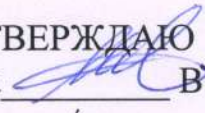


**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

«Воронежский государственный технический университет»

УТВЕРЖДАЮ

Декан факультета  В.А. Небольсин

«31» августа 2021 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

дисциплины (модуля)

«Электромагнитная совместимость радиоэлектронных
устройств и систем»

Специальность 11.05.01 Радиоэлектронные системы и комплексы

Направленность Радиоэлектронные системы передачи информации

Квалификация выпускника Инженер

Нормативный период обучения 5,5 лет

Форма обучения Очная

Год начала подготовки 2019 г.

Автор программы  / Федоров С.М./

Заведующий кафедрой
радиоэлектронных устройств
и систем  / Журавлев Д.В./

Руководитель ОПОП  / Журавлев Д.В./

Воронеж 2021

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Предметом изучения дисциплины являются изучение особенностей паразитного взаимного электромагнитного влияния, проявляющегося при совместной работе радиоэлектронных систем и устройств.

Цель изучения дисциплины: Изучение требований и способов обеспечения внутренней и внешней электромагнитной совместимости радиоэлектронных средств различного назначения для последующего использования при создании и применении радиоэлектронной аппаратуры.

Для достижения цели ставятся задачи:

- Ознакомить обучающихся с процессами и источниками, создающими непреднамеренные помехи при конструировании радиоэлектронной аппаратуры и при совместном использовании эфирного радиочастотного ресурса средствами различного назначения ;

·- Дать информацию о нормативах радиоизлучений, создающих непредумышленные помехи другим радиоэлектронным средствам, о методах их снижения до допустимого уровня и о системных и конструкторских решениях, позволяющих обеспечить установленные требования;

·-Научить принимать и обосновывать конкретные технические решения с учётом требований электромагнитной совместимости при последующей разработке и использования радиоэлектронной аппаратуры

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

Дисциплина «Электромагнитная совместимость радиоэлектронных устройств и систем» относится к дисциплинам обязательной части блока Б.1 учебного плана.

3. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Процесс изучения дисциплины «Электромагнитная совместимость радиоэлектронных устройств и систем» направлен на формирование следующих компетенций:

ПК-1 - Способен к обработке результатов измерений с использованием средств вычислительной техники, основ математического обеспечения и программирования

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции
ПК-1	ИД-1 _{ПК-1} . Знает методы сбора, обработки, анализа и систематизации результатов измерений с применением средств вычислительной техники, основ математического обеспечения и программирования .
	ИД-2 _{ПК-1} . Умеет применять методы сбора, систематизации и анализа результатов измерений с применением современной вычислительной техники
	ИД-3 _{ПК-1} . Владеет навыками анализа эффектов, вызванных

	взаимным электромагнитным влиянием радиоэлектронных систем и комплексов на основе сбора и анализа экспериментальных данных
--	--

ПК-3 – Способен к проведению диагностики и проверки на работоспособность при эксплуатации составных частей радиоэлектронных систем и комплексов

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции
ПК-3	ИД-1_{ПК-3} . Знает основные причины и способы подавления паразитного электромагнитного влияния радиоэлектронных устройствах и системах
	ИД-2_{ПК-3} . Умеет, на основе технической документации систем, проводить диагностику и проверку на работоспособность радиоэлектронных систем и комплексов
	ИД-3_{ПК-3} . Владеет общими навыками диагностики и проверки радиоэлектронных систем и комплексов

4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Общая трудоемкость дисциплины «Радиоавтоматика» составляет 3 зачетные единицы. Распределение трудоемкости дисциплины по видам занятий

Очная форма обучения

Вид учебной работы	Всего часов	Семестры			
		7			
Аудиторные занятия (всего)	90	90			
В том числе:					
Лекции	36	36			
Практические занятия (ПЗ)	18	18			
Лабораторные работы (ЛР)	36	36			
Самостоятельная работа	81	81			
Курсовая работа	+	+			
Контроль	45	45			
Вид промежуточной аттестации – экзамен	+	+			
Общая трудоемкость час зач. ед.	216	216			
	6	6			

Заочная форма обучения не предусмотрена учебным планом

5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

5.1. Содержание разделов дисциплины и распределение трудоемкости по видам занятий

