

**Федеральное государственное автономное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Московский физико-технический институт  
(национальный исследовательский университет)»**

**УТВЕРЖДЕНО**

**ИО директора физтех-школы  
радиотехники и компьютерных  
технологий**

**Д.А. Гаврилов**

	<b>Рабочая программа дисциплины (модуля)</b>
<b>по дисциплине:</b>	Электромагнитная совместимость радиоэлектронных средств
<b>по направлению:</b>	Инфокоммуникационные технологии и системы связи
<b>профиль подготовки:</b>	Телекоммуникационные сети и системы
	Физтех-школа Радиотехники и Компьютерных Технологий
	кафедра мультимедийных технологий и телекоммуникаций
<b>курс:</b>	1
<b>квалификация:</b>	магистр

Семестр, формы промежуточной аттестации: 2 (весенний) - Экзамен

Аудиторных часов: 30 всего, в том числе:

лекции: 30 час.

семинары: 0 час.

лабораторные занятия: 0 час.

Самостоятельная работа: 30 час.

Подготовка к экзамену: 30 час.

Всего часов: 90, всего зач. ед.: 2

Программу составил: Ю.И. Майборода, ассистент

Программа обсуждена на заседании кафедры мультимедийных технологий и телекоммуникаций 01.03.2022

## Аннотация

Данный курс предназначен для получения студентами знаний и практических навыков в областях планирования сетей, систем и средств радиосвязи; теории распространения радиоволн; нормативно-правовой базы и регулирования (в том числе международного) сферы электросвязи. В рамках данного курса студенты получают основы теории распространения радиоволн на линиях связи, изучают принципы и порядок действий для планирования сетей, систем и средств радиосвязи, принципы и порядок действий для оценки ЭМС между радиоэлектронными средствами, а также подходы в регулировании (в том числе международном) сферы электросвязи, а также главные регуляторные документы отрасли.

Курс проводится в формате лекционных и семинарских занятий. Для успешного освоения курса необходимо посещение и конспектирование лекций, выполнение практических заданий и самостоятельная работа с дополнительной литературой.

## 1. Цели и задачи

### Цель дисциплины

Получение студентами знаний и практических навыков в областях планирования сетей, систем и средств радиосвязи; теории распространения радиоволн; нормативно-правовой базы и регулирования (в том числе международного) сферы электросвязи.

### Задачи дисциплины

- В части планирования сетей, систем и средств радиосвязи получение студентами знаний видов служб связи, архитектуры систем радиосвязи и принципов их функционирования; освоение теоретической информации расчета энергетики линий связи, электромагнитной совместимости, планирования зон покрытия различных служб (наземных и космических), систем и средств радиосвязи в различных диапазонах частот и обучение применению этих знаний на практике.
- В части теории распространения радиоволн получение знаний основ теории электромагнетизма, теоретических основ и экспериментальных данных теории распространения радиоволн, методов расчета потерь сигнала на наземных, тропосферных и линиях связи Космос – Земля в различных диапазонах частот.
- В части нормативно-правовой базы и регулирования (в том числе международного) сферы электросвязи получение студентами знаний по общим вопросам регулирования данной области (основные принципы, ответственные организации, руководящие документы; вопросы выделения полос частот, выделения спутниковых орбит, назначения частотных присвоений); освоение студентами информации, касающейся вопросов и примеров проведения координации (внутригосударственной и международной) полос частот и частотных присвоений.

## 2. Перечень формируемых компетенций

Освоение дисциплины направлено на формирование следующих компетенций:

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
УК-1 Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий	УК-1.2 Осуществляет поиск вариантов решения поставленной проблемной ситуации на основе доступных источников информации
УК-4 Способен применять современные коммуникативные технологии, в том числе на иностранном(ых) языке(ах), для академического и профессионального взаимодействия	УК-4.4 Способен использовать современные средства информационно-коммуникационных технологий для академического и профессионального взаимодействия
УК-6 Способен определять и реализовывать приоритеты собственной деятельности и способствовать совершенствованию на основе	УК-6.1 Умеет решать задачи собственного личностного и профессионального развития, определять и реализовывать приоритеты совершенствования собственной деятельности

