



**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ВОЗДУШНОГО ТРАНСПОРТА
(РОСАВИАЦИЯ)**

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ»**

УТВЕРЖДАЮ



Ю.Ю.Михальчевский

2021 года

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

**Электромагнитная совместимость
радиоэлектронных систем**

Специальность

**25.05.05 Эксплуатация воздушных судов и организация
воздушного движения**

Специализация

«Организация радиотехнического обеспечения полетов воздушных судов»

Квалификация выпускника
инженер

Форма обучения
очная

Санкт-Петербург
2021

1 Цели освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины «Электромагнитная совместимость радиоэлектронных систем» являются:

- систематизация знаний студентов по методам анализа и обеспечения электромагнитной совместимости радиоэлектронных систем гражданской авиации;

- формирование у студентов систематических знаний по основам функционирования радиоэлектронных средств и систем в условиях воздействия непреднамеренных помех, их источниках и рецепторах, параметрах и способах оценки помех.

Задачами освоения дисциплины являются:

- Формирование представлений о причинах возникновения и методах уменьшения воздействия непреднамеренных электромагнитных помех, оценки восприимчивости радиоэлектронных средств к электромагнитным помехам.

- Изучение основ теории расчета электромагнитной совместимости предназначенных для повышения эффективности эксплуатации комплексов бортового и наземного радиооборудования.

Дисциплина обеспечивает подготовку выпускника к решению задач профессиональной деятельности эксплуатационно-технологического типа.

2 Место дисциплины в структуре ОПОП ВО

Дисциплина «Электромагнитная совместимость радиоэлектронных систем» представляет собой дисциплину, относящуюся к части, формируемой участниками образовательных отношений Блока 1 «Дисциплины (модули)», относится к общеинженерным дисциплинам и требует от студентов знаний, умений и навыков по дисциплинам математического и естественнонаучного цикла в объеме, определяемом соответствующими программами.

Вопросы применения методов электромагнитной совместимости для целей навигации, посадки, связи и управления воздушным движением и конкретные типы этих методов изучаются в соответствующих специальных дисциплинах на последующих курсах.

Дисциплина «Электромагнитная совместимость радиоэлектронных систем» базируется на результатах обучения, полученных при изучении дисциплин: «Математика», «Информатика», «Физика», «Электротехника и электроника», «Теория радиотехнических цепей и сигналов».

Дисциплина «Электромагнитная совместимость радиоэлектронных систем» является обеспечивающей для дисциплин «Организация радиотехнического обеспечения полетов и авиационной электросвязи», «Организация технической эксплуатации средств радиотехнического обеспечения полетов и связи», преддипломной практики и дипломного проектирования.

Дисциплина «Электромагнитная совместимость радиоэлектронных систем» изучается в 6 семестре.

3 Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины

Процесс освоения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

| Перечень и код компетенций | Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине |
|--------------------------------|--|
| ПК-1 | Способен оценивать спектральные и временные характеристики сигналов и помех |
| ИД ¹ _{ПК1} | Определяет спектральные и временные характеристики сигналов и помех на основе аналитических методов расчета |
| ИД ² _{ПК1} | Проводит численное и имитационное моделирование спектральных и временных характеристик сигналов и помех |
| ИД ³ _{ПК1} | Применяет методы оценки спектральных и временных характеристик сигналов и помех на основе экспериментальных данных |
| ПК-7 | Способен осуществлять выбор состава и размещения инженерно-технических систем обеспечения полетов эксплуатации воздушных судов и организации воздушного движения |
| ИД ¹ _{ПК7} | Осуществляет выбор состава и размещения средств инженерно-технического обеспечения полетов при эксплуатации воздушных судов и ОрВД |
| ИД ² _{ПК7} | Обеспечивает выбор состава и размещения средств инженерно-технического обеспечения полетов при эксплуатации ВС и ОрВД |
| ИД ³ _{ПК7} | Применяет методы оптимизации состава и размещения средств инженерно-технического обеспечения полетов при эксплуатации ВС и ОрВД |

Планируемые результаты изучения дисциплины:

Знать:

- типы сигналов, применяемых в радиотехнике, и их характеристики;
- математические модели различных типов сигналов, применяемых в радиотехнике, и их характеристики;
- типы радиотехнических цепей;
- математические модели радиотехнических цепей;
- принципы обработки сигналов в радиотехнических цепях на основе аналитических и численных решений;

- методы аналитического представления сигналов и помех.

Уметь:

- анализировать основные характеристики сигналов и радиотехнических цепей в профессиональной деятельности;

- рассчитывать влияние различных факторов на функционирование основных типов радиотехнических цепей;

- рассчитывать спектральные и временные характеристики сигналов и помех;

- рассчитывать частотные и временные характеристики радиотехнических цепей.

Владеть:

- навыками оценки основных характеристик сигналов различных типов;

- навыками оценки влияния различных факторов на функционирование основных типов радиотехнических цепей;

- современными методами компьютерного моделирования радиотехнических цепей и сигналов.

4 Объем дисциплины и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных единиц, 144 академических часов.

| Наименование | Всего часов | Семестр |
|---|-------------|---------|
| | | 6 |
| Общая трудоемкость дисциплины | 144 | 144 |
| Контактная работа: | 74,5 | 74,5 |
| лекции | 36 | 36 |
| практические занятия | 32 | 32 |
| семинары | | |
| лабораторные работы | | |
| курсовой работа | 4 | 4 |
| Самостоятельная работа студента | 36 | 36 |
| Промежуточная аттестация: | 36 | 36 |
| контактная работа | 2,5 | 2,5 |
| самостоятельная работа по подготовке к экзамену | 33,5 | 33,5 |

5 Содержание дисциплины

5.1 Соотнесения тем дисциплины и формируемых компетенций

| Темы дисциплины | Количество часов | Компетенции | | Образовательные технологии | Оценочные средства |
|--|------------------|-------------|------|----------------------------|--------------------|
| | | ПК-1 | ПК-7 | | |
| Тема 1. Общая характеристика электромагнитной совместимости радиоэлектронного оборудования (ЭМС РЭО) | 6 | * | | ВК,Л, ПЗ,СРС | У |
| Тема 2. Восприимчивость РЭО к электромагнитным помехам | 6 | * | | Л, ЛВ, АКС, ПЗ,СРС | У |
| Тема 3. Функционирование РЭО при воздействии помех | 6 | * | | Л, ЛВ, АКС, ПЗ,СРС | У, СЗ, РЗ |
| Тема 4. Поэтапный метод оценки помех РЭС | 6 | * | | Л, ЛВ, АКС, ПЗ, СРС | У, СЗ, РЗ |
| Тема 5. Параметры ЭМС передатчиков | 10 | * | | Л, ЛВ, АКС,ПЗ, СРС | У, СЗ, РЗ, ЗКР |
| Тема 6. Оценка помех в приемниках | 12 | * | * | Л, ЛВ, АСК,ПЗ, СРС | У, СЗ, РЗ |
| Тема 7. Порог восприимчивости приемников | 12 | * | * | Л, ЛВ, ПЗ, АСК СРС | У, СЗ, РЗ |
| Тема 8. Характеристики антенн | 14 | * | * | Л, ЛВ, ПЗ, АСК, СРС | У, СЗ, РЗ |
| Тема 9. Упрощенный способ оценки помех | 12 | * | * | Л, ЛВ, ПЗ,СРС | У, СЗ, РЗ |
| Тема 10. Методы частотных Присвоений в сетях электросвязи | 12 | * | * | Л, ЛВ, ПЗ, АКС, СРС | У, СЗ, РЗ |
| Тема 11. Модели оценки ЭМС | 12 | * | * | Л, ЛВ, ПЗ, АКС, СРС | У, СЗ, РЗ |
| Итого за 6 семестр | 108 | | | | |
| Промежуточная аттестация | 36 | | | | |
| Итого по дисциплине | 144 | | | | |

Сокращения: Л – лекция, ЛВ – лекция визуализация, ПЗ- практические занятия, АКС – анализ конкретной ситуации, СЗ – ситуационная задача, РЗ –

расчетная задача, СРС – самостоятельная работа студента, ВК – входной контроль, У – устный опрос, ЗКР – защита курсовой работы.