очная форма обучения

№ п/п	Наименование темы	Содержание раздела	Лекц	Прак зан.	Лаб. зан.	СРС	Всего, час
1	Электромагнитная обстановка в совокупности средств	Причины возникновения проблемы ЭМС ; Основные термины и определения; Источники и рецепторы электромагнитных помех ; Математическое описание основных видов помех и их статистические характеристики ; Нормативно-техническая документация и стандарты в области ЭМС Принципы расчетов ЭМС;	6	3	6	14	
2	ЭМС блоков, устройств и систем РЭС	Классификация излучений радиопередатчиков; Виды побочных излучений; Нормируемые параметры основного, внеполосного и побочного излучений; Управление основными параметрами сигнала с целью обеспечения ЭМС; Измерение параметров ЭМС радиопередатчиков; Контактные помехи; Источники промышленных помех .	6	3	6	14	
3	Принципы обеспечения электромагнитной совместимости	Организационно-технические методы обеспечения ЭМС; Задачи и средства обеспечения ЭМС; Радиочастотный ресурс ; Энергетические оценки некоторых параметров систем связи ..; Энергетический потенциал радиолинии ; Обеспечение ЭМС в системах подвижной радиосвязи ; Международное регулирование использования радиочастот ; Распределение частот в совокупности РЭС; Международные организации распределения частот и регламент радиосвязи ; Распределение полос частот по видам радиослужб.; Обеспечение ЭМС на различных стадиях создания и эксплуатации РЭС	6	3	6	14	
4	ЭМС наземных и космических радиослужб	Краткая характеристика космических радиослужб; Земные и космические станции радиосвязи ; Классификация космических радиослужб ; Глобальные космические системы радиосвязи; Проблемы ЭМС спутниковых систем связи с наземными системами космических служб между собой; ЭМС наземных и	6	3	6	14	

		космических радиослужб ; ЭМС спутниковых систем связи ; Справочные диаграммы направленности антенн спутниковых систем связи; Расчет космической линии радиосвязи ; Критерии ЭМС наземных и космических радиослужб и условия их выполнения					
5	Внутриаппаратурная ЭМС	Элементная база РЭС с учетом ЭМС; Пассивные электрорадиоизделия и их поведение на высоких частотах; Активные радиоэлементы; Рекомендации по выбору пассивных и активных ЭРИ с учетом ЭМС; Помехи в одиночных линиях связи; Параметры некоторых внутриаппаратурных линий связи;. Искажения сигнала в линиях связи; Индуцированные помехи в линиях связи; Основные характеристики экранирования; Экранирование электромагнитного поля; Экранирование магнитного и электрического полей в ближней зоне; Анализ эффективности электромагнитного экранирования; Конструктивное исполнение экранирования; Фильтрация помех	6	3	6	14	
6	Методы и средства измерения характеристик ЭМС	Экспериментальные методы исследования характеристик ЭМС; Технические задачи радиоконтроля; Измерение напряженности поля и плотности потока мощности; Радиоприемные устройства средств радиоконтроля; Антенные системы; Технические характеристики измерительно–пеленгационных комплексов; Многофункциональные комплексы автоматизированного радиоконтроля	6	3	6	11	
Контроль							45
Итого			36	18	36	81	216

Заочная форма обучения учебным планом не предусмотрена

5.2 ПЕРЕЧЕНЬ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

Неделя семестра	Наименование лабораторной работы	Объем часов	Виды контроля
1. Особенности электростатического экранирования		6	
1	Вводное занятие. Инструктаж по технике безопасности. Ознакомление с оборудованием.	0,5	
1-2	Исследование особенностей электростатического экранирования	3,5	

2	Зачетное занятие	1	отчет
2. Особенности магнитостатического экранирования		6	
3	Исследование особенностей экранирования магнитного статического поля	5	
4	Зачетное занятие	1	отчет
3. Основные принципы электромагнитного экранирования		6	
6	Исследование устойчивости систем радиоавтоматики	5	
7	Зачетное занятие	1	отчет
4. Оценка электромагнитной совместимости на основании спектрального анализа сигналов аналоговых систем связи		6	
8	Исследования спектрограмм аналоговых систем связи	5	
10	Зачетное занятие	1	отчет
5. Оценка электромагнитной совместимости на основании спектрального анализа сигналов цифровых систем связи		6	
12	Исследование спектрограмм цифровых систем связи	5	
14	Зачетное занятие	1	отчет
6. Исследование помехоустойчивости различных видов модуляции цифровых сигналов		6	
15	Исследование помехоустойчивости основных цифровых видов модуляции	5	
16	Зачетное занятие	1	отчет
Итого часов		36	