способы ее совершенствования на основе самооценки	УК-6.2 Оценивает свою деятельность, соотносит цели, способы и средства выполнения деятельности с её результатами
ОПК-1 Способен представлять современную научную картину мира, выявлять естественнонаучную сущность проблем своей профессиональной деятельности, определять пути их решения и оценивать эффективность сделанного выбора	ОПК-1.1 Знает и способен использовать в профессиональной деятельности фундаментальные и прикладные научные знания в области естественных наук
	ОПК-1.2 Способен обобщать и критически оценивать опыт и результаты научных исследований в области профессиональной деятельности
ОПК-2 Способен реализовывать новые принципы и методы исследования современных инфокоммуникационных систем и сетей различных типов передачи, распределения, обработки и хранения информации	ОПК-2.1 Знает принципы и методы исследования современных инфокоммуникационных систем и умеет оценивать их достоинства и недостатки
ОПК-3 Способен приобретать, обрабатывать и использовать новую информацию в своей предметной области, предлагать новые идеи и подходы к решению задач своей профессиональной деятельности	ОПК-3.1 Умеет использовать современные информационные и компьютерные технологии, средства коммуникаций при поиске научно-технической информации в своей профессиональной деятельности

### 3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- основы теории распространения радиоволн на линиях связи;
- принципы и порядок действий для планирования сетей, систем и средств радиосвязи;
- принципы и порядок действий для оценки ЭМС между радиоэлектронными средствами;
- подходы в регулировании (в том числе международном) сферы электросвязи, а также главные регуляторные документы отрасли.

уметь:

- - рассчитывать затухания электромагнитных волн на линиях связи;
- - проводить расчет параметров сетей, систем и средств радиосвязи;
- - проводить анализ ЭМС между радиоэлектронными средствами.

владеть:

- методами расчета затуханий электромагнитных волн на линиях связи;
- методами планирования сетей, систем и средств радиосвязи;
- методами оценки ЭМС между радиоэлектронными средствами, в том числе при размещении радиоэлектронных средств на одном объекте.

### 4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий

#### 4.1. Разделы дисциплины (модуля) и трудоемкости по видам учебных занятий

№	Тема (раздел) дисциплины	Трудоемкость по видам учебных занятий, включая самостоятельную работу, час.			
		Лекции	Семинары	Лаборат. работы	Самост. работа

1	Введение в ЭМС	2			2
2	Характеристики и параметры радиоустройств, определяющие ЭМС РЭС	4			4
3	Распространение радиоволн	4			4
4	Частотно-территориальное планирования систем радиосвязи	6			6
5	Методы борьбы с помехами	6			6
6	Внутриобъектовая ЭМС РЭС	4			4
7	Регулирование отрасли электросвязи на национальном и международном уровнях	4			4
Итого часов		30			30
Подготовка к экзамену		30 час.			
Общая трудоёмкость		90 час., 2 зач.ед.			

#### 4.2. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам)

##### Семестр: 2 (Весенний)

###### 1. Введение в ЭМС

Общие положения теории ЭМС. Термины и определения. Цели и задачи оценки ЭМС. Отрасль электросвязи.

Виды радиослужб. Системы связи, навигации, вещания. Принципы построения и функционирования систем связи, навигации и вещания.

Регламент радиосвязи. Международная таблица радиочастот. Таблица радиочастот РФ. Планы распределения частот (глобальные и региональные). Частотные планы РФ.

###### 2. Характеристики и параметры радиоустройств, определяющие ЭМС РЭС

Основной и помеховый сигналы. Расчет НШПИ сигнала. Непреднамеренные помехи и каналы их проникновения. Классификация непреднамеренных помех.

Основные характеристики и параметры радиопередающих устройств, определяющие ЭМС РЭС. Основные характеристики и параметры радиоприемных устройств, определяющие ЭМС РЭС. Основные характеристики и параметры антенно-фидерных устройств, определяющие ЭМС РЭС.

Критерии ЭМС для различных радиослужб. Условия их выполнения.

###### 3. Распространение радиоволн

Общая характеристика распространения радиоволн. Основные механизмы распространения помеховых сигналов. Рекомендации МСЭ-R серии Р и справочники по распространению радиоволн.

Распространение радиоволн НЧ/СЧ/ВЧ/УВЧ (теория и методики расчета затуханий сигнала). Экспериментальные данные. Согласование теории, экспериментальных данных и существующих методик (рекомендации и справочники). Примеры расчетов затуханий на линии связи.

###### 4. Частотно-территориальное планирования систем радиосвязи

Общие принципы частотно-территориального планирования. Методы определения защитных отношений. Общие сведения о нормах частотно-территориального разнеса и порядок их расчета.