5.2 Темы дисциплины и виды занятий

| Наименование темы дисциплины | Л | ПЗ | С | ЛР | СРС | КР | Всего часов |
|--|-----------|-----------|---|----|-----------|----------|-------------|
| Тема 1. Общая характеристика электромагнитной совместимости радиоэлектронного оборудования (ЭМС РЭО) | 2 | 2 | | | 2 | | 6 |
| Тема 2. Восприимчивость РЭО к электромагнитным помехам | 2 | 2 | | | 2 | | 6 |
| Тема 3. Функционирование РЭО при воздействии помех | 2 | 2 | | | 2 | | 6 |
| Тема 4. Поэтапный метод оценки помех РЭС | 2 | 2 | | | 2 | | 6 |
| Тема 5. Параметры ЭМС передатчиков | 4 | 2 | | | 4 | | 10 |
| Тема 6. Оценка помех в приемниках | 4 | 2 | | | 4 | 2 | 12 |
| Тема 7. Порог восприимчивости приемников | 4 | 4 | | | 4 | | 12 |
| Тема 8. Характеристики антенн | 4 | 4 | | | 4 | 2 | 14 |
| Тема 9. Упрощенный способ оценки помех | 4 | 4 | | | 4 | | 12 |
| Тема 10. Методы частотных присвоений в сетях электросвязи | 4 | 4 | | | 4 | | 12 |
| Тема 11. Модели оценки ЭМС | 4 | 4 | | | 4 | | 12 |
| Итого за 6 семестр | 36 | 32 | | | 36 | 4 | 108 |
| Промежуточная аттестация | | | | | | | 36 |
| Всего по дисциплине | | | | | | | 144 |

Сокращения: Л – лекции, ПЗ – практические занятия, СРС – самостоятельная работа студента, С – семинар, ЛР – лабораторные работы, КР – курсовая работа.

5.3 Содержание дисциплины

Тема 1. Общая характеристика электромагнитной совместимости радиоэлектронного оборудования (ЭМС РЭО)

Понятия: электромагнитная совместимость (ЭМС), источники непреднамеренных внутрисистемных помех, приемники и их восприимчивость к помехам.

Основные задачи дисциплины. Рассмотрение причин возникновения, воздействия и методы уменьшения непреднамеренных электромагнитных помех (ЭМП) различного происхождения.

Тема 2. Восприимчивость РЭО к электромагнитным помехам

Определение восприимчивость к ЭМП радиоэлектронного оборудования на любом структурном уровне. Прогнозирование ЭМС и ЭМП. Разработка эффективных мер защиты РЭО от ЭМП.

Тема 3. Функционирование РЭО при воздействии помех

Основные функции, используемые при анализе ЭМП, включая независимые переменные (частоту, время, расстояние, поляризацию) и зависимые переменные (уровень помех, потери при распространении, восприимчивость).

Применение компьютерных программ для инженерных расчетов и моделирования в контексте цифровой трансформации профессиональной деятельности.

Тема 4. Поэтапный метод оценки помех РЭС

Амплитудный, частотный, детальный и комплексный этапы оценки помех. Оценки производятся при четырех возможных комбинациях совпадения частот основного побочного излучения, а также основного и побочного каналов приема.

Автоматизация расчета временных и частотных характеристик сигналов с использованием современных методов компьютерного моделирования в контексте цифровой трансформации профессиональной деятельности.

Тема 5. Параметры ЭМС передатчиков

Частоты и уровни основного излучения радиопередающего устройства, излучения на гармониках, на частотах, не являющихся гармониками основной частоты, и широкополосный шум. Спектр выходного сигнала радиопередающего устройства, а также модели представления его параметров для амплитудной и частотной оценки помех.

Автоматизация расчета временных и частотных характеристик сигналов и помех с использованием современных методов компьютерного моделирования в контексте цифровой трансформации профессиональной деятельности.

Тема 6. Оценка помех в приемниках

Типы помех и их воздействие на радиоприемное устройство. Восприимчивость радиоприемного устройства к ЭМП в полосе пропускания, по соседнему каналу приема вне полосы пропускания.

Автоматизация расчета временных и частотных характеристик сигналов и помех с использованием современных методов компьютерного моделирования в контексте цифровой трансформации профессиональной деятельности.

Тема 7. Порог восприимчивости приемников

Амплитудные методы оценки. Порог восприимчивости в полосе пропускания и по каналам побочного приема. Оценка воздействия помех с учетом их частотных особенностей. Детальная оценка помех. Взаимная модуляция. Насыщение приемника помехой. Перекрестная модуляция.

Автоматизация расчета временных и частотных характеристик сигналов и помех с использованием современных методов компьютерного моделирования в контексте цифровой трансформации профессиональной деятельности.

Тема 8. Характеристика антенн

Диаграмма направленности антенн. Распределение уровней излучения и приема по основным и не основным направлениям. Частотно-поляризационные и энергетические параметры, усиление в дальней, переходной и ближней зонах, критерии взаимной ориентации антенн.

Автоматизация расчета временных и частотных характеристик сигналов и помех с использованием современных методов компьютерного моделирования в контексте цифровой трансформации профессиональной деятельности.

Тема 9. Упрощенный способ оценки помех

Частотная оценка излучений и их приема. Существование критических комбинаций излучения приема. Амплитудная оценка помех. Коррекция результатов амплитудной оценки, учитывающая различие полос частот и их разнос у источника помех и приемника. Детальная оценка помех, учитывающая наличие гармоник, тип модуляции и поляризации излучения.

Автоматизация расчета временных и частотных характеристик сигналов и помех с использованием современных методов компьютерного моделирования в контексте цифровой трансформации профессиональной деятельности.

Тема 10. Методы частотных присвоений в сетях электросвязи

Существуют следующие методы частотных присвоений в сетях радиовещания: триада, относительных расстояний, Хеада. Основой этих методов является понятие регулярной однородной сети радиовещания. Описываются принципы применения каждого перечисленного метода частотных присвоений и производится сопоставление основных их особенностей.

Автоматизация расчета временных и частотных характеристик сигналов и помех с использованием современных методов компьютерного моделирования в контексте цифровой трансформации профессиональной деятельности.

Тема 11. Модели оценки ЭМС

В космическом и авиационном приборостроении предъявляются жесткие требования к безотказной работе, поэтому проблема комплексной оценки внутрисистемной ЭМС имеет особую актуальность.

Проблема ЭМС в приборных отсеках воздушного судна возникает из-за совместной работы аппаратуры, передающей и принимающей энергию по основному каналу и помимо него.

Основным источником электромагнитных помех являются блоки приборов, обладающих собственным радиоизлучением за счет поверхностных токов и помех, возникающих ввремя полета летательного аппарата.

Для комплексной оценки ЭМС летательного аппарата разрабатываются модели и методы комплексной оценки приборных отсеков.

Представление приборного отсека в виде правильных геометрических форм (цилиндра, сферы, тора) позволяет в случае однородной оболочки представить его резонатором.

