

**Министерство науки и высшего образования РФ**  
**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение**  
**высшего образования**  
**«Национальный исследовательский университет «МЭИ»**

---

Направление подготовки/специальность: 11.05.01 Радиоэлектронные системы и комплексы

Наименование образовательной программы: Радионавигационные системы и комплексы

Уровень образования: высшее образование - специалитет

Форма обучения: Очная

**Рабочая программа дисциплины**  
**ЭЛЕКТРОМАГНИТНАЯ СОВМЕСТИМОСТЬ РАДИОЭЛЕКТРОННЫХ**  
**СРЕДСТВ**

<b>Блок:</b>	Блок 1 «Дисциплины (модули)»
<b>Часть образовательной программы:</b>	Обязательная
<b>№ дисциплины по учебному плану:</b>	Б1.О.40
<b>Трудоемкость в зачетных единицах:</b>	10 семестр - 3;
<b>Часов (всего) по учебному плану:</b>	108 часов
<b>Лекции</b>	10 семестр - 32 часа;
<b>Практические занятия</b>	не предусмотрено учебным планом
<b>Лабораторные работы</b>	не предусмотрено учебным планом
<b>Консультации</b>	10 семестр - 2 часа;
<b>Самостоятельная работа</b>	10 семестр - 73,5 часа;
<b>в том числе на КП/КР</b>	не предусмотрено учебным планом
<b>Иная контактная работа</b>	проводится в рамках часов аудиторных занятий
<b>включая:</b>	
<b>Контрольная работа</b>	
<b>Промежуточная аттестация:</b>	
<b>Экзамен</b>	10 семестр - 0,5 часа;

**Москва 2024**

**ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:**

Преподаватель

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Михайлов М.С.
	Идентификатор	R88495daf-MikhailovMS-74da3f0e

М.С. Михайлов

**СОГЛАСОВАНО:**

Руководитель  
образовательной программы

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Сизякова А.Ю.
	Идентификатор	R4eb30863-SiziakovaAY-83831ea7

А.Ю. Сизякова

Заведующий выпускающей  
кафедрой

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Куликов Р.С.
	Идентификатор	R7ef0b374-KulikovRS-e851162c

Р.С. Куликов

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

**Цель освоения дисциплины:** состоит в изучении требований и способов обеспечения внутренней и внешней электромагнитной совместимости (ЭМС) радиоэлектронных средств (РЭС) различного назначения для последующего использования при создании и применении радиоэлектронной аппаратуры..

### Задачи дисциплины

- Изучение процессов и источников сигналов в разрабатываемой аппаратуре, создающих непреднамеренные электромагнитные помехи другим каскадам собственной аппаратуры и другим РЭС при совместном использовании эфирного радиочастотного ресурса, нарушая при этом нормативы, установленные национальным и международным законодательством;
- Получение информации о нормативах радиоизлучений, создающих непредумышленные помехи другим РЭС и о методах их снижения до допустимого уровня.

Формируемые у обучающегося **компетенции** и запланированные **результаты обучения** по дисциплине, соотнесенные с **индикаторами достижения компетенций**:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Запланированные результаты обучения
ОПК-5 Способен выполнять опытно-конструкторские работы с учетом требований нормативных документов в области радиоэлектронной техники и информационно-коммуникационных технологий	ИД-3 <sub>ОПК-5</sub> Формулирует задачи, направленные на проведение исследований, проектирование и использование в практической деятельности радиоэлектронных устройств и систем, определяет пути их решения и оценивает эффективность выбора	уметь: - анализировать электромагнитную обстановку в зоне радиоприема и распознавать источники мешающих электромагнитных излучений от узлов собственной аппаратуры.
ОПК-6 Способен учитывать существующие и перспективные технологии производства радиоэлектронной аппаратуры при выполнении научно-исследовательской и опытно-конструкторских работ	ИД-2 <sub>ОПК-6</sub> Представляет современную научную картину мира, выявляет естественнонаучную сущность проблемы проектирования, производства и использования в практической деятельности радиоэлектронных устройств и систем	знать: - постановку задачи исследования источников не-умышленных помех, виды и допустимые уровни мешающих внутриблочных и внешних излучений.
ОПК-7 Способен понимать принципы работы современных информационных технологий и использовать их для решения задач профессиональной деятельности	ИД-1 <sub>ОПК-7</sub> Понимает принципы работы современных информационных технологий	знать: - методы исследования источников внутренних и внешних помех с целью снижения излучений до допустимого уровня.  уметь: - выполнять моделирование процессов с целью оптимизации их параметров для выполнения нормативов ЭМС с помощью программных средств.

