

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«РЯЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ РАДИОТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ИМЕНИ В.Ф. УТКИНА»

Кафедра «Радиотехнические системы»

«СОГЛАСОВАНО»

Декан факультета РТ

\_\_\_\_\_ / И.С. Холопов

«\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г

«УТВЕРЖДАЮ»

Проректор РОПиМД

\_\_\_\_\_ / А.В. Корячко

«\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г

Заведующий кафедрой РТС

\_\_\_\_\_ / В.И. Кошелев

«\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г

### **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

### **Б1.В.21 «ЭЛЕКТРОМАГНИТНАЯ СОВМЕСТИМОСТЬ РАДИОЭЛЕКТРОННЫХ СИСТЕМ ПЕРЕДАЧИ ИНФОРМАЦИИ»**

Направление подготовки

11.05.01 Радиоэлектронные системы и комплексы

Направленность (профиль) подготовки

Радиоэлектронная борьба

Уровень подготовки

специалитет

Квалификация выпускника – инженер

Формы обучения – очная

Рязань 2020 г

## ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЙ

Рабочая программа составлена с учетом требований федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки (специальности) 11.05.01 Радиоэлектронные системы и комплексы (уровень специалист), утвержденным приказом Министерства науки и высшего образования РФ № 94 от 09.02.2018 г.

Разработчик:  
доцент кафедры «Радиоуправление и связь»  
Егоров А.В.

\_\_\_\_\_ / Егоров А.В.  
(подпись) (Ф.И.О.)

Рассмотрена и утверждена на заседании кафедры «\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г., протокол № \_\_\_\_.

Заведующий кафедрой  
«Радиоуправление и связь»  
Кириллов С.Н.

\_\_\_\_\_ / Кириллов С.Н.  
(подпись) (Ф.И.О.)

# 1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы специалитета

## 1.1 Цель преподавания дисциплины

Целью преподавания дисциплины является формирование у студентов комплексного представления о проблеме электромагнитной совместимости радиоэлектронных средств.

## 1.2 Задачи изучения дисциплины

В процессе изучения дисциплины студенты осваивают современные методы повышения эффективности использования радиочастотного спектра, классификацию и характеристики электромагнитных помех, характеристики и параметры ЭМС радиотехнических устройств, пути решения задач по анализу и обеспечению электромагнитной совместимости.

## 1.3 Требования к уровню освоения содержания дисциплины

### Перечень основных задач профессиональной деятельности выпускников (по типам)

Область профессиональной деятельности (по Реестру Минтруда)	Типы задач профессиональной деятельности	Задачи профессиональной деятельности	Объекты профессиональной деятельности (или области знания)
06 (06.0005-Инженер радиоэлектронщик) Связь, информационные и коммуникационные технологии	научно - исследовательский	Проведение исследований в целях совершенствования радиоэлектронных средств и радиоэлектронных систем различного назначения. Анализ научно-технической проблемы на основе подбора и изучения литературных и патентных источников. Математическое и компьютерное моделирование радиоэлектронных устройств и систем с целью оптимизации (улучшения) их параметров. Разработка методов приема, передачи и обработки сигналов, обеспечивающих рост технических характеристик радиоэлектронной аппаратуры. Проведение аппаратного макетирования и экспериментальных работ по проверке достижимости технических характеристик, планируемых при проектировании	Радиотехнические комплексы, системы, и устройства приема, передачи и обработки сигналов, методы и средства их моделирования, экспериментальной отработки.

		<p>радиоэлектронной аппаратуры.</p> <p>Контроль соответствия разрабатываемых проектов и технической документации стандартам, техническим условиям и другим нормативным документам.</p>	
<p>06 (06.0005-Инженер радиоэлектронщик) Связь, информационные и коммуникационные технологии</p>	<p>проектный</p>	<p>Разработка структурных и функциональных схем радиоэлектронных систем и комплексов, принципиальных схем устройств с использованием средств компьютерного проектирования, проведением проектных расчетов и технико-экономическим обоснованием принимаемых решений.</p> <p>Проведение предварительного технико-экономического обоснования проектов радиотехнических устройств и систем.</p> <p>Сбор и анализ исходных данных для расчета и проектирования деталей, узлов и устройств радиотехнических систем.</p> <p>Расчет и проектирование деталей, узлов и устройств радиотехнических систем в соответствии с техническим заданием с использованием средств автоматизации проектирования.</p> <p>Разработка проектной и технической документации, оформление законченных проектно-конструкторских работ.</p> <p>Контроль соответствия разрабатываемых проектов и технической документации стандартам, техническим условиям и другим нормативным документам.</p>	<p>Радиотехнические комплексы, системы, и устройства приема, передачи и обработки сигналов, методы и средства их моделирования, экспериментальной отработки.</p>

<b>Область профессиональной деятельности (по Реестру Минтруда)</b>	<b>Типы задач профессиональной деятельности</b>	<b>Задачи профессиональной деятельности</b>	<b>Объекты профессиональной деятельности (или области знания)</b>
25 (25.027 - Специалист по разработке аппаратуры ракетно-космических систем) Ракетно-космическая промышленность	научно - исследовательский	Проведение исследований и испытаний бортовой аппаратуры космических аппаратов (БАКА) и входящих в нее функциональных узлов, разработанных на основе модернизируемых технических решений. Расчет электрических режимов электронной компонентной базы БАКА. Моделирование функциональных узлов и изделий БАКА.	Радиотехнические системы, комплексы и устройства бортовых космических систем.
25 (25.027 - Специалист по разработке аппаратуры ракетно-космических систем) Ракетно-космическая промышленность	проектный	Проведение расчетов для разработки функциональных узлов бортовой аппаратуры космических аппаратов. Макетирование и моделирование электронных узлов БАКА. Анализ входных данных для выполнения расчетов при разработке функциональных узлов бортовой аппаратуры космических аппаратов. Технико-экономическое обоснование проектов радиоэлектронных устройств и систем КА; Сбор и анализ исходных данных для расчета и проектирования деталей, узлов и устройств радиотехнических систем; Расчет и проектирование деталей, узлов и устройств радиотехнических систем в соответствии с техническим заданием с использованием средств автоматизации проектирования; Разработка проектной и технической документации, Подготовка проектно-конструкторской документации и контроль ее соответствия нормативным документам (стандартам, техническим условиям и	Радиотехнические системы, комплексы и устройства бортовых космических систем.