5.3 ПЕОЕЧЕНЬ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ

Неделя семестра	Наименование практических занятий	Объем часов	Виды контроля
	Расчет паразитных связей через электрическое поле;	3	расчет
	Расчет эффективности элементов внутрисистемного экранирования;	3	расчет
	Расчет развязывающих фильтров многокаскадного усилителя.	3	расчет
	Расчёт уровня побочных излучений радиопередающего устройства.	3	расчет
	Расчёт уровня комбинационных компонент мешающих излучений.	3	расчет
	Расчет мощности помех и шумов на входе радиоприемного устройства.	3	расчет
Итого часов		18	

6. ПРИМЕРНАЯ ТЕМАТИКА КУРСОВЫХ ПРОЕКТОВ (РАБОТ) И КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ

Примерная тематика курсовых работ

1. Обеспечение электромагнитной совместимости в конструкциях радиоэлектронных средств
2. Фильтрация внутрисистемных помех
3. Источники и уровни мешающих излучений в радиопередающих устройствах

4. Взаимные помехи при усилении мощности нескольких сигналов в общей частотной полосе
5. Электромагнитная обстановка в зоне радиоприема
6. Роль антенных устройств в формировании ЭМО и обеспечении ЭМС.
7. Организационные меры обеспечения ЭМС.

7. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)

7.1. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания

7.1.1 Этап текущего контроля

Результаты текущего контроля знаний и межсессионной аттестации оцениваются по следующей системе:

«аттестован»;

«не аттестован».

Компетенция	Результаты обучения,, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	Аттестован	Не аттестован
ПК-1	ИД-1 ПК-1. Знает методы сбора, обработки, анализа и систематизации результатов измерений с применением средств вычислительной техники, основ математического обеспечения и программирования .	Активная работа на практических занятиях	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	ИД-2 ПК-1. Умеет применять методы сбора, систематизации и анализа результатов измерений с применением современной вычислительной техники	Решение стандартных практических задач	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	ИД-3 ПК-1. Владеет навыками анализа эффектов, вызванных взаимным электромагнитным влиянием радиоэлектронных систем и комплексов на основе сбора и анализа экспериментальных данных	Решение прикладных задач в конкретной предметной области	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах

ПК-3	ИД-1 _{ПК-3} . Знает основные причины и способы подавления паразитного электромагнитного влияния радиоэлектронных устройствах и системах	Активная работа на практических занятиях	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	ИД-2 _{ПК-3} . Умеет, на основе технической документации систем, проводить диагностику и проверку на работоспособность радиоэлектронных систем и комплексов	Решение стандартных практических задач	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	ИД-3 _{ПК-3} . Владеет общими навыками диагностики и проверки радиоэлектронных систем и комплексов	Решение прикладных задач в конкретной предметной области	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах

7.1.2 Этап промежуточного контроля знаний

Результаты промежуточного контроля знаний (зачет) оцениваются в 5 семестре по системе:

«зачтено»;

«не зачтено»

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	«Зачтено»	«Не зачтено»
ПК-1	ИД-1 _{ПК-1} . Знает методы сбора, обработки, анализа и систематизации результатов измерений с применением средств вычислительной техники, основ математического обеспечения и программирования .	Тест	Выполнение теста на 70-100%	В тесте менее 70% правильных ответов
	ИД-2 _{ПК-1} . Умеет применять методы сбора, систематизации и анализа результатов измерений с применением современной вычислительной техники	Тест	Выполнение теста на 70-100%	В тесте менее 70% правильных ответов
	ИД-3 _{ПК-1} . Владеет навыками анализа эффектов, вызванных взаимным электромагнитным влиянием радиоэлектронных систем и комплексов на основе сбора и анализа экспериментальных данных	Тест	Выполнение теста на 70-100%	В тесте менее 70% правильных ответов
ПК-3	ИД-1 _{ПК-3} . Знает основные причины и способы подавления паразитного электромагнитного влияния радиоэлектронных устройств и системах	Тест	Выполнение теста на 70-100%	В тесте менее 70% правильных ответов
	ИД-2 _{ПК-3} . Умеет, на основе технической документации систем, проводить диагностику и проверку на работоспособность радиоэлектронных систем и комплексов	Тест	Выполнение теста на 70-100%	В тесте менее 70% правильных ответов
	ИД-3 _{ПК-3} . Владеет общими навыками диагностики и проверки радиоэлектронных систем и комплексов	Тест	Выполнение теста на 70-100%	В тесте менее 70% правильных ответов