## **2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО**

Дисциплина относится к основной профессиональной образовательной программе Радионавигационные системы и комплексы (далее – ОПОП), направления подготовки 11.05.01 Радиоэлектронные системы и комплексы, уровень образования: высшее образование - специалитет.

Базируется на уровне среднего общего образования.

Результаты обучения, полученные при освоении дисциплины, необходимы при выполнении выпускной квалификационной работы.

### 3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

#### 3.1 Структура дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных единицы, 108 часов.

№ п/п	Разделы/темы дисциплины/формы промежуточной аттестации	Всего часов на раздел	Семестр	Распределение трудоемкости раздела (в часах) по видам учебной работы										Содержание самостоятельной работы/ методические указания	
				Контактная работа							СР				
				Лек	Лаб	Пр	Консультация		ИКР		ПА	Работа в семестре	Подготовка к аттестации /контроль		
КПР	ГК	ИККП	ТК												
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
1	Проблема обеспечения совместной работы РЭС. Важность выполнения требований ЭМС.	8	10	4	-	-	-	-	-	-	-	4	-	<b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [5], стр. 7-12	
1.1	Проблема обеспечения совместной работы РЭС. Важность выполнения требований ЭМС.	8		4	-	-	-	-	-	-	-	-	4		-
2	Классификация РЭС и их компонентов по условиям эксплуатации. Фильтрация внутрисистемных помех	12		6	-	-	-	-	-	-	-	-	6	-	<b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [4], стр.4-16
2.1	Классификация РЭС и их компонентов по условиям эксплуатации. Фильтрация внутрисистемных помех	12		6	-	-	-	-	-	-	-	-	6	-	
3	Виды и допустимые уровни мешающих	12		4	-	-	-	-	-	-	-	-	8	-	

	излучений в радиопередающих устройствах												[1], стр.6-45
3.1	Виды и допустимые уровни мешающих излучений в радиопередающих устройствах	12	4	-	-	-	-	-	-	-	8	-	
4	Перекрёстные помехи при усилении мощности нескольких сигналов в общей частотной полосе	14	6	-	-	-	-	-	-	-	8	-	<u>Изучение материалов литературных источников:</u> [3], стр.5-13
4.1	Перекрёстные помехи при усилении мощности нескольких сигналов в общей частотной полосе	14	6	-	-	-	-	-	-	-	8	-	
5	Электромагнитная обстановка в зоне радиоприема и роль антенных устройств в обеспечении ЭМС	16	8	-	-	-	-	-	-	-	8	-	<u>Изучение материалов литературных источников:</u> [2], стр. 3-19
5.1	Электромагнитная обстановка в зоне радиоприема и роль антенных устройств в обеспечении ЭМС	16	8	-	-	-	-	-	-	-	8	-	
6	Организационные меры обеспечения ЭМС. Регламент радиосвязи. Рекомендации Международного союза электросвязи	10	4	-	-	-	-	-	-	-	6	-	<u>Изучение материалов литературных источников:</u> [2], стр. 40-51
6.1	Организационные меры обеспечения ЭМС. Регламент радиосвязи.	10	4	-	-	-	-	-	-	-	6	-	

	Рекомендации Международного союза электросвязи													
	Экзамен	36.0		-	-	-	-	2	-	-	0.5	-	33.5	
	Всего за семестр	108.0		32	-	-	-	2	-	-	0.5	40	33.5	
	Итого за семестр	108.0		32	-	-	2	-	-	0.5	73.5			

**Примечание:** Лек – лекции; Лаб – лабораторные работы; Пр – практические занятия; КПр – аудиторные консультации по курсовым проектам/работам; ИККП – индивидуальные консультации по курсовым проектам/работам; ГК- групповые консультации по разделам дисциплины; СР – самостоятельная работа студента; ИКР – иная контактная работа; ТК – текущий контроль; ПА – промежуточная аттестация

## **3.2 Краткое содержание разделов**

### 1. Проблема обеспечения совместной работы РЭС. Важность выполнения требований ЭМС.

1.1. Проблема обеспечения совместной работы РЭС. Важность выполнения требований ЭМС.

Проблема обеспечения совместной работы радиоэлектронных средств (РЭС). Виды паразитных связей в конструкциях РЭС (емкостная, индуктивная, через электромагнитное излучение, через общее сопротивление). Экранирование в конструкциях РЭС (экранирование компонентов и узлов РЭС, экранирование проводов и кабелей)..