		другим).	
25 (25.029 – Радиоинженер в ракетно-космической промышленности) Ракетно-космическая промышленность	научно - исследовательский	Исследования и поиск перспективных методов совершенствования характеристик радиотехнических и радиоэлектронных систем в базах данных патентов и других научно-технических источников. Создание компьютерных моделей процессов и систем и работа с ними.	Радиоэлектронные средства и системы, их проектирование в составе космических аппаратов и систем
25 (25.029 – Радиоинженер в ракетно-космической промышленности) Ракетно-космическая промышленность	проектный	Разработка алгоритмов функционирования бортового и испытательного оборудование космических аппаратов и узлов бортовой аппаратуры космических аппаратов с использованием персональных компьютеров. Макетирование и моделирование электронных узлов БАКА. Анализ входных данных для выполнения расчетов при разработке функциональных узлов бортовой аппаратуры космических аппаратов. Технико-экономическое обоснование проектов радиоэлектронных устройств и систем; Сбор и анализ исходных данных для расчета и проектирования деталей, узлов и устройств радиоэлектронных систем; Расчет и проектирование деталей, узлов и устройств радиоэлектронных систем в соответствии с техническим заданием с использованием средств автоматизации проектирования; Разработка проектной и технической документации; Оформление законченных проектно-конструкторских работ; Контроль соответствия разрабатываемых проектов и	Радиоэлектронные средства и системы, их проектирование в составе космических аппаратов и систем.

		технической документации стандартам, техническим условиям и другим нормативным документам.	
--	--	--	--

### **Общепрофессиональные компетенции выпускников и индикаторы их достижения**

<b>Категория (группа) общепрофессиональных компетенций</b>	<b>Код и наименование общепрофессиональной компетенции</b>	<b>Код и наименование индикатора достижения общепрофессиональной компетенции</b>
Научное мышление	ОПК-1. Способен представить адекватную современному уровню знаний научную картину мира на основе знания основных положений, законов и методов естественных наук и математики	ИД-1 <sub>ОПК-1</sub> Знает фундаментальные законы природы и основные физические и математические законы. ИД-2 <sub>ОПК-1</sub> Умеет применять физические законы и математические методы для решения задач теоретического и прикладного характера. ИД-3 <sub>ОПК-1</sub> Владеет навыками использования знаний физики и математики при решении практических задач.
Опытно конструкторская деятельность	ОПК-5. Способен выполнять опытно-конструкторские работы с учетом требований нормативных документов в области радиоэлектронной техники и информационно-коммуникационных технологий	ИД-1 <sub>ОПК-5</sub> Знает основные методы проектирования, исследования и эксплуатации специальных радиотехнических систем. ИД-2 <sub>ОПК-5</sub> Умеет применять информационные технологии и информационно вычислительные системы для решения научно-исследовательских и проектных задач радиоэлектроники. ИД-3 <sub>ОПК-5</sub> Владеет методами проектирования, исследования и эксплуатации радиотехнических систем.

## **2. Место дисциплины в структуре ООП специалитета**

Данная дисциплина (модуль) относится к вариативной части блока специализации "Радиоэлектронная борьба". Дисциплина (модуль) изучается на 5 курсе в 10 семестре.

Дисциплина базируется на следующих дисциплинах:

Электродинамика и распространение радиоволн;  
 Электроника;  
 Метрология и радиоизмерения;  
 Основы конструирования и технологии производства РЭС;  
 Устройства СВЧ и антенны;  
 Электропреобразовательные устройства радиоэлектронных средств;  
 Устройства ГФС;  
 Устройства ПОС;  
 Основы теории радионавигационных систем и комплексов;  
 Основы теории радиосистем передачи информации;  
 Программируемые приемо-передающие устройства СПИ;  
 Проектирование радиоэлектронных систем передачи информации.

Знания, умения и навыки, полученные студентами в процессе освоения дисциплины, необходимы при изучении следующих дисциплин в зависимости от ООП:

Цифровые радиоэлектронные системы передачи информации;  
 Спутниковые радиоэлектронные системы передачи информации;  
 Широкополосные радиоэлектронные системы передачи информации;  
 Космические радиоэлектронные СПИ.

**3. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам занятий) и на самостоятельную работу обучающихся**

Общая трудоемкость (объем) дисциплины (модуля) составляет 5 зачетных единиц (ЗЕ).

