеет $K_{\text{У}}$ в направлении максимума ДН $G_0 = 100$ и входное сопротивление $R_{\text{ВХ}} = 500 \text{ Ом}$.
5. Собственная шумовая температура приемной антенны при температуре окружающей среды $T_0 = 280 \text{ К}$ составляет $T_{\text{АТ}} = 28 \text{ К}$. На какой частоте работает антенна, если ее эффективная поверхность $S_{\text{ЭФ}} = 18 \text{ м}^2$, а КНД в направлении максимума ДН $D_0 = 10000$?
6. Круглая рамочная антенна установлена под углом $\varphi = (\pi/6)$ радиан к направлению на передатчик, работающий на волне $\lambda = 50 \text{ м}$ и создающий в месте приема напряженность электрического поля $E = 250 \text{ мВ/м}$. Параметры антенны: $G_0 = 1,5$; $R = 6 \text{ Ом}$. Угол между плоскостями поляризации рамки и приходящей волны $\chi = 0,2$ радиан. Определить ЭДС, возбуждаемую в приемной антенне, и величину мощности, отдаваемую антенной в нагрузку с сопротивлением $Z_{\text{Н}} = (24 + i 20) \text{ Ом}$.
7. Эффективная длина приемной антенны $l_{\text{ЭФ}} = 10 \text{ м}$. Определить ЭДС, наводимую в антенне приходящим сигналом с напряженностью электрического поля $E = 15 \text{ мкВ/м}$, если прием осуществляется с направления максимума ДН, а угол между плоскостями поляризации антенн составляет $\chi = 60^\circ$.
8. Определить напряжение U на входе приемника, подключенного к симметричному полуволновому вибратору длиной $2l = 10 \text{ м}$, если напряженность электрического поля в точке приема $E = 50 \text{ мкВ/м}$. Входное сопротивление приемника $R = 160 \text{ Ом}$, сопротивление потерь в антенне $R_{\text{П}} = 10 \text{ Ом}$.
9. Определить напряжение U на входе приемника, подключенного к симметричному полуволновому вибратору, если напряженность электрического поля в точке приема $E = 100 \text{ мкВ/м}$, а длина волны $\lambda = 30 \text{ м}$. Входное сопротивление приемника $R_{\text{Н}} = 200 \text{ Ом}$. Потерями в антенне пренебречь.
10. Определить максимальную мощность, которую может отдать в согласованную нагрузку приемный полуволновый вибратор длиной $2l = 10 \text{ м}$ при напряженности электрического поля в точке приема $E = 100 \text{ мкВ/м}$. Найти эффективную площадь этого вибратора, пренебрегая потерями в нем.

5 Перечень учебной литературы, информационных ресурсов и технологий

5.1 Основная литература

1. Основы управления использованием радиочастотного спектра / Под ред. М.А. Быховского. - М.: Красанд, 2012.

2. Том 1: Международная и национальная системы управления РЧС. Радиоконтроль и радионадзор. — 152 с. - 340с.
3. Том 2: Обеспечение электромагнитной совместимости радиосистем. - 552 с.
4. Том 3: Частотное планирование сетей телерадиовещания и подвижной связи. Автоматизация управления использованием радиочастотного спектра - 368 с.
5. Управление радиочастотным спектром и электромагнитная совместимость радиосистем: под ред. М. А. Быховского; [А. Л. Бузов и др.]. - М.: Эко-Трендз, 2006. — 634 с.
6. Для освоения дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья имеются издания в электронном виде в электронно-библиотечных системах «Лань» и «Юрайт».