Для приборного отсека каждой формы электродинамическая модель своя, построенная на соответствующем резонаторе.

Автоматизация расчета временных и частотных характеристик сигналов и помех с использованием современных методов компьютерного моделирования в контексте цифровой трансформации профессиональной деятельности.

5.4 Практические занятия

| Номер темы дисциплины | Тематика практических занятий | Трудоемкость (часы) |
|-----------------------|--|---------------------|
| 1 | Практическое занятие №1. Причины возникновения и методы уменьшения непреднамеренных электромагнитных помех (ЭМП) различного происхождения. | 2 |
| 2 | Практическое занятие №2. Разработка эффективных мер защиты РЭО от ЭМП. | 2 |
| 3 | Практическое занятие №3. Функции, используемые при анализе ЭМП. Автоматизация расчета временных и частотных характеристик сигналов с использованием современных методов компьютерного моделирования в контексте цифровой трансформации | 2 |

| Номер темы дисципли- ны | Тематика практических занятий | Трудо- емкость (часы) |
|----------------------------------|--|-----------------------------|
| | профессиональной деятельности. | |
| 4 | Практическое занятие №4 Оценка помех основного и побочного каналов приема. Автоматизация расчета временных и частотных характеристик сигналов с использованием современных методов компьютерного моделирования в контексте цифровой трансформации профессиональной деятельности. | 2 |
| 5 | Практическое занятие № 5. Моделирование спектра выходного сигнала радиопередающего устройства и представление его параметров для амплитудной и частотной оценки помех. Автоматизация расчета временных и частотных характеристик сигналов с использованием современных методов компьютерного моделирования в контексте цифровой трансформации профессиональной деятельности. | 2 |
| 6 | Практическое занятие № 6. Оценка восприимчивости радиоприемного устройства к ЭМП в полосе пропускания, по соседнему каналу приема и вне полосы пропускания. Автоматизация расчета временных и частотных характеристик сигналов с использованием современных методов компьютерного моделирования в контексте цифровой трансформации профессиональной деятельности. | 2 |
| 7 | Практическое занятие № 7. Оценка воздействия помех с учетом их частотных особенностей в контексте цифровой трансформации профессиональной деятельности. Детальная оценка помех в контексте цифровой трансформации профессиональной деятельности. | 4 |
| 8 | Практическое занятие № 8. Диаграмма направленности антенны. Частотно-поляризационные и энергетические параметры антенны. Автоматизация расчета временных и частотных характеристик сигналов с использованием современных методов компьютерного моделирования в контексте цифровой трансформации профессиональной деятельности. | 4 |
| 9 | Практическое занятие №9 Частотная и амплитудная оценка излучений и их приема. | 4 |

| Номер темы дисциплины | Тематика практических занятий | Трудоемкость (часы) |
|----------------------------|--|---------------------|
| | Автоматизация расчета временных и частотных характеристик сигналов с использованием современных методов компьютерного моделирования в контексте цифровой трансформации профессиональной деятельности. | |
| 10 | Практическое занятие № 10. Методы частотных присвоений в сетях электросвязи. Автоматизация расчета временных и частотных характеристик сигналов с использованием современных методов компьютерного моделирования в контексте цифровой трансформации профессиональной деятельности. | 4 |
| 11 | Практическое занятие № 11. Модели оценки ЭМС. Автоматизация расчета временных и частотных характеристик сигналов с использованием современных методов компьютерного моделирования в контексте цифровой трансформации профессиональной деятельности. | 4 |
| Итого за 6 семестр | | 32 |
| Итого по дисциплине | | 32 |

5.5 Лабораторный практикум

Лабораторный практикум учебным планом не предусмотрен.

5.6 Самостоятельная работа

| Номер темы дисциплины | Виды самостоятельной работы | Трудоемкость (часы) |
|-----------------------|--|---------------------|
| 1 | <p>Подготовка к лекциям [1-2]:</p> <ul style="list-style-type: none"> - самостоятельный поиск, анализ информации и проработка дополнительного учебного материала по изучаемой теме; - подготовка к устному опросу (перечень типовых вопросов для текущего контроля в п. 9.6). <p>Подготовка к практическим занятиям [1-2]:</p> <ul style="list-style-type: none"> - практическое повторение примеров, содержащихся в учебной литературе [1-3]; - самостоятельный поиск, анализ информации и разработки усложненных примеров по изучаемой теме. | 2 |

| Номер темы дисциплины | Виды самостоятельной работы | Трудоемкость (часы) |
|-----------------------|---|---------------------|
| 2 | <p>Подготовка к лекциям [1-2]:</p> <ul style="list-style-type: none"> - самостоятельный поиск, анализ информации и проработка дополнительного учебного материала по изучаемой теме; - подготовка к устному опросу (перечень типовых вопросов для текущего контроля в п. 9.6). <p>Подготовка к практическим занятиям [1-2]:</p> <ul style="list-style-type: none"> - практическое повторение примеров, содержащихся в учебной литературе [1-3]; - самостоятельный поиск, анализ информации и разработки усложненных примеров по изучаемой теме. | 2 |
| 3 | <p>Подготовка к лекциям [1-2]:</p> <ul style="list-style-type: none"> - самостоятельный поиск, анализ информации и проработка дополнительного учебного материала по изучаемой теме; - подготовка к устному опросу (перечень типовых вопросов для текущего контроля в п. 9.6). <p>Подготовка к практическим занятиям [1-2]:</p> <ul style="list-style-type: none"> - практическое повторение примеров, содержащихся в учебной литературе [1-3]; - самостоятельный поиск, анализ информации и разработки усложненных примеров по изучаемой теме. | 2 |
| 4 | <p>Подготовка к лекциям [1-4]:</p> <ul style="list-style-type: none"> - самостоятельный поиск, анализ информации и проработка дополнительного учебного материала по изучаемой теме; - подготовка к устному опросу (перечень типовых вопросов для текущего контроля в п. 9.6). <p>Подготовка к практическим занятиям [1-4]:</p> <ul style="list-style-type: none"> - практическое повторение примеров, содержащихся в учебной литературе [1-3]; - самостоятельный поиск, анализ информации и разработки усложненных примеров по изучаемой теме. | 2 |
| 5 | <p>Подготовка к лекциям [1-4]:</p> <ul style="list-style-type: none"> - самостоятельный поиск, анализ информации и проработка дополнительного учебного материала по изучаемой теме; - подготовка к устному опросу (перечень типовых вопросов для текущего контроля в п. 9.6). <p>Подготовка к практическим занятиям [1-4]:</p> <ul style="list-style-type: none"> - практическое повторение примеров, содержащихся в учебной литературе [1-3]; - самостоятельный поиск, анализ информации и разработки усложненных примеров по изучаемой теме. <p>Выполнение курсовой работы [1-4].</p> | 4 |
| 6 | <p>Подготовка к лекциям [1-4]:</p> <ul style="list-style-type: none"> - самостоятельный поиск, анализ информации и проработка дополнительного учебного материала по изучаемой теме; | 4 |