Вид учебной работы	Всего часов	Семестр
Общая трудоёмкость дисциплины	180	10
<b>Аудиторные занятия</b>	48	
Лекции	32	10
Лабораторные работы (ЛР)	16	10
<b>Самостоятельная работа</b>	96	
Самостоятельные занятия	88	10
Консультации в семестре	8	10
Вид промежуточной аттестации	Экзамен	10



#### 4. Тематический план дисциплины

№ п/п	Тема	Общая трудоемкость, всего часов	Контактная работа обучающихся с преподавателем			Самостоятельная работа обучающихся
			все го	лекции	Лабораторные работы	
1	2	3	4	5	6	7
1.	Общие вопросы ЭМС РЭС и ТКС	8	2	2		6
2.	Радиочастотный ресурс, его особенности и принципы управления.	8	2	2		6
3.	Современные методы повышения эффективности использования радиочастотного спектра	12	4	4		8
4.	Организация службы радиоконтроля.	15	5	5		10
5.	Классификация и характеристики электромагнитных помех.	11	3	3		8
6.	Характеристики и параметры ЭМС радиопередающих устройств.	24	14	6	8	10
7.	Характеристики и параметры ЭМС радиоприемных устройств.	23	13	6	7	10
8.	Характеристики и параметры ЭМС антенн и антенно-фидерных трактов.	10	2	2		8
9.	Характеристики и параметры ЭМС среды распространения радиоволн	8	2	2		6
10.	Индустриальные радиопомехи.	9	3	3		6
11.	Методы анализа ЭМС РЭС	9	3	3		6
12.	Экспериментальные методы исследований ЭМС РЭС	8	2	2		6
13.	Вопросы объектовой электромагнитной	8	2	2		6

	совместимости при проектировании радиосвязи и вещания сетей					
14.	Методы обеспечения ЭМС РЭС.	11	3	3		8
15.	Технические средства обеспечения ЭМС РЭС при воздействии различных помех в системах связи.	8	2	2		6
16	Консультации, зачет и экзамен	44				44
	Всего:	180	48	32	16	132

## **5 Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам)**

### **Раздел1. Общие вопросы ЭМС ТКС**

Причины возникновения и существо проблемы ЭМС РЭС и ТКС. Общие черты и особенности проблем ЭМС, помехоустойчивости и помехозащищенности.

Предмет и задачи курса. Его связь с основными дисциплинами радиотехнических специальностей. Составные части проблемы ЭМС. Понятие электромагнитной обстановки.

### **Раздел2. Радиочастотный ресурс (РЧР), его особенности и принципы управления.**

Связь проблемы ЭМС с прогрессом радиоэлектроники.

Управление использованием РЧР на международном уровне. Управление использованием РЧР на национальном уровне.

Регламент радиосвязи. Зоны радиовещания. Таблица распределения частот.

Организационные, экономические и технические принципы управления РЧР.

### **Раздел3. Современные методы повышения эффективности использования радиочастотного спектра.**

Структурные, организационные и экономические меры повышения эффективности использования РЧР.

Процедурные методы: типовое лицензирование, перераспределение спектра. Способы перераспределения частот. Административное распределение, конкурсный отбор, лотерея и аукционы как методы распределения спектра.

Особенности проведения аукционов по предоставлению радиочастот.

Экономические методы повышения эффективности использования РЧС: применение ценового механизма, изменение прав пользователей

спектра, делегирование функций по управлению использованием РЧР частному сектору.

Факторы, определяющие цену спектра. Принципы определения платы за радиоспектр.

#### **Раздел 4. Организация службы радиоконтроля.**

Роль и место радиоконтроля в системе управления использованием РЧР. Цели и задачи радиоконтроля. Объекты радиоконтроля.

Обзор систем управления использованием РЧС и радиоконтроля некоторых стран.

Отечественная система радиоконтроля.

Методы измерений характеристик сигналов систем радиосвязи и вещания.

Пеленгация и определение местоположения источников излучений.

Опознавание источников излучений.

Специфика радиоконтроля спутниковых линий.

#### **Раздел 5. Классификация и характеристики электромагнитных помех.**

Виды электромагнитных помех. Непреднамеренные ЭМ помехи (НЭМП). Общая структурная схема воздействия НЭМП на РЭС. Характер проявления воздействий НЭМП на РЭС. Энергетический потенциал радиолинии. Шумовая температура. Факторы, влияющие на реализацию ЭМС РЭС; размещение РЭС, пути воздействия НЭМП, уровень обеспечения ЭМС. Обобщенная схема воздействия НЭМП. Автоматизированные системы прогноза ЭМС РЭС и ТКС. Методы снижения уровня НЭМП.

#### **Раздел 6. Характеристики и параметры ЭМС радиопередающих устройств.**

Основные и неосновные излучения РПД. Класс излучения. Причины возникновения и характеристика неосновных излучений: побочных, внеполосных, шумовых.

Необходимая и занимаемая полосы, совершенное излучение.

Причины внеполосного излучения и способы его снижения. Контрольные полосы частот, скорость спада огибающей спектра.

Разновидности побочных излучений: гармоники, субгармоники, интермодуляционные, комбинационные, паразитные.

Нормы и стандартные требования к допустимым уровням неосновных излучений РПД. Методы борьбы с неосновными излучениями.

#### **Раздел 7. Характеристики радиоприемных устройств (РПУ), влияющие на ЭМС.**

Параметры основного канала приема. Основные виды избирательности РПУ. Восприимчивость по неосновным каналам приема.

Побочные каналы приема: на промежуточной частоте, зеркальный, на субгармониках и комбинационные. Одно- и многосигнальная частотная избирательность.

Воздействие интенсивных помех вне полос основного и побочных каналов приема. Блокирование, перекрестная модуляция и интермодуляция. Методы снижения восприимчивости РПУ по неосновным каналам приема.