### 2. Классификация РЭС и их компонентов по условиям эксплуатации. Фильтрация внутрисистемных помех

2.1. Классификация РЭС и их компонентов по условиям эксплуатации. Фильтрация внутрисистемных помех

Фильтрация внутрисистемных помех Фильтрация внутрисистемных помех (принципы фильтрации помех, проникающих по проводам, необходимый уровень фильтрации внутрисистемных помех, расчет фильтров простейших типов, конструкция фильтров внутрисистемных помех). Особенности конструирования узлов РЭС с учетом обеспечения ЭМС. Методика выявления и устранения внутрисистемных помех..

### 3. Виды и допустимые уровни мешающих излучений в радиопередающих устройствах

3.1. Виды и допустимые уровни мешающих излучений в радиопередающих устройствах

Классификация мешающих излучений радиопередающего устройства. Минимизация излучений на гармониках, применение двухтактных схем. Снижение уровня модуляционных излучений в соседних полосах частот. Виды модуляции с компактным спектром: сглаживание фронтов манипуляции, применение сигналов с модуляцией частоты и непрерывной фазой. Снижение уровня излучений на субгармониках и на комбинационных частотах. Станционные, промышленные и шумовые составляющие мешающих излучений. Частотные маски при выполнении нормативов электромагнитной совместимости. Нормирование сверхширокополосных сигналов..

### 4. Перекрестные помехи при усилении мощности нескольких сигналов в общей частотной полосе

4.1. Перекрестные помехи при усилении мощности нескольких сигналов в общей частотной полосе

Интермодуляционные и перекрестные искажения при усилении мощности радиочастотных сигналов с частотным разделением каналов. Разрешение противоречия между энергетической эффективностью и уровнем интермодуляционных искажений при совместном усилении мощности нескольких полосовых сигналов. Явления АМ/АМ и АМ/ФМ преобразования в усилителях мощности СВЧ. Способы линеаризации амплитудных характеристик усилителей мощности СВЧ диапазона. Обеспечение требований ЭМС в усилителях мощности с линеаризацией. Пассивные интермодуляционные искажения в приёмно-передающих и антенно-фидерных цепях, методы их минимизации и компенсации..

### 5. Электромагнитная обстановка в зоне радиоприема и роль антенных устройств в обеспечении ЭМС



5.1. Электромагнитная обстановка в зоне радиоприема и роль антенных устройств в обеспечении ЭМС

Радиочастотный спектр как природный ресурс. Помехи. Источники помех естественного и искусственного происхождения. Линейные и нелинейные каналы распространения помех. Влияние условий распространения радиоволн на параметры сигналов и помех, формирование электромагнитной обстановки в точке приема. Расчет мощности помех и шумов на входе приемника. Технические параметры антенн, влияющие на ЭМС. Расчет ЭМС с учетом взаимной связи антенн. Примеры антенн, обеспечивающих высокий уровень ЭМС. Адаптивные антенны, как средства борьбы с помехами..

6. Организационные меры обеспечения ЭМС. Регламент радиосвязи. Рекомендации  
Международного союза электросвязи

6.1. Организационные меры обеспечения ЭМС. Регламент радиосвязи. Рекомендации  
Международного союза электросвязи

Распределение спектра как организационная мера обеспечения ЭМС в основной полосе частот. Рекомендации по распределению спектра и выбор рабочих частот. Решение вопросов распределения спектра частот на международном и государственном уровнях. Регламент радиосвязи. Стандарты в области ЭМС. Рекомендации Международного союза электросвязи по обеспечению ЭМС..