7.2 Примерный перечень оценочных средств (типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности)

7.2.1 Примерный перечень заданий для подготовки к тестированию

Вопрос № 1

Устройство, используемое для уменьшения электромагнитного поля, проникающего в защищаемую область:

- 1) заземление;
- 2) электромагнитное возмущение;
- 3) экран;
- 4) приемник.

Вопрос № 2

Ток во время удара молнии:

- 1) ток разряда;
- 2) ток молнии;
- 3) ток в устройстве заземления;
- 4) нет верного ответа.

Вопрос № 3

Совокупность заземлителя и заземляющих проводников:

- 1) внутренний заземлитель;
- 2) заземление;
- 3) внешний заземлитель;
- 4) заземляющее устройство.

Вопрос № 4

Выполненный за пределами территории энергообъекта заземлитель:

- 1) внутренний заземлитель;
- 2) выносной заземлитель;
- 3) заземлитель;
- 4) внешний заземлитель.

Вопрос № 5

Заряды статического электричества возникают за счёт двух эффектов:

- 1) накопления и зарядки;
- 2) индукций и трения;
- 3) перезарядки и возбуждения;
- 4) накопление и трения.

Вопрос № 6

Грозовой разряд, разряды статического электричества, технические электромагнитные процессы, ядерный взрыв это источники помех:

- 1) естественные;
- 2) искусственные;
- 3) внешние;
- 4) внутренние.

Вопрос № 7

Замкнутый горизонтальный заземлитель, продолженный вокруг здания:

- 1) внешний контур заземления;
- 2) внутренний контур заземления;
- 3) контур заземления;
- 4) внешний и внутренний контур заземления.

Вопрос № 8

Разряды атмосферного электричества, разряды статистического электричества между телами, получившими заряды разной полярности относятся к источникам помех называемых:

- 1) внешними;
- 2) естественными;
- 3) искусственными;
- 4) внутренними.

Вопрос № 9

Все процессы при нормальных рабочих и символических режимах работы приборов, машин, электроэнергетических установок, устройств информационной техники находящихся вблизи средств автоматизаций относятся к источникам помех:

- 1) производственные;
- 2) естественные;
- 3) технические;
- 4) искусственные.

Вопрос № 10

Ограничители перенапряжений служат для:

- 1) снижения перенапряжений в электрических и информационно-электронных системах;
- 2) повышения уровня питающего напряжения в электрических и информационно-электронных системах;
- 3) удаления высших гармоник в электрических и информационно-электронных системах;
- 4) нет верного ответа.

Вопрос № 11

Какие элементы, соприкасающихся с землей, относятся к естественным заземлителям:

- 1) металлические;
- 2) полупроводниковые;
- 3) диэлектрические;
- 4) ферромагнитные.

Вопрос № 12

Определенный ожидаемый максимальный уровень электромагнитного воздействия, которое может воздействовать на прибор оборудования или систему, работающие в определенных условиях:

- 1) максимальный уровень;
- 2) уровень электромагнитной совместимости;
- 3) класс защиты прибора;
- 4) нет верного ответа.

Вопрос № 13

Влияние ВЛЭП на линии связи через гальваническую связь (полное сопротивление связи) обусловлено:

- 1) протеканием в земле силовых токов;
- 2) наличием вокруг проводной ВЛЭП электрического поля;
- 3) прохождением части или всего переменного тока ВЛ по цепи провод-земля;
- 4) нет верного ответа.

Вопрос № 14

Принцип действия ограничителей перенапряжения базируется на использовании:

- 1) резисторов, обладающих нелинейной вольт-амперной характеристикой;
- 2) емкостных делителей напряжения;
- 3) импульсных источников питания;
- 4) нет верного ответа.