Особенности определения норм ЧТР для аналоговых и цифровых систем. Методы планирования сетей телерадиовещания. Методы планирования сетей СПС. Помеховых сигналов. Рекомендации МСЭ-R серии Р и справочники по распространению радиоволн.

Распространение радиоволн НЧ/СЧ/ВЧ/УВЧ (теория и методики расчета затуханий сигнала). Экспериментальные данные. Согласование теории, экспериментальных данных и существующих методик (рекомендации и справочники). Примеры расчетов затуханий на линии связи.

## 5. Методы борьбы с помехами

Обеспечение ЭМС при помощи одноканальных и двухканальных компенсаторов помех.

Обеспечение ЭМС с помощью устройств подавления импульсных помех. Сложные методы подавления импульсных помех.

## 6. Внутриобъектовая ЭМС РЭС

Общая характеристика проблемы обеспечения внутриобъектовой ЭМС РЭС. Методы анализа ЭМС РЭС, расположенных на одном объекте; примеры расчета.

Методы обеспечения ЭМС РЭС на объекте. Методы повышения развязки между антеннами РЭС. Методы обеспечения ЭМС между РЭС на объекте с помощью электромагнитных экранов.

## 7. Регулирование отрасли электросвязи на национальном и международном уровнях

Роль МСЭ в международном регулировании отрасли электросвязи. Его структура. Основные принципы управления отраслью электросвязи. Цели и задачи управления использованием РЧС на международном уровне. Примеры проведения координации полос частот и частотных присвоений.

Управление использованием РЧС на государственном уровне. Задачи и функции радиочастотной службы РФ.

Методы определения эффективности использования спектра. Определение экономической эффективности использования спектра. Плата за использование спектра. Методы определения подходов к определению стоимости РЧС.

## 5. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)

Аудитория с мультимедийным проектором и компьютером, аудиторная доска.

## 6. Перечень рекомендуемой литературы

### Основная литература

1. Управление радиочастотным спектром и электромагнитная совместимость радиосистем [Текст]/А. Л. Бузов [и др.] , -М., Эко-Трендз, 2006

### Дополнительная литература

1. Распространение радиоволн [Текст] : учебник для вузов / М. П. Долуханов .— 4-е изд. — М. : Связь, 1972 .— 336 с.
2. Спутниковая связь и проблема геостационарной орбиты [Текст]/Л. Я. Кантор, В. В. Тимофеев, -М., Радио и связь, 1988
3. Бартенев В.А., Болотов Г.В., Быков В.Л. и др. Спутниковая связь и вещание: Справочник. – 3 изд., перераб. и доп./ Под редакцией Кантора Л.Я. – М.: Радио и связь, 1997. – 528 с.

## **7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины (модуля)**

1. <http://lib.mipt.ru> – электронная библиотека Физтеха.
2. <http://www.edu.ru> – федеральный портал «Российское образование».
3. <http://benran.ru> – библиотека по естественным наукам Российской академии наук.
4. <http://minsvyaz.ru/ru/documents/> – нормативно-правовые документы Министерства связи и массовых коммуникаций Российской Федерации.
5. <http://www.itu.int/pub/R-REC/> – Рекомендации Сектора радиосвязи Международного союза электросвязи МСЭ-R.
6. [www.itu.int/pub/R-HDB](http://www.itu.int/pub/R-HDB) - справочники Сектора радиосвязи Международного союза электросвязи.

## **8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень необходимого программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)**

Не предусмотрено.

## **9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)**

Успешное освоение курса требует большой самостоятельной работы студента. В программе курса приведено минимально необходимое время для работы студента над темой.

Самостоятельная работа включает в себя:

- чтение и конспектирование рекомендованной литературы,
- проработку учебного материала (по конспектам лекций, семинаров, учебной и научной литературе);
- решение задач, предлагаемых студентам на лекциях и практических занятиях,
- выполнение лабораторных работ в среде Octave,
- подготовку к контрольным, самостоятельным работам и тестам.

Руководство и контроль за самостоятельной работой студента осуществляется в результате анализа итогов контрольных, самостоятельных работ, а также индивидуальных консультаций.

**ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)**

<b>по направлению:</b>	Инфокоммуникационные технологии и системы связи
<b>профиль подготовки:</b>	Телекоммуникационные сети и системы Физтех-школа Радиотехники и Компьютерных Технологий кафедра мультимедийных технологий и телекоммуникаций
<b>курс:</b>	<u>1</u>
<b>квалификация:</b>	магистр

Семестр, формы промежуточной аттестации: 2 (весенний) - Экзамен

**Разработчик:** Ю.И. Майборода, ассистент

## 1. Компетенции, формируемые в процессе изучения дисциплины

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
УК-1 Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий	УК-1.2 Осуществляет поиск вариантов решения поставленной проблемной ситуации на основе доступных источников информации
УК-4 Способен применять современные коммуникативные технологии, в том числе на иностранном(ых) языке(ах), для академического и профессионального взаимодействия	УК-4.4 Способен использовать современные средства информационно-коммуникационных технологий для академического и профессионального взаимодействия
УК-6 Способен определять и реализовывать приоритеты собственной деятельности и способы ее совершенствования на основе самооценки	УК-6.1 Умеет решать задачи собственного личностного и профессионального развития, определять и реализовывать приоритеты совершенствования собственной деятельности
	УК-6.2 Оценивает свою деятельность, соотносит цели, способы и средства выполнения деятельности с её результатами
ОПК-1 Способен представлять современную научную картину мира, выявлять естественнонаучную сущность проблем своей профессиональной деятельности, определять пути их решения и оценивать эффективность сделанного выбора	ОПК-1.1 Знает и способен использовать в профессиональной деятельности фундаментальные и прикладные научные знания в области естественных наук
	ОПК-1.2 Способен обобщать и критически оценивать опыт и результаты научных исследований в области профессиональной деятельности
ОПК-2 Способен реализовывать новые принципы и методы исследования современных инфокоммуникационных систем и сетей различных типов передачи, распределения, обработки и хранения информации	ОПК-2.1 Знает принципы и методы исследования современных инфокоммуникационных систем и умеет оценивать их достоинства и недостатки
ОПК-3 Способен приобретать, обрабатывать и использовать новую информацию в своей предметной области, предлагать новые идеи и подходы к решению задач своей профессиональной деятельности	ОПК-3.1 Умеет использовать современные информационные и компьютерные технологии, средства коммуникаций при поиске научно-технической информации в своей профессиональной деятельности

## 2. Показатели оценивания компетенций

В результате изучения дисциплины «Электромагнитная совместимость радиоэлектронных средств» обучающийся должен:

### знать:

- основы теории распространения радиоволн на линиях связи;
- принципы и порядок действий для планирования сетей, систем и средств радиосвязи;
- принципы и порядок действий для оценки ЭМС между радиоэлектронными средствами;
- подходы в регулировании (в том числе международном) сферы электросвязи, а также главные регуляторные документы отрасли.

### уметь:

- - рассчитывать затухания электромагнитных волн на линиях связи;
- - проводить расчет параметров сетей, систем и средств радиосвязи;
- - проводить анализ ЭМС между радиоэлектронными средствами.



**владеть:**

- методами расчета затуханий электромагнитных волн на линиях связи;
- методами планирования сетей, систем и средств радиосвязи;
- методами оценки ЭМС между радиоэлектронными средствами, в том числе при размещении радиоэлектронных средств на одном объекте.

**3. Перечень типовых (примерных) вопросов, заданий, тем для подготовки к текущему контролю**

Перечень типовых вопросов, заданий, тем для подготовки к текущему контролю:

10 семестр:

1. Обеспечение ЭМС при помощи одноканальных и двуканальных компенсаторов помех.
2. Обеспечение ЭМС с помощью устройств подавления импульсных помех.
3. Сложные методы подавления импульсных помех.
4. Общая характеристика проблемы обеспечения внутриобъектовой ЭМС РЭС.
5. Методы анализа ЭМС РЭС, расположенных на одном объекте. Примеры расчета.
6. Методы обеспечения ЭМС РЭС на объекте.
7. Методы повышения развязки между антеннами РЭС.
8. Методы обеспечения ЭМС между РЭС на объекте с помощью электромагнитных экранов.
9. Роль МСЭ в международном регулировании отрасли электросвязи. Его структура.
10. Основные принципы управления отраслью электросвязи.
11. Цели и задачи управления использованием РЧС на международном уровне.
12. Меры, которые необходимо предпринимать на международном и национальном уровне для повышения эффективности использования РЧС
13. Пример проведения координации РЭС, полос частот, орбитальных позиций.
14. Управление использованием РЧС на государственном уровне.
15. Задачи и функции радиочастотной службы РФ.
16. Методы определения эффективности использования спектра.
17. Определение экономической эффективности использования спектра.
18. Плата за использование спектра.
19. Методы определения подходов к определению стоимости РЧС