| Номер темы дисциплины | Виды самостоятельной работы | Трудоемкость (часы) |
|-----------------------|---|---------------------|
| | <ul style="list-style-type: none"> - подготовка к устному опросу (перечень типовых вопросов для текущего контроля в п. 9.6). Подготовка к практическим занятиям [1-4]: - практическое повторение примеров, содержащихся в учебной литературе [1-3]; - самостоятельный поиск, анализ информации и разработки усложненных примеров по изучаемой теме. | |
| 7 | <ul style="list-style-type: none"> Подготовка к лекциям [1-2]: - самостоятельный поиск, анализ информации и проработка дополнительного учебного материала по изучаемой теме; - подготовка к устному опросу (перечень типовых вопросов для текущего контроля в п. 9.6). Подготовка к практическим занятиям [1-2]: - практическое повторение примеров, содержащихся в учебной литературе [1-3]; - самостоятельный поиск, анализ информации и разработки усложненных примеров по изучаемой теме. | 4 |
| 8 | <ul style="list-style-type: none"> Подготовка к лекциям [1-2]: - самостоятельный поиск, анализ информации и проработка дополнительного учебного материала по изучаемой теме; - подготовка к устному опросу (перечень типовых вопросов для текущего контроля в п. 9.6). Подготовка к практическим занятиям [1-2]: - практическое повторение примеров, содержащихся в учебной литературе [1-3]; - самостоятельный поиск, анализ информации и разработки усложненных примеров по изучаемой теме. | 4 |
| 9 | <ul style="list-style-type: none"> Подготовка к лекциям [1-2]: - самостоятельный поиск, анализ информации и проработка дополнительного учебного материала по изучаемой теме; - подготовка к устному опросу (перечень типовых вопросов для текущего контроля в п. 9.6). Подготовка к практическим занятиям [1-2]: - практическое повторение примеров, содержащихся в учебной литературе [1-3]; - самостоятельный поиск, анализ информации и разработки усложненных примеров по изучаемой теме. | 4 |
| 10 | <ul style="list-style-type: none"> Подготовка к лекциям [1-2]: - самостоятельный поиск, анализ информации и проработка дополнительного учебного материала по изучаемой теме; - подготовка к устному опросу (перечень типовых вопросов для текущего контроля в п. 9.6). Подготовка к практическим занятиям [1-2]: - практическое повторение примеров, содержащихся в учебной литературе [1-3]; | 4 |

| Номер темы дисциплины | Виды самостоятельной работы | Трудоемкость (часы) |
|-----------------------|---|---------------------|
| | - самостоятельный поиск, анализ информации и разработки усложненных примеров по изучаемой теме. | |
| 11 | Подготовка к лекциям [1-2]: - самостоятельный поиск, анализ информации и проработка дополнительного учебного материала по изучаемой теме; - подготовка к устному опросу (перечень типовых вопросов для текущего контроля в п. 9.6). Подготовка к практическим занятиям [1-2]: - практическое повторение примеров, содержащихся в учебной литературе [1-3]; - самостоятельный поиск, анализ информации и разработки усложненных примеров по изучаемой теме. | 4 |
| Итого за 6 семестр | | 36 |
| ИТОГО | | 36 |

5.7 Курсовые работы

При изучении дисциплины «Электромагнитная совместимость радиоэлектронных систем» выполняется курсовая работа, которая состоит из четырех заданий. В первых трех студент должен самостоятельно ответить на вопросы, ответы на которые необходимо найти в литературе. Четвертое задание представляет собой аналитический расчет параметров ЭМС по теме «Обеспечение совместной работы линии передачи данных (ЛПД) и радиостанции авиационной воздушной связи» [2].

| Наименование этапа выполнения курсовой работы | Трудоемкость (часы) |
|---|---------------------|
| Этап 1. Выдача задания на курсовую работу | 0,5 |
| Этап 2. Ответ на первое задание | 0,5 |
| Этап 3. Ответ на второе задание | 0,5 |
| Этап 4. Ответ на третье задание | 1 |
| Этап 5. Аналитический расчет параметров ЭМС по теме | 1 |
| Этап 6. Составление письменного отчета | 0,5 |
| Защита курсовой работы | 2 |
| Итого по курсовой работе: | 4 |
| самостоятельная работа студента, отведенная на выполнение курсовой работы | 2 |
| контактная работа | 2 |

6 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

а) основная литература:

1. Максимов В.А. **Электромагнитная совместимость радиоэлектронного оборудования**: Методические указания по изучению дисциплины и выполнению курсовой работы/Университет ГА. С.-Петербург, 2016. Количество экземпляров – 150.

2. Бадалов А.Л., Михайлов А.С. **«Нормы на параметры электромагнитной совместимости РЭС»**: справочник – М.: Радио и связь, 1990. Количество экземпляров - 50.

3. Михайлов А.С. **«Измерение параметров ЭМС РЭС»** - М.: Связь, 1980. Количество экземпляров – 50.

б) дополнительная литература:

4. **Руководство по авиационной электросвязи (РС ГА – 99)**. – М.: ФСВТ России, 1999. Количество экземпляров – 30.

5. **Регламент радиосвязи Т2/МСЭ**. – М.: Радио и связь, 1986. Количество экземпляров – 30.

6. Егоров Е.И., Калашников Н.И., Михайлов А.С. **«Использование радиочастотного спектра и радиопомехи»** - М.: Радио и связь, 1986. Количество экземпляров – 30.

в) перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»:

7. **Электронно-библиотечная система издательства «Лань»** [Электронный ресурс] – Режим доступа : <http://e.lanbook.com/>, свободный (дата обращения: 27.04.2021).

г) программное обеспечение (лицензионное и свободно распространяемое), базы данных, информационно-справочные и поисковые системы:

8. **Электронная библиотека научных публикаций «eLIBRARY.RU»** [Электронный ресурс] — Режим доступа: <http://elibrary.ru/>, свободный (дата обращения: 27.04.2021).

9. **Scilab** [Программное обеспечение] - Режим доступа <http://www.scilab.org/> свободный (дата обращения: 27.04.2021).

10. **GNU Octave**[Программное обеспечение] – Режим доступа <http://gnu.org> свободный (дата обращения: 27.04.2021).

11. **Программный пакет MULTISIM 10.1 для моделирования электронных схем** [Программное обеспечение] - Госконтракт № SBR1010080401-00001346-01 от 13 ноября 2010 года ООО «Динамика».

12. **MATHCAD-14** [Программное обеспечение] - Лицензия №2566427 от 27 декабря 2010 года.

7 Материально-техническое обеспечение дисциплины

Для проведения образовательного используются аудитории №250 и №242, характеристика материально-технического обеспечения которых приведена в ниже следующей таблице.

| № п/п | Наименование дисциплины (модуля), практик в соответствии с УП | Наименование специальных* помещений и помещений для самостоятельной работы | Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы | Перечень лицензионного программного обеспечения. Реквизиты подтверждающего документа |
|-------|---|--|---|--|
| 1 | Электромагнитная совместимость радиоэлектронных систем | Ауд. 250 Аудитория для проведения занятий лекционного типа Аудитория занятий семинарского типа | Комплект учебной мебели – 22 шт. Стационарный проектор CASIO Ноутбук Acer F80C Доска меловая Экран Библиотека примеров компьютерного моделирования радиотехнических систем Комплект тематических плакатов по дисциплине «Теория радиотехнических цепей и сигналов» фонд специальной литературы, фонд учебных пособий | Microsoft Windows 7 Professional (лицензия № 46231032 от 4 декабря 2009 года) Microsoft Windows Office Professional Plus 2007 (лицензия № 43471843 от 07 февраля 2008 года) |
| 2 | Электромагнитная совместимость радиоэлектронных систем | Ауд. 242 Аудитория для проведения занятий лекционного типа Аудитория занятий семинарского типа | Доска меловая 15 персональных компьютеров Проектор Acer X1261P Экран Библиотека примеров компьютерного моделирования радиотехнических систем Комплект тематических плакатов по дисциплине «Электроника и электротехника», фонд специальной литературы, фонд учебных пособий | Scilab [Программное обеспечение] – Режим доступа http://www.scilab.org/ <u>свободный</u> (дата обращения: 11.01.2020). Программный пакет MULTISIM 10.1 для моделирования электронных схем [Программное обеспечение] (Госконтракт № SBR1010080401-00001346-01 от 13 ноября 2010 года, ООО «Динамика») MATHCAD-14 [Программное обеспечение] лицензия № 2566427 от 27 декабря 2010 |

8 Образовательные и информационные технологии

Входной контроль проводится в форме устных опросов с целью оценивания остаточных знаний по ранее изученным дисциплинам или темам изучаемой дисциплины.