Вопрос № 15

Эффект ограничения напряжения варисторами основан на том, что при превышении рабочего напряжения:

- 1) его сопротивление увеличивается на много порядков;
- 2) его сопротивление уменьшается на много порядков;
- 3) его индуктивность увеличивается на много порядков;
- 4) нет верного ответа.

Вопрос № 16

Проводник, соединяющий заземляющие части с заземлителем:

- 1) проводник;
- 2) контур заземления;
- 3) заземляющий проводник;
- 4) нет правильного ответа.

Вопрос № 17

Ток во время удара молнии:

- 1) ток разряда;
- 2) ток молнии;
- 3) ток в устройстве заземления;
- 4) нет верного ответа.

Вопрос № 18

Совокупность заземлителя и заземляющих проводников:

- 1) внутренний заземлитель;
- 2) заземление;
- 3) внешний заземлитель;
- 4) заземляющее устройство.

Вопрос № 19

Выполненный за пределами территории энергообъекта заземлитель:

- 1) внутренний заземлитель;
- 2) выносной заземлитель;
- 3) заземлитель;
- 4) внешний заземлитель.

Вопрос № 20

Грозовой разряд, разряды статического электричества, технические электромагнитные процессы, ядерный взрыв это источники помех:

- 1) естественные;
- 2) искусственные;
- 3) внешние;
- 4) внутренние.

Вопрос № 21

Разряды атмосферного электричества, разряды статистического электричества между телами, получившими заряды разной полярности относятся к источникам помех называемых:

- 1) внешними;
- 2) естественными;
- 3) искусственными;
- 4) внутренними.

Вопрос № 22

Все процессы при нормальных рабочих и символических режимах работы приборов, машин, электроэнергетических установок, устройств информационной техники находящихся вблизи средств автоматизаций относятся к источникам помех:

- 1) производственные;
- 2) естественные;
- 3) технические;
- 4) искусственные.

7.2.2 Примерный перечень заданий для решения стандартных задач

1. Выразите мощность передатчика в дБм, если она равна:
а) 1 мВт, б) 10 Вт, в) 16 Вт, г) 10 мкВт.
2. Погонное затухание в кабеле на выбранной частоте равно 0,1 дБ/м. Определите потери в кабеле в дБ и размах, если его длина равна:
а) 1 м, б) 10 м, в) 30 м, г) 100 м.
3. Мощность передатчика 50 Вт, потери в каждом из джамперов 0,1 дБ, погонное затухание в кабеле на выбранной частоте 0,05 дБ/м, длина кабеля 30 м. Определите суммарные потери в фидере и мощность, подведённую к антенне, в Вт и дБм.
4. КСВ в питающем антенну кабеле равно 1,5. Определите потери на рассогласование, а также коэффициент отражения от антенны и КПД соединения «кабель – антенна».
5. Антенна соединена с передатчиком без магистрального кабеля, потерями в очень коротком соединительном кабеле можно пренебречь. К антенне поступает мощность 10 Вт, максимальный коэффициент усиления антенны 18 дБ, КСВ равен 1,5. Выразите максимальный коэффициент усиления в размах, определите потери мощности и эффективную излучаемую мощность в дБм и размах.
6. Диаграмма направленности антенны в горизонтальной плоскости круговая, в вертикальной – описывается законом $F(\Theta) = |\sin \Theta|$. Максимальная эффективная излучаемая мощность равна 20 дБм. Определите, какая эффективная мощность излучается в направлении 60 градусов к горизонту, к земле.
7. Квазимонохроматический передатчик работает на частоте 100 МГц. Определите частоты первых четырёх гармоник и субгармоник этого передатчика.
8. Номинальная мощность квазимонохроматического передатчика равна 10 Вт. Считая, что ослабление мощности на частотах гармоник и субгармоник определяется законом $(n!)^2$, где n – номер гармоники (субгармоники), определите мощность передатчика на первых четырёх гармониках и субгармониках. Постройте спектральную плотность мощности сигнала, учитывая только эти компоненты спектра сигнала.
9. Ослабление мощности передатчика на частотах гармоник и субгармоник определяется законом $(n!)^2$, где n – номер гармоники (субгармоники). Определите номер гармоники (субгармоники), которую уже не надо принимать во внимание при анализе ЭМС в соответствии с критериями: учитываются компоненты, которые ослаблены не более чем на
а) 60 дБ, б) 80 дБ.
10. Основной сигнал передатчика – однотоновая амплитудная модуляция с несущей частотой 100 МГц и шириной спектра 100 кГц. Определите, что представляют собой:

а) вторая гармоника; б) третья гармоника.