5.2 Дополнительная литература

1. Регламент радиосвязи. Тома 1-4. - Женева, МСЭ, 2008.
2. Регламент радиосвязи Российской Федерации, - М.: Радио и связь, 1999.
3. ГОСТ Р 50397-92 (ГОСТ 50372-95) “Совместимость технических средств электромагнитная”. - М.: Стандарты и качество, 1995.
4. Нормы на ширину полос радиочастот и внеполосные излучения радиопередатчиков гражданского применения. - М.: ГКРЧ, 2002.
5. М.Г.Локшин, А.А. Шур и др. Сети телевизионного и звукового ОВЧ ЧМ вещания. Справочник. - М.: Радио и связь, 1988.
6. С.В. Бородич. ЭМС наземных и космических служб. - М.: Радио и связь, 1990.
7. Справочник по управлению использованием спектра на национальном уровне, МСЭ, 1995.
8. Бадалов А.Л. Нормы на параметры ЭМС РЭС. - М.: Радио и связь, 1990.
9. Системы радиосвязи. Учебник / Калашников Н.И., Крупицкий Э.И., Дородное И.Л., Носов В.И; Под ред. Калашникова Н.И., - М.: Радио и связь, 1988.
10. Е.И. Егоров, Н.И. Калашников Н.И., А.С. Михайлов. Использование радиочастотного спектра и радиопомехи. - М.: Радио и связь, 1986.
11. Теория и методы оценки ЭМС радиоэлектронных средств / Под ред. Ю.А. Феоктистова. - М.: Радио и связь, 1988.
12. Электромагнитная совместимость систем спутниковой связи. Под ред.Л.Я. Кантора и В.В. Ноздрина. - М.: НИИР, 2009.
13. Системы спутниковой связи с эллиптическими орбитами”. М, Глобсат-ком, 2009 / Под ред. Камнева Е.Ф. (Камнев Е.Ф., Аболиц А.И., Акимов А.А., Белов А.С., Бобков В.Ю., Пелехатый М.И.). - 724 с.
14. Шахнович И.В. Современные технологии беспроводной связи. - М.: Радио и связь, 1990.
15. Волков Л.Н., Немировский М.С., Шинаков Ю.С. Системы цифровой радиосвязи. Базовые методы и характеристики. - М.: Эко-Трендз, 2005. - 392 с.:ил.

5.3 Программное обеспечение

1. Оригинальные программы и программы-симуляторы для выполнения расчетно-графических и лабораторных работ на ЭВМ.
2. Специализированные библиотеки программ и алгоритмов системы для научных исследований MATLAB.
3. Специализированные библиотеки программ, алгоритмов и демонстрационных файлов среды для создания инженерных приложений SIMULINK.
4. Программный комплекс для электронного тестирования студентов с необходимым банком тестовых заданий.

5.4 Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы:

1. Глобальные поисковые системы Internet: Google, Yandex и др.

2. Официальные сайты - источники отечественных и зарубежных нормативных документов:
3. сайт Министерства связи и массовых коммуникаций РФ: <http://www.minsvyaz.ru>;
4. сайт Главного радиочастотного центра РФ: <http://www.grfc.ru>;
5. сайт Европейского института стандартов в области телекоммуникаций: <http://www.etsi.org/>;
6. сайт Европейского института стандартов в - сайт Международного союза электросвязи: <http://www.itu.int/>;
7. сайт Федеральной комиссии по связи (США): <http://www.fcc.gov/> и др.
8. Антенно-фидерные устройства и распространение радиоволн - http://www.techbook.ru/book.php?id_book=185
9. Антенны и распространение радиоволн - <http://window.edu.ru/resource/597/68597>
10. Антенны СВЧ устройств - <http://www.edu.ru/modules.php?op=viewlink&cid=1506> Издательство радиотехника - <http://www.radiotec.ru/catalog.php?cat=bo6>
11. Распространение радиоволн - <http://www.radioscanner.ru/files/other/file6843> Насыров А.М., Овчинников М.Н. Волновые процессы, ч.6. Самовоздействие электромагнитных волн (уч. пособие), Казань: КГУ, 1998, 55с. Режим доступа: - <http://kpfu.ru/docs/F1480087661/wp6.pdf>
12. Физика. Основы электродинамики. Электромагнитные колебания и волны: [Электронный ресурс] Учебное пособие / С.И. Кузнецов. - 4-е изд., испр. и доп. - М.: Вузовский учебник: НИЦ ИНФРА-М, 2015. - 231 с.: 60х90 1/16. (переплет) ISBN 978-5-9558-0332-6, 500 экз. Режим доступа: - <http://znanium.com/bookread.php?book=424601>
13. ЭБС «ЮРАЙТ» <https://urait.ru>
14. ЭБС «УНИВЕРСИТЕТСКАЯ БИБЛИОТЕКА ОНЛАЙН» www.biblioclub.ru
15. ЭБС «BOOK.ru» <https://www.book.ru>
16. ЭБС «ZNANIUM.COM» www.znanium.com
17. ЭБС «ЛАНЬ» <https://e.lanbook.com>

6 Материально-техническое обеспечение дисциплины

1. Класс персональных компьютеров для проведения фронтальных лабораторных занятий с установленным программным обеспечением: операционная система WINDOWS XP, приложения MICROSOFT OFFICE, MATLAB, SIMULINK.
2. Лабораторная аудитория для проведения фронтальных лабораторных занятий с использованием лабораторных стендов для физического моделирования фрагментов систем радиосвязи.