Лекция как образовательная технология представляет собой устное, систематическое и последовательное изложение преподавателем учебного материала с целью организации целенаправленной познавательной деятельности студентов по овладению знаниями, умениями и навыками читаемой дисциплины. В лекции делается акцент на реализацию главных идей и направлений в изучении дисциплины, дается установка на последующую самостоятельную работу. Лекции-визуализации сопровождаются демонстрацией работы реальных радиотехнических устройств или действующих имитационных моделей с использованием образовательной технологии – анализ конкретной ситуации на основе решения профессиональных ситуационных задач.

Практические занятия проводятся с использованием специальных компьютерных программ и предназначены для закрепления полученных знаний, а также выработки необходимых умений и навыков в ходе решения расчетных и ситуационных задач профессиональной деятельности.

Курсовая работа по дисциплине представляет собой самостоятельную учебно-исследовательскую работу студента и ставит цель систематизировать, закрепить и углубить теоретические и практические знания, умения и навыки по профилю подготовки с целью их применения для решения профессиональных задач.

Таким образом, лекции-визуализации, практические занятия и курсовая работа по дисциплине «Электромагнитная совместимость радиоэлектронных систем» являются составляющими практической подготовки обучающихся, так как предусматривают их участие в выполнении отдельных элементов работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью.

Самостоятельная работа студента реализуется в систематизации, планировании, контроле и регулировании его учебно-профессиональной деятельности, а также в активизации собственных познавательно-мыслительных действий без непосредственной помощи и руководства со стороны преподавателя. Основной целью самостоятельной работы студента является формирование навыка самостоятельного приобретения, закрепления и углубления полученных знаний по некоторым несложным вопросам теоретического курса, закрепление и углубление полученных знаний, умений и навыков во время лекций и практических занятий.

9 Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины

Фонд оценочных средств по дисциплине «Электромагнитная совместимость радиоэлектронных систем» предназначен для выявления и оценки уровня и качества знаний студентов по результатам текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины в виде экзамена в 6 семестре.

Фонд оценочных средств для текущего контроля включает: устные опросы, расчетные/логические задачи, ситуационные задачи и темы курсовых работ. Для обеспечения более глубокого освоения дисциплины фонд оценочных средств по семестру строится по принципу нарастающего итога, интегрируя темы текущего семестра с ранее освоенным материалом.

Устный опрос проводится на практических занятиях с целью контроля усвоения теоретического материала, излагаемого на лекции. Перечень вопросов определяется уровнем подготовки учебной группы, а также индивидуальными особенностями обучающихся. Также устный опрос проводится для входного контроля по вопросам (п. 9.4).

Курсовая работа – авторский научно-исследовательский проект студента, направленный на выработку исследовательских навыков, опыта работы с научными источниками и создание законченного самостоятельного исследования. Оценочным средством являются варианты задания для курсовой работы (п.9.3). Написание и защита курсовой работы запланирована на 6 семестр.

Промежуточная аттестация по итогам освоения дисциплины «Электромагнитная совместимость радиоэлектронных систем» проводится в 6 семестре в форме экзамена. Этот вид промежуточной аттестации позволяет оценить уровень освоения студентом компетенций за весь период изучения дисциплины.

Экзамен предполагает устный ответ на 1 теоретический вопрос, решение расчетной/логической задачи и решение ситуации задачи из перечня типовых вопросов и задач п. 9.6.

Описание шкалы оценивания, используемой для проведения промежуточных аттестаций, приведено в п. 9.5.

9.1 Балльно-рейтинговая оценка текущего контроля успеваемости и знаний студентов

Не применяется.

9.2 Методические рекомендации по проведению процедуры оценивания знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций

Устный опрос оценивается следующим образом:

«зачтено»: обучающийся дает ответ на поставленный вопрос по существу и правильно отвечает на уточняющие вопросы;

«не зачтено»: обучающийся отказывается отвечать на поставленный вопрос, либо отвечает на него неверно и при формулировании дополнительных (вспомогательных) вопросов.

Решение расчетных задач оценивается:

- «зачтено»: обучающийся самостоятельно правильно решает задачу, анализирует и дает обоснованную оценку полученных результатов;

- «не зачтено»: обучающийся отказывается от выполнения задачи или не способен ее решить самостоятельно, а также с помощью преподавателя.

Решение ситуационных задач оценивается:

«зачтено»: обучающийся самостоятельно правильно решает задачу, дает обоснованную оценку по итогу решения;

«не зачтено»: обучающийся отказывается от выполнения задачи или не способен ее решить самостоятельно, а также с помощью преподавателя, а также проанализировать, обосновать и оценить полученные результаты.

9.3 Темы курсовых работ по дисциплине

При изучении дисциплины «Электромагнитной совместимости радиоэлектронных систем» выполняется курсовая работа. Курсовая состоит из четырех заданий. В первых трех студент самостоятельно отвечает на вопросы, ответы на которые необходимо найти в литературе. Четвертое задание представляет собой аналитический расчет параметров ЭМС по теме «Обеспечение совместной работы линии передачи данных (ЛПД) и радиостанции авиационной воздушной связи».

Исходные данные для выполнения курсовой работы определяются исходя из номера зачетной книжки студента или порядкового номера студента в группе по правилам, изложенным в методических указаниях по выполнению курсовой работы [1].

9.4 Контрольные вопросы для проведения входного контроля остаточных знаний по обеспечивающим дисциплинам в форме устного опроса

Обеспечивающие дисциплины: «Высшая математика», «Информатика», «Физика», «Электротехника и электроника».

Примерные вопросы входного контроля:

1. Дайте определение гармонического сигнала.
2. Для каких целей используется метод комплексных амплитуд?
3. Какие формы представления комплексных чисел вам известны?
4. Что такое норма вектора?

5. Что такое собственные числа матрицы?
6. Какие компьютерные программы для инженерных расчетов и моделирования вам известны?
7. Что такое резонанс в электрической цепи?
8. Приведите пример использования закона Ома для цепи переменного тока.

9. Вычислите значения следующих математических выражений:

$$\cos(\alpha + \beta) =$$

$$\lim_{x \rightarrow 0} \frac{\sin x}{x} =$$

$$\frac{\partial}{\partial x} (\cos(y + 3) + x^2) =$$

$$\int_0^{-5} (x + 2e^x) dx =$$

10. В коробке находится 3 белых и 4 черных кубика. Какова вероятность, что из двух вынутых кубиков по крайней мере один будет черным. (Кубики в коробку не возвращаются).

11. Монету подбрасывают три раза. Подсчитайте, какова вероятность двух последовательных выпадений «орла» при таком опыте.

12. Перечислите законы Кирхгофа для электрической цепи. Приведите примеры их использования.