Укажите, какие диапазоны частотони занимают. Найдите ширину спектров этих гармоник.

7.2.3 Примерный перечень заданий для решения прикладных задач

1. Номинальная мощность передатчика 20 Вт на частоте 850 МГц, полоса пропускания равна 1 МГц, внеполосное излучение не превышает –60 дБ. Определите мощность передатчика на частотах:

а) 850,5 МГц, б) 849,5 МГц, в) 851 МГц, г) 900 МГц.

2. Номинальная частота передатчика 10 ГГц, полоса пропускания 1 ГГц. За пределами полосы пропускания скорость спадаения огибающей спектра либо 30 дБ/октаву, либо 60 дБ/декаду. Найдите ослабление сигнала в обоих случаях для частоты 15 ГГц.

3. Определите для передатчика из задачи 1.6 ширину спектра

а) по уровню –30 дБ; б) по уровню –60 дБ.

Вычислите коэффициенты прямоугольности спектра $P_{\square 30}$, $P_{\square 60}$.

4. Модулирующее излучение – сигнал, состоящий из первых трёх гармоник частоты 1 кГц. Определите необходимую полосу частот АМ-передатчика, если используется:

а) полная амплитудная модуляция; б) балансная амплитудная модуляция;

в) однополосная амплитудная модуляция с подавленной несущей.

5. Определите численно контрольную ширину полосы частот, если сигнал передатчика представляет собой прямоугольные импульсы длительностью 1 мкс. Указание: оценку проведите по огибающей спектра.

6. Определите численно занимаемую полосу частот для передатчика из задания 5, если

а) $\beta = 1\%$; б) $\beta = 0,5\%$.

7. Занимаемая полоса частот передатчика 1,2 ГГц определена при $\beta = 0,5\%$. Определите максимальную мощность квазибелой помехи в соседнем канале, если её мощность в основном канале приёма равна 1 мкВт.

8. Определите минимальную ширину присвоенной полосы частот радиовещательного передатчика, если номинальная частота равна 100 МГц, а необходимая полоса частот равна 2,7 кГц

9. Скорость спадаения огибающей спектра сигнала передатчика на одном из участков равна – 500 дБ/дек. Выразите эту величину в дБ/октаву.

10. Сигнал передатчика частоты 20 ГГц получается путём нелинейных преобразований сигналов частот 2 и 10 ГГц. Определите, какие из комбинационных частот с $m \leq 2$ и $n \leq 2$ пройдут через широкополосный оконечный усилитель с полосой пропускания от 16 до 24 ГГц.

7.2.4 Примерный перечень вопросов для подготовки к экзамену

1. Причины возникновения проблемы ЭМС ; Основные термины и определения;

2. Источники и рецепторы электромагнитных помех ; Математическое описание основных видов помех и их статистические характеристики ;

3. Нормативно-техническая документация и стандарты в области ЭМС Принципы расчетов ЭМС;

4. Классификация излучений радиопередатчиков; Виды побочных излучений;

5. Нормируемые параметры основного, внеполосного и побочного излучений; Управление основными параметрами сигнала с целью обеспечения ЭМС;

6. Измерение параметров ЭМС радиопередатчиков; Контактные помехи;

7. Источники промышленных помех . Организационно-технические методы обеспечения ЭМС;

8. Задачи и средства обеспечения ЭМС; Радиочастотный ресурс ;

9. Энергетические оценки некоторых параметров систем связи ; Энергетический потенциал радиолинии ;