**3.3. Темы практических занятий**  
не предусмотрено

**3.4. Темы лабораторных работ**  
не предусмотрено

**3.5 Консультации**

**3.6 Тематика курсовых проектов/курсовых работ**  
Курсовой проект/ работа не предусмотрены

### 3.7. Соответствие разделов дисциплины и формируемых в них компетенций

Запланированные результаты обучения по дисциплине (в соответствии с разделом 1)	Коды индикаторов	Номер раздела дисциплины (в соответствии с п.3.1)						Оценочное средство (тип и наименование)
		1	2	3	4	5	6	
<b>Знать:</b>								
постановку задачи исследования источников неумышленных помех, виды и допустимые уровни мешающих внутриблочных и внешних излучений	ИД-2 <sub>ОПК-6</sub>	+	+					Контрольная работа/Контрольная работа на тему «Внутриблочная ЭМС в устройствах приёма и обработки сигналов»
методы исследования источников внутренних и внешних помех с целью снижения излучений до допустимого уровня	ИД-1 <sub>ОПК-7</sub>			+	+			Контрольная работа/Контрольная работа на тему «ЭМС в радиопередающих устройствах и радиоэлектронных средствах»
<b>Уметь:</b>								
анализировать электромагнитную обстановку в зоне радиоприема и распознавать источники мешающих электромагнитных излучений от узлов собственной аппаратуры	ИД-3 <sub>ОПК-5</sub>						+	Контрольная работа/Контрольная работа на тему «Требования к ЭМС радиоэлектронных средств»
выполнять моделирование процессов с целью оптимизации их параметров для выполнения нормативов ЭМС с помощью программных средств	ИД-1 <sub>ОПК-7</sub>					+		Контрольная работа/Контрольная работа на тему «ЭМС в антенных устройствах»

## **4. КОМПЕТЕНТНОСТНО-ОРИЕНТИРОВАННЫЕ ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ)**

### **4.1. Текущий контроль успеваемости**

**10 семестр**

Форма реализации: Письменная работа

1. Контрольная работа на тему «Внутриблочная ЭМС в устройствах приёма и обработки сигналов» (Контрольная работа)
2. Контрольная работа на тему «Требования к ЭМС радиоэлектронных средств» (Контрольная работа)
3. Контрольная работа на тему «ЭМС в антенных устройствах» (Контрольная работа)
4. Контрольная работа на тему «ЭМС в радиопередающих устройствах и радиоэлектронных средствах» (Контрольная работа)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

### **4.2 Промежуточная аттестация по дисциплине**

*Экзамен (Семестр №10)*

Оценка определяется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе для студентов НИУ «МЭИ» на основании семестровой и экзаменационной составляющих.

В диплом выставляется оценка за 10 семестр.

**Примечание:** Оценочные материалы по дисциплине приведены в фонде оценочных материалов ОПОП.

## **5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **5.1 Печатные и электронные издания:**

1. Белов, Л. А. Радиоэлектроника. Формирование стабильных частот и сигналов : учебник для вузов / Л. А. Белов . – 2-е изд., перераб. и доп . – Москва : Юрайт, 2020 . – 229 с. – (Высшее образование) . - ISBN 978-5-534-09062-8 .;
2. Бодров, В. В. Внешняя электромагнитная совместимость и антенны : учебное пособие по курсу "Электромагнитная совместимость радиоэлектронных средств" по направлению "Радиотехника" / В. В. Бодров, М. В. Исаков, В. А. Пермяков ; Ред. В. И. Сурков ; Моск. энерг. ин-т (МЭИ ТУ) . – М. : Изд-во МЭИ, 2006 . – 80 с. - ISBN 5-903072-41-0 .;
3. Белов Л.А.- "Устройства формирования СВЧ-сигналов и их компоненты", Издательство: "МЭИ", Москва, 2010 - (320 с.)  
<https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785383004975.html>;
4. Покровский, Ф. Н. Скрытая схемотехника в проблеме обеспечения электромагнитной совместимости радиоэлектронных средств : учебное пособие по курсу "Электромагнитная совместимость радиоэлектронных средств" по направлению "Радиотехника" / Ф. Н. Покровский, Нац. исслед. ун-т "МЭИ" (НИУ"МЭИ") . – М. : Изд-во МЭИ, 2015 . – 44 с. - ISBN 978-5-7046-1601-6 .  
<http://elib.mpei.ru/elib/view.php?id=6981>;
5. Белов, Л. А. Обеспечение электромагнитной совместимости в радиопередающих устройствах : учебное пособие по курсу "Электромагнитная совместимость радиоэлектронных средств" по направлению "Радиотехника" / Л. А. Белов, Моск. энерг. ин-т (МЭИ ТУ) . – М. :

Издательский дом МЭИ, 2011 . – 72 с. - ISBN 978-5-383-00615-3 .  
<http://elib.mpei.ru/elib/view.php?id=2827>.

## 5.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

1. СДО "Прометей";
2. Office / Российский пакет офисных программ;
3. Windows / Операционная система семейства Linux;
4. Видеоконференции (Майнд, Сберджаз, ВК и др);
5. GNU Octave.