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

| Компетенции | Показатели оценивания (индикаторы достижения) компетенций | Критерии оценивания |
|-------------|--|--|
| ПК-1 | ИД ¹ _{ПК1} ИД ² _{ПК1} | <p>Знает:</p> <ul style="list-style-type: none"> - типы сигналов, применяемых в радиотехнике, и их характеристики; - математические модели различных типов сигналов, применяемых в радиотехнике, и их характеристики; - методы аналитического представления сигналов и помех. <p>Умеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> - оценивать спектральные и временные характеристики сигналов и помех; <p>Владеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> - методами расчета основных характеристик сигналов различных типов; - навыками компьютерного моделирования радиотехнических сигналов. |

| Компетенции | Показатели оценивания (индикаторы достижения) компетенций | Критерии оценивания |
|------------------|--|---|
| ПК-7 | ИД ¹ _{ПК7} ИД ² _{ПК7} | <p>Знает:</p> <ul style="list-style-type: none"> - назначение, состав, основные эксплуатационно-технические характеристики средств РТОП и АЭС; - требования к размещению средств РТОП и АЭС; - принцип действия и эксплуатационные ограничения средств РТОП и АЭС; <p>Умеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> - рассчитывать основные эксплуатационные характеристики средств РТОП и АЭС; - оценивать влияние различных факторов на работу средств РТОП и АЭС. <p>Владеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> - методами расчета эксплуатационно-технических характеристик средств РТОП и АЭС. |
| ПК-1 ПК-7 | ИД ³ _{ПК1} ИД ³ _{ПК7} | <p>Знает:</p> <ul style="list-style-type: none"> - типы сигналов, применяемых в радиотехнике, и их характеристики; - математические модели различных типов сигналов, применяемых в радиотехнике, и их характеристики; - типы радиотехнических цепей; - математические модели радиотехнических цепей; - принципы обработки сигналов в радиотехнических цепях на основе аналитических и численных решений; - методы аналитического представления сигналов и помех. <p>Умеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> - анализировать основные характеристики сигналов и радиотехнических цепей в профессиональной деятельности; - оценивать влияние различных факторов на функционирование основных типов радиотехнических цепей; - оценивать спектральные и временные характеристики сигналов и помех; - рассчитывать частотные и временные характеристики радиотехнических цепей. <p>Владеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> - методами расчета основных характеристик |

| Компетенции | Показатели оценивания (индикаторы достижения) компетенций | Критерии оценивания |
|-------------|---|--|
| | | сигналов различных типов; - методами расчета основных типов радиотехнических цепей; - навыками компьютерного моделирования радиотехнических цепей и сигналов; - навыками расчета основных характеристик радиотехнических цепей, - методами оценки основных характеристик сигналов различных типов; - методами оценки основных характеристик радиотехнических цепей. |

Шкала оценивания при проведении промежуточной аттестации

«Отлично» выставляется обучающемуся, показавшему всесторонние, систематизированные, глубокие знания по рассматриваемой компетенции и умение уверенно применять их на практике при решении задач, свободное и правильное обоснование принятых решений. Отвечая на вопрос, может быстро и безошибочно проиллюстрировать ответ собственными примерами. Обучающийся самостоятельно правильно решает задачу, дает обоснованную оценку итогам решения.

При решении расчетной/логической задачи обучающийся самостоятельно правильно решает задачу, дает обоснованную оценку итогам решения.

При решении ситуационной задачи обучающийся самостоятельно правильно решает задачу, использует методы имитационного и численного моделирования, дает обоснованную оценку итогам решения и их связи с соответствующим теоретическим материалом.

«Хорошо» выставляется обучающемуся, если он твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но допускает в ответе или в решении задачи некоторые неточности, хорошо владеет всем содержанием, видит взаимосвязи, но не всегда делает это самостоятельно без помощи преподавателя. Обучающийся решает задачу верно, но при помощи преподавателя.

При решении расчетной/логической задачи обучающийся при незначительной помощи преподавателя правильно решает задачу, дает обоснованную оценку итогам решения.

При решении ситуационной задачи обучающийся при незначительной помощи преподавателя правильно решает задачу, использует методы

имитационного и численного моделирования, дает достаточно полную оценку итогам решения и их связи с соответствующим теоретическим материалом.

«Удовлетворительно» выставляется обучающемуся, показавшему фрагментарный, разрозненный характер знаний, недостаточно правильные формулировки базовых понятий, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, но при этом он владеет основными разделами учебной программы в рамках заданной компетенции, необходимыми для дальнейшего обучения и может применять полученные знания по образцу в стандартной ситуации. Отвечает только на конкретный вопрос, соединяет знания из разных разделов курса только при наводящих вопросах преподавателя. Ситуационная задача решена не полностью, или содержатся незначительные ошибки в расчетах.

При решении расчетной/логической задачи обучающемуся требуется неоднократная помощь преподавателя при этом задача решается не полностью.

При решении ситуационной задачи обучающемуся требуется неоднократная помощь преподавателя, методы имитационного и численного моделирования используются неуверенно и только после подсказок преподавателя, оценка итогов решения и их связи с соответствующим теоретическим материалом является неполной.

«Неудовлетворительно» выставляется обучающемуся, который не знает большей части основного содержания учебной программы дисциплины в рамках компетенций, допускает грубые ошибки в формулировках основных понятий дисциплины и не умеет использовать полученные знания при решении типовых практических задач. Не раскрыты глубина и полнота при ответах.

Расчетная/логическая задача не решена даже при помощи преподавателя.

Ситуационная задача не решена даже при помощи преподавателя.

Шкала оценивания курсовой работы.

| Шкала оценивания | Составляющие | Признаки |
|------------------|--------------------------|---|
| Отлично | Практическая часть | Обучающийся показывает умения и навыки выполнения расчетов характеристик периодических сигналов и линейных цепей. Расчеты в курсовой работе обоснованы и выполнены правильно на 90-100 %. |
| | Выводы | Выводы грамотно сформулированы и обоснованы. |
| | Использованные источники | Использованные источники подобраны грамотно. Указаны или выведены все необходимые для проведения расчетов формулы. Их количество соответствует |

| Шкала оценивания | Составляющие | Признаки |
|------------------|----------------------------|--|
| | | требованиям к курсовой работе. |
| | Оформление | Курсовая работа оформлена аккуратно согласно требованиям к оформлению без орфографических и грамматических ошибок. Высокое качество оформления графиков, схем и диаграмм. |
| | Своевременность выполнения | Курсовая работа выполнена и сдана на проверку своевременно. |
| | Защита | Доступно и ясно представляет результаты курсовой работы. Ответы на вопросы полные, глубокие. Обучающийся всесторонне оценивает и интерпретирует полученные результаты, доказывает их значимость. Грамотно и аргументировано представляет комментарии к расчетам. |
| Хорошо | Практическая часть | Обучающийся показывает умения и навыки выполнения расчетов характеристик периодических сигналов и линейных цепей. Расчеты в курсовой работе обоснованы и выполнены правильно на 80-90 %. |
| | Выводы | Выводы сформулированы с небольшими неточностями. |
| | Использованные источники | Использованные источники подобраны грамотно. Их количество соответствует требованиям к курсовой работе. Указаны или выведены практически все необходимые для проведения расчетов формул. |
| | Оформление | Курсовая работа оформлена аккуратно согласно требованиям к оформлению с небольшим количеством орфографических и грамматических ошибок. Достаточно высокое качество оформления графиков, схем и диаграмм. |
| | Своевременность выполнения | Курсовая работа выполнена и сдана на проверку своевременно. |
| | Защита | Доступно и ясно представляет результаты курсовой работы. Ответы на вопросы полные. Обучающийся оценивает и интерпретирует полученные результаты с незначительными неточностями, демонстрирует самостоятельное мышление. |
| Удовлетвори | Практическая | Обучающийся показывает слабые навыки |