10. Обеспечение ЭМС в системах подвижной радиосвязи ; Международное регулирование использования радиочастот ;
11. Распределение полос частот по видам радиослужб.; Обеспечение ЭМС на различных стадиях создания и эксплуатации РЭС ;
12. Земные и космические станции радиосвязи ; Классификация космических радиослужб ;
13. Глобальные космические системы радиосвязи; Проблемы ЭМС спутниковых систем связи с наземными системами космических служб между собой;
14. ЭМС наземных и космических радиослужб ; ЭМС спутниковых систем связи ;
15. Справочные диаграммы направленности антенн спутниковых систем связи; Расчет космической линии радиосвязи ;
16. Критерии ЭМС наземных и космических радиослужб и условия их выполнения
Элементная база РЭС с учетом ЭМС;
17. Пассивные электрорадиоизделия и их поведение на высоких частотах; Активные радиоэлементы;
18. Рекомендации по выбору пассивных и активных ЭРИ с учетом ЭМС; Помехи в одиночных линиях связи;
19. Параметры некоторых внутриаппаратурных линий связи;. Искажения сигнала в линиях связи;
20. Индуцированные помехи в линиях связи; Основные характеристики экранирования;
21. Экранирование электромагнитного поля;Экранирование магнитного и электрического полей в ближней зоне;
22. Анализ эффективности электромагнитного экранирования; Конструктивное исполнение экранирования;
23. Фильтрация помех. Экспериментальные методы исследования характеристик ЭМС;
24. Технические задачи радиоконтроля; Измерение напряженности поля и плотности потока мощности;
25. Радиоприемные устройства средств радиоконтроля; Антенные системы; Многофункциональные комплексы автоматизированного радиоконтроля

7.2.6 Методика выставления оценки при проведении промежуточной аттестации

Зачет с оценкой проводится по тест-билетам, каждый из которых содержит 10 вопросов, 10 стандартных задач и 10 прикладных задач. Каждый правильный ответ на вопрос в тесте оценивается 1 баллом. Максимальное количество набранных баллов – 30.

1. Оценка «Неудовлетворительно» ставится в случае, если студент набрал менее 16 баллов.
2. Оценка «Удовлетворительно» ставится в случае, если студент набрал от 16 до 20 баллов.
3. Оценка «Хорошо» ставится в случае, если студент набрал от 21 до 25 баллов.

Оценка «Отлично» ставится, если студент набрал от 26 до 30 баллов

7.2.7 Паспорт оценочных материалов

№ п/п	Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Код контролируемой компетенции (или ее части)	Наименование оценочного средства
-------	--	---	----------------------------------

1	Электромагнитная обстановка в совокупности средств	ПК-1 ПК-3	Тест, зачет, устный опрос
2	ЭМС блоков, устройств и систем РЭС	ПК-1 ПК-3	Тест, зачет, устный опрос
3	Принципы обеспечения электромагнитной совместимости	ПК-1 ПК-3	Тест, зачет, устный опрос
4	ЭМС наземных и космических радиослужб	ПК-1 ПК-3	Тест, зачет, устный опрос
5	Внутриаппаратурная ЭМС	ПК-1 ПК-3	Тест, зачет, устный опрос
6	Методы и средства измерения характеристик ЭМС	ПК-1 ПК-3	Тест, зачет, устный опрос
7	Электромагнитная обстановка в совокупности средств	ПК-1 ПК-3	Тест, зачет, устный опрос

7.3. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности

Тестирование осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных тест-заданий на бумажном носителе. Время тестирования 30 мин. Затем осуществляется проверка теста экзаменатором и выставляется оценка согласно методики выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

Решение стандартных задач осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных задач на бумажном носителе. Время решения задач 30 мин. Затем осуществляется проверка решения задач экзаменатором и выставляется оценка, согласно методики выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

Решение прикладных задач осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных задач на бумажном носителе. Время решения задач 30 мин. Затем осуществляется проверка решения задач экзаменатором и выставляется оценка, согласно методики выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

8 УЧЕБНО МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

8.1 Перечень учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

1. Федоров, Сергей Михайлович. Электромагнитная совместимость радиотехнических систем [Электронный ресурс] : лабораторный практикум / ФГБОУ ВО "Воронеж. гос. техн. ун-т", каф. радиоэлектрон. устройств и систем. - Воронеж : Воронежский государственный технический университет, 2020. -

Электрон. текстовые и граф. данные (8,1 Мб) : ил. : табл. - Библиогр.: с. 127 (9 назв.). - ISBN 978-5-7731-0910-5.