## 5.3 Интернет-ресурсы, включая профессиональные базы данных и информационно-справочные системы:

1. ЭБС Лань - <https://e.lanbook.com/>
2. ЭБС "Университетская библиотека онлайн" - [http://biblioclub.ru/index.php?page=main\\_ub\\_red](http://biblioclub.ru/index.php?page=main_ub_red)
3. Научная электронная библиотека - <https://elibrary.ru/>
4. База данных ВИНТИ online - <http://www.viniti.ru/>
5. База данных журналов издательства Elsevier - <https://www.sciencedirect.com/>
6. Электронные ресурсы издательства Springer - <https://link.springer.com/>
7. База данных Web of Science - <http://webofscience.com/>
8. База данных Scopus - <http://www.scopus.com>
9. Национальная электронная библиотека - <https://rusneb.ru/>
10. ЭБС "Консультант студента" - <http://www.studentlibrary.ru/>
11. Электронная библиотека МЭИ (ЭБ МЭИ) - <http://elib.mpei.ru/login.php>

## 6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Тип помещения	Номер аудитории, наименование	Оснащение
Учебные аудитории для проведения лекционных занятий и текущего контроля	Ж-120, Машинный зал ИВЦ	сервер, кондиционер
	А-400, Учебная аудитория "А"	парта, стул, доска меловая, экран интерактивный, колонки звуковые, мультимедийный проектор, доска маркерная, компьютер персональный
Учебные аудитории для проведения промежуточной аттестации	Е-703/3, Лаборатория каф. "ФОРС"	стеллаж, стол преподавателя, стол, стул, вешалка для одежды, доска меловая, лабораторный стенд
	Е-801/1, Учебная лаборатория радиолокационных и радионавигационных систем	парта со скамьей, стол преподавателя, стол, стол компьютерный, стул, вешалка для одежды, доска меловая, мультимедийный проектор, экран, доска маркерная, лабораторный стенд, ноутбук
Помещения для самостоятельной работы	НТБ-303, Лекционная аудитория	стол компьютерный, стул, стол письменный, вешалка для одежды, компьютерная сеть с выходом в Интернет, компьютер персональный, принтер, кондиционер
Помещения для консультирования	Е-703/5, Кабинет сотрудников	стол, стул, компьютерная сеть с выходом в Интернет, компьютер персональный, принтер

	Е-800/6, Кабинет сотрудников каф. "РТП и АС"	кресло рабочее, стол компьютерный, стул, шкаф для документов, стол письменный, вешалка для одежды, компьютерная сеть с выходом в Интернет, компьютер персональный
Помещения для хранения оборудования и учебного инвентаря	Е-802/4, Склад инвентаря и оборудования	стеллаж, стол, стул, шкаф, шкаф для документов, сервер
	Е-703/7, Кладовая каф. "ФОРС"	стеллаж, стол, стул

## БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

### Электромагнитная совместимость радиоэлектронных средств

(название дисциплины)

#### 10 семестр

**Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:**

- КМ-1 Контрольная работа на тему «Внутриблочная ЭМС в устройствах приёма и обработки сигналов» (Контрольная работа)
- КМ-2 Контрольная работа на тему «ЭМС в радиопередающих устройствах и радиоэлектронных средствах» (Контрольная работа)
- КМ-3 Контрольная работа на тему «ЭМС в антенных устройствах» (Контрольная работа)
- КМ-4 Контрольная работа на тему «Требования к ЭМС радиоэлектронных средств» (Контрольная работа)

**Вид промежуточной аттестации – Экзамен.**

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4
		Неделя КМ:	4	8	12	15
1	Проблема обеспечения совместной работы РЭС. Важность выполнения требований ЭМС.					
1.1	Проблема обеспечения совместной работы РЭС. Важность выполнения требований ЭМС.		+			
2	Классификация РЭС и их компонентов по условиям эксплуатации. Фильтрация внутрисистемных помех					
2.1	Классификация РЭС и их компонентов по условиям эксплуатации. Фильтрация внутрисистемных помех		+			
3	Виды и допустимые уровни мешающих излучений в радиопередающих устройствах					
3.1	Виды и допустимые уровни мешающих излучений в радиопередающих устройствах			+		
4	Перекрыстные помехи при усилении мощности нескольких сигналов в общей частотной полосе					
4.1	Перекрыстные помехи при усилении мощности нескольких сигналов в общей частотной полосе			+		
5	Электромагнитная обстановка в зоне радиоприема и роль антенных устройств в обеспечении ЭМС					
5.1	Электромагнитная обстановка в зоне радиоприема и роль антенных устройств в обеспечении ЭМС				+	
6	Организационные меры обеспечения ЭМС. Регламент радиосвязи. Рекомендации Международного союза электросвязи					
6.1	Организационные меры обеспечения ЭМС. Регламент радиосвязи. Рекомендации Международного союза электросвязи					+
Вес КМ, %:			25	25	25	25