| Шкала оценивания | Составляющие | Признаки |
|---------------------|----------------------------|--|
| Только | часть | выполнения расчетов характеристик периодических сигналов и линейных цепей. Расчеты обоснованы и выполнены правильно на 70-80 %. |
| | Выводы | Выводы сформулированы со значительными неточностями или не все выводы сформулированы. |
| | Использованные источники | Использованные источники подобраны небрежно. Их количество меньше, чем соответствует требованиям к курсовой работе. Указано или выведено большинство необходимых для проведения расчетов формул. |
| | Оформление | Курсовая работа оформлена неаккуратно с большим количеством орфографических и грамматических ошибок. Среднее качество оформления графиков, схем и диаграмм. |
| | Своевременность выполнения | Курсовая работа выполнена и сдана на проверку позже указанного срока. |
| | Защита | Обучающийся с трудом докладывает результаты курсовой работы. Ответы на вопросы неполные. Обучающийся не может оценить полученные результаты и интерпретирует их со значительными неточностями. |
| Неудовлетворительно | Практическая часть | Обучающийся не демонстрирует умения и навыки расчетов характеристик периодических сигналов и линейных цепей, расчеты выполнены с большим количеством ошибок или не в полном объеме. |
| | Выводы | Выводы не сформулированы. |
| | Использованные источники | Использованные источники не соответствуют теме. Указано недостаточное количество или допущены ошибки в выводе необходимых для проведения расчетов формул. |
| | Оформление | Оформление курсовой работы не соответствует требованиям. Большое количество орфографических и грамматических ошибок. Низкое качество оформления графиков, схем и диаграмм. |
| | Защита | Обучающийся не может представить |

| Шкала оценивания | Составляющие | Признаки |
|------------------|--------------|--|
| | | результаты курсовой работы. Не отвечает на вопросы или отвечает неверно. |

9.6 Типовые контрольные задания для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам обучения по дисциплине

Перечень типовых вопросов для текущего контроля в форме устного опроса

1. Дать определение электромагнитной совместимости.
2. Основные понятия о непреднамеренных помехах.
3. Прогнозирование и анализ ЭМП.
4. Влияние помех на функциональное состояние РЭО ГА.
5. Оценки функционирования РЭС в условиях помех.
6. Параметры передатчиков, используемые для прогноза ЭМП.
7. Модели представления параметров передатчиков для АОП.
8. Модели представления параметров передатчиков для ЧОП.
9. Типы помех и их воздействие на приемное устройство.
10. Амплитудные методы оценки.
11. Оценка воздействия помех с учетом их частотных особенностей.
12. Характеристики антенн, используемые для расчетов ЭМП.
13. Диаграмма направленности антенны.
14. Характеристики антенны, используемые при АОП, ЧОП и ДОП.
15. Основные и неосновные направления излучений.
16. Частотно-поляризационные и энергетические параметры антенны.
17. Усиление антенны в дальней, переходной и ближней зонах.
18. Учет взаимной ориентации антенн.
19. Упрощенный способ оценки помех.
20. Обеспечение ЭМС при проектировании РЭС.
21. Помехи в приборах и устройствах.
22. Предварительная оценка ЭМС спутниковых систем.
23. Аналитическая оценка интермодуляционных помех.
24. Методы частотных присвоений в сетях радиовещания.
25. Методы частотных присвоений при решении задачи ЭМС в сетях электросвязи.
26. Модели приборных отсеков и методы комплексной оценки ЭМС.
27. Методы измерений электромагнитных помех.
28. Характеристики восприимчивости радиотехнической аппаратуры.
29. Характеристики ЭМС подсистем и систем.
30. Измерения ЭМП аппаратуры и подсистем.
31. Измерения ЭМП окружающей электромагнитной обстановки (ЭМО).

32. Измерение ЭМП окружающей электромагнитной обстановки (ЭМО), влияющей на работу радиоэлектронных средств (РЭС).

33. Измерение спектральных параметров излучений радиопередающих устройств.

34. Классификация методов измерений спектральных параметров излучений.

35. Побочные радиоизлучения.

36. Методы измерений параметров побочных излучений радиопередающих устройств.

37. Измерение напряженности электромагнитного поля.

38. Измерение допустимого отклонения частоты радиопередатчиков.

39. Измерение диаграмм направленности антенн.

40. Измерение промышленных помех.

41. Методы измерения промышленных радиопомех.

42. Измерение радиопомех, создаваемых радиоприемниками.

43. Измерение параметров восприимчивости радиоприемных устройств.

44. Измерение чувствительности.

45. Измерение избирательности.

46. Измерение восприимчивости антенно-фидерных устройств.

47. Восприимчивость к промышленным радиопомехам.

48. Измерение мощности радиопередатчиков.

49. Основные принципы обеспечения ЭМС.

50. Основы анализа ЭМС.

51. Помехи в полосе пропускания.

Примерный перечень вопросов для проведения промежуточной аттестации по дисциплине «Электромагнитная совместимость радиоэлектронных систем» в форме экзамена в 6 семестре

1. Дайте определение ЭМС РЭО.

2. Дайте определение ЭМП РЭО.

3. Основные положения о ЭМС РЭО.

4. Основные задачи ЭМС.

5. Непреднамеренные ЭМП.

6. Основные принципы обеспечения ЭМС.

7. Основные этапы разработки и эксплуатации радиоэлектронных средств и электротехнических установок и учет на них ЭМС и ЭМП.

8. На требованиях, нормах, рекомендациях каких международных организаций базируется разработка и эксплуатация РЭС и электротехнических установок.

9. На каких стадиях разработки и эксплуатации РЭО необходимо осуществлять анализ ЭМС.

10. Основные задачи, решаемые ЭМС.

11. Условие ЭМС РЭС.

12. Прогнозирование и анализ электромагнитных помех.

13. Основные расчетные соотношения ЭМП.
14. Уровни анализа ЭМС.
15. Параметры, влияющие на условие ЭМС.
16. Четырех этапный метод оценки помех.
17. Амплитудная оценка помех.
18. Частотная оценка помех.
19. Детальная оценка помех.
20. Особенности функционирования РЭО при воздействии помех большого уровня.
21. Классификация шумов и помех.
22. Космические шумы и помехи.
23. Учет рельефа боковых лепестков антенны при работающих РЭС.
24. Аналитическая оценка интермодуляционных помех.
25. Выбор показателей эффективности и анализа методов частотных присвоений при решении задачи ЭМС в сетях электросвязи.
26. Анализ и выбор показателей эффективности, используемых для частотных присвоений.
27. Методы частотных присвоений в сетях радиовещания.
28. Модели оценки ЭМС.
29. Модели ЭМО и оценки ЭМС РЭО в приборных отсеках воздушного судна.
30. Разработка моделей приборных отсеков и методов комплексной оценки ЭМС.
31. Метод интегральной оценки ЭМС в приборном отсеке.
32. Предварительная оценка ЭМС спутниковых систем.
33. Основные параметры радиопередающих устройств.
34. Понятия об излучении.

35. Параметры, используемые при АОП.
36. Параметры, используемые при ЧОП.
37. Частотные параметры излучений на гармониках.
38. Оценка помех в радиоприемных устройствах.
39. Классификация помех.
40. Помехи в полосе пропускания.
41. Помехи по соседнему каналу.
42. Помехи вне полосы пропускания.
43. Влияние антенн на оценку помех.
44. Амплитудная оценка помех в радиоприемных устройствах.
45. Частотная оценка помех в радиоприемных устройствах.
46. Детальная оценка помех в радиоприемных устройствах.
47. Свойство антенн, учитываемые при анализе ЭМС.
48. Диаграмма направленности антенны.
49. Характеристики антенн, используемые при оценке помех.
50. Усиление антенн в ближней зоне.