2. Ефанов, В. И. Электромагнитная совместимость радиоэлектронных средств и систем : Учебное пособие / Ефанов В. И. - Томск : Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2012. - 228 с. - ISBN 5-86889-188-0. URL: <http://www.iprbookshop.ru/14033.html>

3. Жежеленко, И. В. Электромагнитная совместимость в электрических сетях : Учебное пособие / Жежеленко И. В. - Минск : Вышэйшая школа, 2012. - 197 с. - ISBN 978-985-06-2184-9. URL: <http://www.iprbookshop.ru/20304.html>

4. Электромагнитная совместимость систем железнодорожной автоматики и телемеханики : Учебное пособие / Шаманов В. И. - Москва : Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте, 2013. - 244 с. - ISBN 978-5-89035-636-9. URL: <http://www.iprbookshop.ru/26847.html>

5. Электромагнитная совместимость и помехозащищённость РЭС [Электронный ресурс] : учебное пособие / Т.И. Чернышова; Ю.Н. Панасюк; А.П. Пудовкин. - Тамбов : Тамбовский государственный технический университет, ЭБС АСВ, 2013. - 92 с. - ISBN 978-5-8265-1194-7. URL: <http://www.iprbookshop.ru/63925.html>

6. Основы государственного регулирования использования радиочастотного спектра в Российской Федерации [Электронный ресурс] : практикум / С.А. Корниенко. - Ставрополь : Северо-Кавказский федеральный университет, 2016. - 98 с. URL: <http://www.iprbookshop.ru/66082.html>

7. Ромащенко, М.А. Основы внутриаппаратурной электромагнитной совместимости [Электронный ресурс] : Учеб. пособие. - Электрон. текстовые, граф. дан. (6,67 Мб). - Воронеж : ФГБОУ ВПО "Воронежский государственный технический университет", 2015. - 1 файл. - 30-00.

8.2 Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень лицензионного программного обеспечения, ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем

Для проведения лекционных занятий необходима аудитория, оснащенная плакатами и пособиями по профилю.

Компьютерный класс, оснащенный ПЭВМ с установленным программным обеспечением в ауд 315/4 с возможностью выхода в локальную сеть Интернет

9 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ БАЗА, НЕОБХОДИМАЯ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА

1. Для проведения лабораторных работ необходим дисплейный класс, минимум из 5 компьютеров с установленным оригинальным программным (лаборатория 315/4).

2. Для приобретения практических навыков работы с профессиональным оборудованием связи задействован магистральный радиоприемник Р-399 с антенно-фидерной системой и спектроанализатор УКВ.(лаборатория 312/4).

10. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

По дисциплине «Электромагнитная совместимость радиоэлектронных устройств и систем» читаются лекции, проводятся лабораторные и практические занятия.

Основой изучения дисциплины являются лекции, на которых излагаются наиболее существенные и трудные вопросы, а также вопросы, не нашедшие отражения в учебной литературе.

Лабораторные занятия направлены на приобретение практических навыков анализа работы автоматических систем слежения. Занятия проводятся моделирования радио -автоматических систем слежения на компьютере.

Для приобретения практических навыков работы с системами связи студенты проводят радионаблюдение за работой радиостанций с применением магистрального радиоприемника Р 399 и спеткроанализатора УКВ.

Большое значение по закреплению и совершенствованию знаний имеет самостоятельная работа студентов. Информацию о всех видах самостоятельной работы студенты получают на занятиях.

Освоение дисциплины оценивается на зачете.

Вид учебных занятий	Деятельность студента
Лекция	Написание конспекта лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения; помечать важные мысли, выделять ключевые слова, термины. Проверка терминов, понятий с помощью энциклопедий, словарей, справочников с выписыванием толкований в тетрадь. Обозначение вопросов, терминов, материала, которые вызывают трудности, поиск ответов в рекомендуемой литературе. Если самостоятельно не удастся разобраться в материале, необходимо сформулировать вопрос и задать преподавателю на лекции или на практическом занятии.
Практические занятия	Конспектирование рекомендуемых источников. Работа с конспектом лекций, подготовка ответов к контрольным вопросам, просмотр рекомендуемой литературы. Прослушивание аудио- и видеозаписей по заданной теме, выполнение расчетно-графических заданий, решение задач по алгоритму.
Подготовка к дифференцированному зачету	При подготовке к зачету необходимо ориентироваться на конспекты лекций, рекомендуемую литературу и решение задач на практических занятиях.