### **Раздел 8. Характеристики и параметры ЭМС антенн и антенно-фидерных трактов.**

Особенности АФУ с точки зрения ЭМС. Обеспечение избирательности в АФУ. Нелинейные свойства. Характеристики антенных устройств, влияющие на ЭМС. Направленные свойства в основной полосе частот излучения. Направленные свойства на частотах внеполосного излучения (излучения на частотах, примыкающих к основной полосе частот и обусловленных результатом модуляции); на частотах побочных каналов. Поляризационные свойства. Побочное излучение – фактор, снижающий помехозащищенность РЭС. Способы снижения побочного излучения апертурных антенн. Активные способы борьбы с помехами. Многоканальные антенные устройства. Компенсационные способы. Самофокусирующиеся антенны. Адаптивные антенны.

### **Раздел 9. Характеристики среды распространения, влияющие на ЭМС.**

Механизмы (способы) распространения сигналов и помех по естественным трассам; прямые, земные, ионосферные и тропосферные ЭМ волны. Оценка ослаблений уровней сигналов и помех, распространяющихся указанными способами (расчет коэффициентов ослабления).

### **Раздел 10. Индустриальные радиопомехи.**

Источники и характеристики индустриальных радиопомех. Методы борьбы с ИРП.

### **Раздел 11. Методы анализа ЭМС**

Общие положения. Методы получения детерминированных аналитических оценок. Методы получения вероятностных оценок. Парная оценка ЭМС. Групповая оценка. Комплексная оценка. Этапы оценки ЭМС совокупности РЭС.

### **Раздел 12. Экспериментальные методы исследований ЭМС РЭС и ТКС.**

Задачи экспериментальных исследований. Особенности измерений характеристик ЭМС. Натурные испытания. Стендовые измерения и испытания. Имитаторы сложной ЭМ обстановки.

### **Раздел 13. Вопросы объектовой электромагнитной совместимости при проектировании сетей радиосвязи и вещания.**

Общая характеристика проблемы обеспечения внутриобъектовой ЭМС. Технические параметры РЭС, влияющие на ЭМС. Методы анализа ЭМС РЭС, расположенных на одном объекте. Методы обеспечения внутриобъектовой ЭМС.

### **Раздел 14. Методы обеспечения ЭМС.**

Задачи и средства обеспечения ЭМС. Радиочастотный ресурс. Обеспечение ЭМС как задача эффективного использования радиочастотного ресурса. Общие принципы выбора и оперативного изменения рабочих

частот каналов. Значение временной регламентации работы систем, ограничения мощностей передатчиков, пространственного разнеса антенн, различия поляризационных характеристик. Факторы, определяющие наименьшее значение частотно-территориального разнеса.

Особенности задач обеспечения ЭМС на различных уровнях: на уровне элемента, блока, на уровне объекта, системы, на уровне службы.

Подавление помех в месте их возникновения. Роль конструктивных факторов в проблеме ЭМС: компоновка, заземление, экранирование, фильтрация. Использование рациональных схем и конструкций. Локализация помех с помощью фильтров и экранов. Подавление помех в месте приема. Оптимальные схемы подавления помех. Практические схемы подавления помех. Нелинейные и компенсационные схемы.

Комбинированные методы борьбы с сосредоточенными, импульсными и флуктуационными помехами. Особенности применения фильтров и экранов в месте приема. Методы синхронизации и бланкирования.

### **Раздел 15. Технические средства обеспечения ЭМС РЭС при воздействии различных помех в системах связи.**

Обеспечение ЭМС при помощи компенсаторов помех.

Обеспечение ЭМС при помощи устройств подавления импульсных помех.

Подавление импульсных помех в системах связи с частотным разнесением.

## **6. Самостоятельная работа по дисциплине**

**Объём** самостоятельной работы студента определяется учебным планом и составляет 118 часов, в том числе самостоятельные занятия 110 часов.

**Типовые задания** для самостоятельной работы:

- чтение конспекта лекций;
- чтение и анализ научной литературы по темам курса;
- конспектирование, аннотирование научных публикаций;
- анализ нормативных документов;
- анализ учебных и методических пособий

**Критерии** оценивания компетенций:

- уровень усвоения материала программы;
- умение анализировать материал, устанавливать причинно-следственные связи;
- ответы на вопросы: полнота, аргументированность, убежденность;
- качество ответа: логичность, уверенность, общая эрудиция;
- использование дополнительной литературы при подготовке ответов

**Тематика самостоятельной работы студентов:**

1. Радиослужбы. Таблица распределения радиочастот.
2. Международный опыт распределения радиочастотного спектра.
3. Изучение методов проведения аукционов по распределению частот
4. Изучение принципов определения платы за РЧР
5. Расчет разовой и ежегодной платы за использование РЧР.
6. Экономические принципы совершенствования распределения РЧР на современном этапе.
7. Международный опыт распределения радиочастотного спектра.
8. Организационные и структурные принципы перераспределения РЧР на современном этапе.
9. Особенности проведения аукционов по предоставлению радиочастот.
10. Состояние и перспективы распределения частот на конкурсной основе в России.
11. Цели и задачи радиоконтроля.
12. Объекты радиоконтроля.
13. Методы измерения характеристик сигналов систем радиосвязи и вещания.
14. Пеленгация и определение местоположения источников излучений.
15. Опознавание источников излучений.
16. Особенности влияния среды распространения радиоволн на ЭМС РЭС.
17. Прогнозирование тропосферных и ионосферных каналов распространения радиоволн.
18. Радиоконтроль спутниковых радиолиний.
19. Классификация и характеристики электромагнитных помех.
20. Классификация НЭМП. Разновидности индустриальных помех.
21. Параметры и характеристики ЭМС радиопередатчиков.
22. Классы излучений. Понятие, описание, нормы.
23. Причины и особенности внеполосного излучения. Нормирование внеполосного излучения, контрольные полосы частот, скорость спада огибающей спектра.
24. Причины, разновидности и особенности побочных излучений радиопередатчиков. Методы борьбы с побочными излучениями.
25. Параметры ЭМС радиоприемников. Параметры основного канала приема. Характеристика частотной избирательности.
26. Побочные каналы приема. Причины и методы борьбы с ними.
27. Внеполосные каналы приема.
28. Схемотехнические и конструктивные меры борьбы с блокированием и перекрестными искажениями.
29. Интермодуляция и интермодуляционные каналы приема. Технические и организационные методы борьбы.
30. Особенности проектирования антенно-фидерных трактов РЭС для снижения уровня нежелательных излучений.