**4. Перечень типовых (примерных) вопросов и тем для проведения промежуточной аттестации обучающихся**

Перечень контрольных вопросов для сдачи экзамена в 10-ом семестре:

1. Обеспечение ЭМС при помощи одноканальных и двуканальных компенсаторов помех.
2. Обеспечение ЭМС с помощью устройств подавления импульсных помех. Сложные методы подавления импульсных помех
3. Общая характеристика проблемы обеспечения внутриобъектовой ЭМС РЭС. Методы анализа ЭМС РЭС, расположенных на одном объекте; примеры расчета.
4. Методы обеспечения ЭМС РЭС на объекте. Методы повышения развязки между антеннами РЭС. Методы обеспечения ЭМС между РЭС на объекте с помощью электромагнитных экранов
5. Роль МСЭ в международном регулировании отрасли электросвязи. Его структура. Основные принципы управления отраслью электросвязи. Цели и задачи управления использованием РЧС на международном уровне. Примеры проведения координации полос частот и частотных присвоений.
6. Управление использованием РЧС на государственном уровне. Задачи и функции радиочастотной службы РФ.
7. Методы определения эффективности использования спектра. Определение экономической эффективности использования спектра. Плата за использование спектра. Методы определения подходов к определению стоимости РЧС

## Пример экзаменационных билетов:

### Билет №1

1. Обеспечение ЭМС при помощи одноканальных и двуканальных компенсаторов помех.
2. Управление использованием РЧС на государственном уровне.

### Билет №2

1. Обеспечение ЭМС с помощью устройств подавления импульсных помех.
2. Методы определения подходов к определению стоимости РЧС.

## Критерии оценивания

Оценка отлично (10) выставляется студенту, показавшему всесторонние, систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины, проявляющему интерес к данной предметной области, продемонстрировавшему умение уверенно и творчески применять их на практике при решении конкретных задач, свободное и правильное обоснование принятых решений.

Оценка отлично (9) выставляется студенту, показавшему всесторонние, систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины и умение уверенно применять их на практике при решении конкретных задач, свободное и правильное обоснование принятых решений.

Оценка отлично (8) выставляется студенту, показавшему систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины и умение уверенно применять их на практике при решении конкретных задач, правильное обоснование принятых решений, с некоторыми недочетами.

Оценка хорошо (7) выставляется студенту, если он твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но недостаточно грамотно обосновывает полученные результаты.

Оценка хорошо (6) выставляется студенту, если он твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но допускает в ответе или в решении задач некоторые неточности.

Оценка хорошо (5) выставляется студенту, если он в основном знает материал, грамотно и по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но допускает в ответе или в решении задач достаточно большое количество неточностей.

Оценка удовлетворительно (4) выставляется студенту, показавшему фрагментарный, разрозненный характер знаний, недостаточно правильные формулировки базовых понятий, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, но при этом он освоил основные разделы учебной программы, необходимые для дальнейшего обучения, и может применять полученные знания по образцу в стандартной ситуации.

Оценка удовлетворительно (3) выставляется студенту, показавшему фрагментарный, разрозненный характер знаний, допускающему ошибки в формулировках базовых понятий, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, слабо владеет основными разделами учебной программы, необходимыми для дальнейшего обучения и с трудом применяет полученные знания даже в стандартной ситуации.

Оценка неудовлетворительно (2) выставляется студенту, который не знает большей части основного содержания учебной программы дисциплины, допускает грубые ошибки в формулировках основных принципов и не умеет использовать полученные знания при решении типовых задач.

Оценка неудовлетворительно (1) выставляется студенту, который не знает основного содержания учебной программы дисциплины, допускает грубейшие ошибки в формулировках базовых понятий дисциплины и вообще не имеет навыков решения типовых практических задач.

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

Экзамен проводится в устной форме.

При проведении устного экзамена обучающемуся предоставляется 1 час на подготовку. Опрос обучающегося по билету на устном экзамене не должен превышать двух астрономических часов.

Во время проведения экзаменов обучающиеся могут пользоваться программой дисциплины.