31. Понятие ЭМО и ее особенности
32. Определение защитных отношений
33. Имитаторы ЭМО. Разновидности, специфика применения.
34. Методы моделирования ЭМО и оценки ЭМС.
35. Особенности стендовых испытаний.
36. Способы оценки ЭМО.
37. Классификация электромагнитной обстановки окружающей среды.
38. Оценка ЭМС при сложной логике комплексирования.
39. Технические средства контроля ЭМО.
40. Применение сложных сигналов в условиях напряженной ЭМО.
41. Порогопонижающие методы приема.
42. Обеспечение ЭМС при помощи компенсатора помех.
43. Обеспечение ЭМС при помощи устройства подавления импульсных помех.
44. Подавление импульсных помех в системах связи с частотным разнесением.
45. Применение ЦАР для обеспечения ЭМС.
46. Методы анализа ЭМС РЭС, расположенных на одном объекте.
47. Методы обеспечения внутриобъектовой ЭМС.
48. Рецепторы промышленных радиопомех.
49. Классификация промышленных радиопомех.
50. Нормирование промышленных радиопомех.
51. Контактные помехи. Особенности, опасность, методы снижения.
52. Способы фильтрации помех по цепям питания в сильно и слаботочных цепях.
53. Механизмы гальванической связи и меры ее снижения
54. Емкостная связь и методы ее ослабления
55. Противофазные и синфазные помехи в линиях, мероприятия по их снижению.
56. Особенности обеспечения ЭМС при развертывании беспроводных сетей передачи данных.

## 7. Лабораторный практикум

Объём часов по учебному плану – 15 часов.

Тематика лабораторных работ.

№ п/п	№ раздела дисциплины	Наименование лабораторных работ
1	5	Исследование возникновения внеполосных излучений радиопередатчиков
2	5	Исследование возникновения побочных излучений радиопередатчиков
3	6	Характеристики и параметры ЭМС

		радиоприемников
4	6	Изучение влияния неосновных излучений и каналов приема в цифровой РРЛ

## 8. Оценочные фонды

### **Контрольные вопросы по лабораторной работе «Исследование возникновения внеполосных излучений радиопередатчиков».**

1. Что такое внеполосное излучение, какова природа его возникновения?
2. Какие виды нежелательных излучений вы знаете?
3. Что такое совершенное излучение?
4. Как связаны форма модулирующего сигнала и скорость спадания огибающей спектра?
5. Что влияет на ширину спектра радиосигнала?
6. Какие вы знаете меры, обеспечивающие снижение уровня внеполосного излучения?
7. Какие вы знаете контрольные уровни и полосы частот и для чего они используются?
8. Что такое занимаемая полоса частот и как она оценивается?
9. Какие существуют формы модулирующих сигналов и как они соотносятся с точки зрения скорости спадания огибающей спектра мощности?

### **Контрольные вопросы по лабораторной работе «Исследование возникновения побочных излучений радиопередатчиков».**

1. Что такое побочное излучение, какова природа его возникновения?
2. Какие виды побочных излучений вы знаете?
3. Что такое гармоники, в чем их причина и какие существуют методы их снижения?
4. Что такое субгармоники, в чем их причина и какие существуют методы их снижения?
5. Что такое комбинационные излучения, в чем их причина и какие существуют методы их снижения?
6. Что такое интермодуляционные излучения, в чем их причина и какие существуют методы их снижения?
7. Что влияет на уровень интермодуляционных составляющих?
8. Какие интермодуляционные составляющие наиболее опасны и почему?
9. Что такое паразитные излучения, в чем их причина и какие существуют методы их снижения?
10. В чем разница и что общего у внеполосных и побочных излучений?

### **Контрольные вопросы по лабораторной работе «Характеристики и параметры ЭМС радиоприемников».**

1. Какие Вы знаете каналы приема и в чем их особенности?



2. Что такое характеристика частотной избирательности радиоприемника и как она измеряется?
3. Что такое восприимчивость приемника к неосновным каналам прохождения помех и чем она определяется?
4. Что такое побочные каналы приема и какова причина их возникновения?
5. Какие Вы знаете побочные каналы приема и от чего зависит восприимчивость приемника к помехам по этим каналам?
6. Какие Вы знаете методы снижения восприимчивости приемника к побочным каналам приема?
7. Что такое внеполосные каналы приема и каковы причины их возникновения?
8. Что такое блокирование и перекрестные искажения, в чем причина их возникновения?
9. Как оцениваются коэффициент блокирования и коэффициент перекрестных искажений?
10. Что такое интермодуляция в приемнике, каковы частотные условия возникновения интермодуляционного канала приема?
11. Какие Вы знаете способы борьбы с интермодуляционными каналами приема?
12. В чем разница и что общего у внеполосных и побочных каналов приема?

### **Вопросы зачета**

1. Международная система управления РЧР. Принципы управления РЧР.
2. Система управления РЧР в РФ.
3. Регламент радиосвязи. ТРЧ, типы записей.
4. Типы радиослужб, категории их распределения.
5. Организационные и процедурные методы повышения эффективности использования РЧР.
6. Способы перераспределения спектра
7. Экономические принципы повышения эффективности использования РЧР.
8. Факторы, учитываемые при оценке цены спектра.
9. Методы установления цены на РЧС
10. Методика расчета размера платы за использование РЧС в РФ
11. Основные формы распределения частот
12. Особенности административного распределения частот
13. Особенности конкурсного отбора при распределении частот
14. Особенности проведения аукционов при распределении частот
15. Особенности проведения лотерей при распределении частот
16. Технические принципы повышения эффективности РЧР
17. Цели и задачи радиоконтроля. Мероприятия по радиоконтролю.
18. Методы измерения характеристик сигналов систем радиосвязи и вещания.
19. Задачи, решаемые при построении пеленгационной системы.
20. Характеристики и параметры ЭМС среды распространения радиоволн.

21. Факторы, влияющие на точность пеленга.
22. Антенные системы радиопеленгаторов.
23. Методы пеленгации.
24. Радиогониометрический метод пеленгации.
25. Метод пеленгации Ватсона-Ватта.
26. Метод пеленгации на основе эффекта Доплера.
27. Фазовый интерферометрический метод пеленгации .
28. Методы определения местоположения источника радиоизлучения.
29. Специфика радиоконтроля излучений космических станций
30. Радиопеленгация земных станций спутниковых систем

### **Вопросы зачета с оценкой**

31. Классификация радиопомех. НЭМП.
32. Параметры НЭМП.
33. Станционные, промышленные и контактные помехи.
34. Основные источники промышленных радиопомех.
35. Характеристики и параметры ЭМС радиопередатчиков. Параметры основного излучения. Класс излучения.
36. Характеристики и параметры ЭМС радиопередатчиков. Внеполосные излучения. Совершенное излучение.
37. Оценка и параметры внеполосного излучения, факторы, определяющие его интенсивность, методы снижения.
38. Характеристики и параметры ЭМС радиопередатчиков. Побочные излучения.
39. Гармоники и субгармоники в передатчиках.
40. Интермодуляционные излучения в передатчиках.
41. Комбинационные и паразитные излучения в передатчиках.
42. Характеристики и параметры ЭМС радиоприемников: каналы приема.
43. Характеристики и параметры ЭМС радиоприемников при односигнальном воздействии. ХЧИ.
44. Побочные каналы приема.
45. Характеристики и параметры ЭМС радиоприемников при многосигнальном воздействии. Внеполосные каналы приема.
46. Блокирование в радиоприемниках.
47. Перекрестные искажения в радиоприемниках.
48. Интермодуляционные искажения в радиоприемниках.
49. Характеристики фидеров, влияющие на ЭМС.
50. Подавление побочных излучений в АФТ.
51. Характеристики антенн, влияющие на ЭМС.
52. Общая характеристика ЭМО. Ее особенности.
53. Анализ ЭМО. Методы оценки.
54. Методы получения детерминированных оценок. Парная оценка.

55. Методы получения детерминированных оценок. Групповая и комплексная оценки.
56. Методы получения вероятностных оценок ЭМС. Парная оценка.

### **Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания**

Сформированность каждой компетенции в рамках освоения данной дисциплины оценивается по трехуровневой шкале:

- 1) пороговый уровень является обязательным для всех обучающихся по завершении освоения дисциплины;
- 2) продвинутый уровень характеризуется превышением минимальных характеристик сформированности компетенций по завершении освоения дисциплины;
- 3) эталонный уровень характеризуется максимально возможной выраженностью компетенций и является важным качественным ориентиром для самосовершенствования.

При достаточном качестве освоения более 80% приведенных знаний, умений и навыков преподаватель оценивает освоение данной компетенции в рамках настоящей дисциплины на эталонном уровне, при освоении более 60% приведенных знаний, умений и навыков – на продвинутом, при освоении более 40% приведенных знаний, умений и навыков – на пороговом уровне. При освоении менее 40% приведенных знаний, умений и навыков компетенция в рамках настоящей дисциплины считается неосвоенной.

**Уровень сформированности** каждой компетенции на различных этапах ее формирования в процессе освоения данной дисциплины оценивается в ходе текущего контроля успеваемости и представлено различными видами оценочных средств.

Преподавателем оценивается содержательная сторона и качество материалов, приведенных в отчетах студента по лабораторным работам, а так же в пояснительных записках к курсовому проекту. Кроме того, преподавателем учитываются ответы студента на вопросы по соответствующим видам занятий при текущем контроле:

- контрольные опросы;
- допуски и защиты лабораторных работ;
- задания по практическим занятиям.

Принимается во внимание **знания** обучающимися:

- основной терминологии в области ЭМС;
- методов анализа и основных принципов управления РЧР и обеспечения ЭМС.

наличие **умений**:

- по исследованию параметров и характеристик ЭМС радиоэлектронных средств.

Критерии оценивания уровня сформированности компетенции в процессе выполнения и защиты лабораторных работ, практических занятий, зачета:

- 41%-60% правильных ответов соответствует пороговому уровню сформированности компетенции на данном этапе ее формирования;
- 61%-80% правильных ответов соответствует продвинутому уровню сформированности компетенции на данном этапе ее формирования;
- 81%-100% правильных ответов соответствует эталонному уровню сформированности компетенции на данном этапе ее формирования.

Сформированность уровня компетенций не ниже порогового является основанием для допуска обучающегося к промежуточной аттестации по данной дисциплине.

Изучение первой части дисциплины в девятом семестре заканчивается зачетом, в соответствии с учебным планом. Зачет проводится в соответствии с руководящим документом «Положение о промежуточной аттестации» от 13.04.2016г.

Критерии оценивания промежуточной аттестации в форме зачета представлены в таблице.

<b>Шкала оценивания</b>	<b>Критерии оценивания</b>
<b>«зачтено»</b>	<b>студент должен:</b> продемонстрировать достаточно полное знание материала; продемонстрировать знание основных теоретических понятий; достаточно последовательно, грамотно и логически стройно излагать материал; уметь сделать достаточно обоснованные выводы по излагаемому материалу; ответить на все вопросы билета, при этом возможно допустить не принципиальные ошибки.
<b>«незачет»</b>	<b>ставится в случае:</b> незнания значительной части программного материала; не владения понятийным аппаратом дисциплины; существенных ошибок при изложении учебного материала; неумения строить ответ в соответствии со структурой излагаемого вопроса; неумения делать выводы по излагаемому материалу. Как правило, оценка «незачет» ставится студентам, которые не могут продолжить обучение по образовательной программе без

	дополнительных занятий по соответствующей дисциплине (формирования и развития компетенций, закрепленных за данной дисциплиной). Оценка «незачет» выставляется также, если студент после начала зачета отказался его сдавать или нарушил правила сдачи (списывал, подсказывал и т.д.).
--	---

Изучение второй части дисциплины в десятом семестре дисциплины заканчивается зачетом с оценкой, в соответствии с учебным планом. Зачет проводится в соответствии с руководящим документом «Положение о промежуточной аттестации» от 13.04.2016г.

Критерии оценивания промежуточной аттестации в форме зачета с оценкой представлены в таблице.

<b>Шкала оценивания</b>	<b>Критерии оценивания</b>
<b>«отлично»</b>	<b>студент должен:</b> продемонстрировать глубокое и прочное усвоение знаний материала; исчерпывающе, последовательно, грамотно и логически стройно изложить теоретический материал; правильно формулировать определения; уметь сделать выводы по излагаемому материалу; ответить не только на вопросы билета, но и на дополнительные вопросы в рамках рабочей программы дисциплины, предусмотренные программой;
<b>«хорошо»</b>	<b>студент должен:</b> продемонстрировать достаточно полное знание материала; продемонстрировать знание основных теоретических понятий; достаточно последовательно, грамотно и логически стройно излагать материал; уметь сделать достаточно обоснованные выводы по излагаемому материалу; ответить на все вопросы билета, при этом возможно допустить не принципиальные ошибки.
<b>«удовлетворительно»</b>	<b>студент должен:</b> продемонстрировать общее знание изучаемого материала; уметь строить ответ в соответствии со структурой излагаемого вопроса; показать общее владение понятийным аппаратом дисциплины; уметь устранить допущенные погрешности в ответе на теоретические вопросы и/или ответить на другие вопросы того же раздела дисциплины.
<b>«неудовлетворительно»</b>	<b>ставится в случае:</b> незнания значительной части программного материала; не владения понятийным аппаратом дисциплины; существенных ошибок при

	<p>изложении учебного материала; неумения строить ответ в соответствии со структурой излагаемого вопроса; неумения делать выводы по излагаемому материалу.</p> <p>Оценка «неудовлетворительно» ставится, если студент не выполнил задания, предусмотренные рабочей программой дисциплины, в соответствии с учебным графиком, в том числе, если не выполнил практическую часть (лабораторные работы).</p> <p>Как правило, оценка «неудовлетворительно» ставится студентам, которые не могут продолжить обучение по образовательной программе без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине (формирования и развития компетенций, закрепленных за данной дисциплиной).</p> <p>Оценка «неудовлетворительно» выставляется также, если студент после начала экзамена отказался его сдавать или нарушил правила сдачи экзамена (списывал, подсказывал, обманом пытался получить более высокую оценку и т.д.).</p>
--	--

## **10. Учебно-методическое обеспечение дисциплины**

### **Основная литература:**

1. Основы управления использованием радиочастотного спектра. Том 1. Международная и национальная системы управления РЧС. Радиоконтроль и радионадзор / Под.ред. д.т.н., проф. М.А. Быховского.- М.: КРАСАНД, 2012.- 340 с.
2. Основы управления использованием радиочастотного спектра. Том 2. Обеспечение электромагнитной совместимости радиосистем / Под.ред. д.т.н., проф. М.А. Быховского.- М.: КРАСАНД, 2012.- 552 с.
3. Основы управления использованием радиочастотного спектра. Том 3. Частотное планирование сетей телерадиовещания и подвижной связи. Автоматизация управления использованием радиочастотного спектра/ Под.ред. д.т.н., проф. М.А. Быховского.- М.: КРАСАНД, 2012.- 368 с.
4. Исследование возникновения внеполосных излучений радиопередатчиков: методические указания к лабораторной работе № 1 / А.В. Егоров, В.А. Корнеев. – Рязань: РГРТУ, 2016. – 12 с.
5. Исследование возникновения побочных излучений радиопередатчиков: методические указания к лабораторной работе № 2 / А.В. Егоров, В.А. Корнеев. – Рязань: РГРТУ, 2015. – 12 с.
6. Исследование параметров электромагнитной совместимости радиоприемников: методические указания к лабораторной работе № 3 / А.В. Егоров, В.А. Корнеев. – Рязань: РГРТУ, 2012. – 12 с.
7. Боридько, С.И. Метрология и электрорадиоизмерения в телекоммуникационных системах : учеб.пособие / Н.В. Дементьев, Б.Н.

Тихонов, И.А. Ходжаев, С.И. Боридько .— 2-е изд., стер. — М. : Горячая линия – Телеком, 2012 .— ISBN 978-5-9912-0245-9

8. Костиков, В.Г. Электромагнитная совместимость в электронной аппаратуре : учеб. пособие по дисциплине «Теоретические основы конструирования и надежности электронных средств» / Р.В. Костиков, В.А. Шахнов, В.Г. Костиков .— М. : Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2012

9. Зиновьев, Г. С. Электромагнитная совместимость устройств силовой электроники. Часть 4 : уч.-методич. пособие / Г. С. Зиновьев .— Новосибирск : Изд-во НГТУ, 2012 .— ISBN 978-5-7782-1976-2

10. Овсянников, А. Г. Электромагнитная совместимость в электроэнергетике : учебное пособие / А. Г. Овсянников .— Новосибирск : Изд-во НГТУ, 2011 .— ISBN 978-5-7782-1678-5

11. Зиновьев, Г. С. Электромагнитная совместимость устройств силовой электроники. Ч.5 : учеб.-метод. пособие / А. В. Удовиченко, Г. С. Зиновьев .— Новосибирск : Изд-во НГТУ, 2013 .— ISBN 978-5-7782-2354-7

12. Артёмова, Т. К. Электромагнитная совместимость : задачник / А. С. Гвоздарёв, Н. И. Фомичёв, Яросл. гос. ун-т им. П. Г. Демидова, Т. К. Артёмова .— Ярославль : ЯрГУ, 2012

#### **Дополнительная литература:**

13. Управление радиочастотным спектром и электромагнитная совместимость радиосистем. Учебн. пособие / Под.ред. д.т.н., проф. М.А. Быховского.- М.: Эко-Трендс, 2006.- 376 с.

14. Буга Н.Н. и др. Электромагнитная совместимость РЭС М.: Радио и связь, 1993.

15. Князев А.Д. Элементы теории и практики ЭМС РЭС. М.: Радио и связь, 1984.

16. Иванов В.А. и др. ЭМС РЭС. Киев: Техника, 1983.

17. ЭМС РЭС и систем / Под ред. Н.М.Царькова. М.: Радио и связь, 1985.

18. Петровский В.И., Седельников Ю.Е. ЭМС РЭС. М.: Радио и связь, 1986.

19. Михайлов А.С. Измерение параметров ЭМС РЭС. М.: Связь, 1980.

20. Уайт Д. ЭМС РЭС и непреднамеренные помехи. Вып. 1, 2, 3. М.: Сов.радио, 1977, 1978, 1979.

21. Мещанкин В.М. Характеристики ЭМС радиопередающих устройств. Учебное пособие. М.: МИРЭА, 1992.

22. Заездный А.М. Основы расчетов нелинейных и параметрических радиотехнических цепей. М.: Связь. 1973

23. Богданов Н. Г., Лисичкин В. Г. Основы радиотехники и электроники. Нелинейные цепи при гармонических воздействиях. 1999.

24. Гоноровский И. С. Радиотехнические цепи и сигналы.– М.: Высш. шк., 1986.
25. ГОСТ 23611-79. Совместимость радиоэлектронных средств электромагнитная. Термины и определения.
26. ГОСТ 23872-79. Совместимость радиоэлектронных средств электромагнитная. Номенклатура параметров и классификация технических характеристик.
27. Хабигер Э. Электромагнитная совместимость. Основы ее обеспечения в технике. Пер. с нем./ И.П. Кужекин; под ред. Б.К. Максимова.- М.: Энергоатомиздат, 1995.- 304 с.
28. Электромагнитная совместимость РЭС. Учебн. пособие. Ч.1 / В.А. Корнеев,– Рязань: РГРТУ, 2003. – 60 с.
29. Электромагнитная совместимость РЭС. Учебн. пособие. Ч.2 / В.А. Корнеев,– Рязань: РГРТУ, 2004. – 52 с.

## **10. Материально-техническое обеспечение дисциплины**

Материально-техническое обеспечение дисциплины составляет пять персональных компьютеров.

## **11. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины**

### **11.1. Рекомендации по планированию и организации времени, необходимого для изучения дисциплины**

Рекомендуется следующим образом организовать время, необходимое для изучения дисциплины. Изучение конспекта лекции в тот же день, после лекции – 10-15 минут. Изучение конспекта лекции за день перед следующей лекцией – 10-15 минут. Изучение теоретического материала по учебнику и конспекту – 1 час в неделю.

### **11.2. Описание последовательности действий студента**

При изучении дисциплины очень полезно самостоятельно изучать материал, который ещё не прочитан на лекции и не применялся на лабораторных занятиях. Тогда лекция будет гораздо понятнее. Однако легче при изучении курса следовать изложению материала на лекции. Для понимания материала и качественного его усвоения рекомендуется такая последовательность действий:

1). После прослушивания лекции и окончания учебных занятий, при подготовке к занятиям следующего дня, нужно сначала просмотреть и обдумать текст лекции, прослушанной сегодня (10-15).

2). При подготовке к лекции следующего дня, нужно просмотреть текст предыдущей лекции, подумать о том, какая может быть тема следующей лекции (10-15). В течение недели выбрать время (1 час) для работы с литературой в библиотеке.



### **11.3. Рекомендации по работе с литературой**

Теоретический материал курса становится более понятным, когда дополнительно к прослушиванию лекции и изучению конспекта, изучаются и книги из рекомендуемого библиографического списка. Полезно использовать несколько учебных пособий по курсу. Рекомендуется после изучения очередного параграфа ответить на несколько вопросов по данной теме: «о чём этот параграф?», «какие новые понятия введены, каков их смысл?»

Программу составил  
к.т.н., доцент кафедры РУС

А. В.Егоров