51. Упрощенный способ оценки помех.
52. Порядок оценки ЭМС пары: передатчик-приемник.
53. Линейные методы распределения каналов.
54. Дать определение регулярной однородной сети радиовещания.
55. Метод триад в регулярной сети.
56. Метод относительных расстояний в регулярной сети.
57. Метод Хеада в регулярной сети.
58. Сопоставление основных особенностей линейных методов распределения каналов.
59. Универсальная модель однородной сети.
60. Проблемы ЭМС в приборных отсеках летательных аппаратов.
61. Модели приборных отсеков ЛА.
62. Метод оценки ЭМС для цилиндрического приборного отсека.
63. Метод оценки ЭМС для сферического приборного отсека.
64. Учет влияния силового набора оболочки и конструкций крепления аппаратуры.
65. Метод для волноводной модели отсека.
66. Метод оптимизации ЭМС.
67. Назначение и типы спутниковых навигационных систем.
68. Метод предварительной оценки совместимости спутниковых сетей.
69. Для чего нужен наземной командно-измерительный комплекс.
70. Механизмы распространения радиоволн.
71. Понятие о межсистемных электромагнитных помехах.
72. Понятие о внутрисистемных помехах.
73. Помехи, обусловленные импульсными переходными процессами в цепях.
74. Применение экранирования для защиты от помех.
75. Классификация кабелей и жгутов.
76. Помехи из-за магнитных полей.
77. Помехи из-за электрических полей.
78. Разъемы.
79. Заземление сооружений и ослабление помех в них.
80. Одноточечное и многоточечное заземление.
81. Гибридное заземление.
82. Электрическое соединение.
83. Коррозионные процессы.
84. Заземление сооружений и ослабление помех в них.
85. Методы заземления аппаратуры в зданиях.
86. Экранирующие свойства помещений.
87. Применение фильтров для снижения помех.
88. Межсистемные фильтры.
89. Внутрисистемные фильтры.
90. Характеристики электрорадиоизделий как источники и рецепторы помех.

91. Помехи в приборах и устройствах.
92. Противопожарные мероприятия в цепях питания.
93. Помехи в цепях усилителей. Межкаскадные связи.
94. Помехи и их подавление в микроэлектронной аппаратуре.
95. Помехи в аппаратуре обработки данных и в ЭВМ.
96. Основные положения о методах измерения ЭМП.
97. Измерение ЭМП на низшем уровне.
98. Измерение ЭМП на среднем уровне.
99. Измерение ЭМП на высшем уровне.
100. Измерение ЭМП на уровне компонентов и аппаратуры.
101. Основные понятия в области ЭМП, распространяющихся в электрических цепях и излучаемых в пространстве.
102. Понятия об узкополосных и широкополосных излучениях.
103. Функции детектора измерительного приемника.
104. Измерительные приборы и устройства для проведения испытаний.
105. Основные виды испытаний.
106. Антенны и пробники для измерений электрического поля.
107. Антенны и пробники для измерений магнитного поля.
108. Передающие и приемные антенны различных диапазонов.
109. Условия испытаний изделия. Виды работы испытываемого изделия.
110. Методы измерения уровней помех, распространяющихся в проводах.
111. Методы испытаний восприимчивости к помехам, распространяющихся по проводам.
112. Методы измерения помех, излучаемых в пространстве.
113. Методы измерения восприимчивости к помехам, излучаемым в пространство.
114. Автоматические измерительные системы.
115. Измерение спектральных параметров излучений радиопередающих устройств.
116. Спектральные параметры излучений.
117. Принципы нормирования спектральных параметров излучений.
118. Классификация методов измерений спектральных параметров излучений.
119. Метод измерений с использованием фильтров верхних и нижних частот.
120. Косвенные методы измерения ширины полосы частот.
121. Измерение мощности радиопередатчика.
122. Измерение параметров побочных излучений радиопередающих устройств.
123. Измерение напряженности электромагнитного поля.
124. Измерение допустимого отклонения частоты радиопередатчиков.
125. Измерение диаграмм направленности антенн.
126. Измерение промышленных радиопомех.
127. Измерение радиопомех, создаваемых радиоприемниками.

128. Измерение параметров восприимчивости радиоприемных устройств.
129. Измерение восприимчивости антенно-фидерных устройств.
130. Принцип нормирования боковых и заднего лепестков диаграммы направленности некоторых типов антенн.
131. Измерение диаграмм направленности неподвижных передающих антенн.
132. Измеритель помех. Технические требования.
133. Измерение радиопомех, создаваемых телевизионными и УКВ ЧМ радиовещательными приемниками.
134. Измерение радиопомех, создаваемых радиовещательными приемниками с амплитудной модуляцией.
135. Основной и побочный каналы приема.

Перечень типовых расчетных и логических задач для текущего контроля в форме устного опроса, оценки сформированности компетенций и промежуточной аттестации в форме экзамена в 6 семестре

1. Рассмотрите воздействие передатчика РЛС на приемник тропосферной линии путем аналитического расчета оценки мощности помехи и превышения помехой порога восприимчивости.
2. Рассмотрите воздействие передатчика РЛС на приемник тропосферной линии путем аналитического расчета оценку распределения вероятностей порога восприимчивости.
3. Рассмотрите воздействие передатчика РЛС на приемник тропосферной линии путем аналитического расчета среднеквадратического отклонения порога восприимчивости.
4. Рассмотрите воздействие передатчика РЛС на приемник тропосферной линии путем аналитического расчета оценки среднеквадратического отклонения рецептора помех как порога восприимчивости

$$IM = -S_{IM}$$
5. Путем имитационного или численного моделирования (графо-аналитического расчета) рассмотреть отношения порога восприимчивости к среднеквадратическому отклонению (IM/S_{IM}) от вероятности наличия помехи при воздействии передатчика РЛС на приемник тропосферной линии.
6. Рассчитать величину электромагнитной помехи для передатчика тропосферной линии приемнику РЛС путем оценки уровня помехи для каждой из четырех комбинаций.
7. Рассчитать помеху в полосе пропускания рецептора помех при воздействии УВЧ передатчика при помехи по основному каналу приема.
8. Рассчитать помеху в полосе пропускания рецептора помех при воздействии УВЧ передатчика при помехи вне основного канала приема.
9. Проанализировать, какая точка на пороговой характеристике будет рабочей для самолетного УВЧ АМ приемника радиотелефонных сигналов,

предназначенных для связи между диспетчером аэропорта и пилотами самолетов. Помеха создается передатчиком аналогичной службы, удаленной от передатчика полезного сигнала на расстоянии примерно 640 км.

10. Рассмотреть качественные характеристики радиотелефонного приемника ОВЧ наземной подвижной службы при работе в пределах зоны действия передающей станции (радиуса 80 км) путем аналитического расчета оценки электромагнитных помех от мешающих сигналов (от передатчика РЛС наблюдения, от ТВ передатчика ОВЧ).

11. Определить условия индикации для случая взаимодействия двух РЛС наблюдения аэропорта, расположенных в пределах прямой видимости на расстоянии 16 км друг от друга, при соответствующих рабочих частотах каждой РЛС (1280 и 1300 МГц) и одинаковых остальных параметрах путем аналитического расчета оценки уровня порога восприимчивости приемника РЛС и среднеквадратического отклонения порога восприимчивости.

12. Определить путем аналитического расчета, имитационного моделирования уменьшение дальности действия РЛС наблюдения, предназначенной для работы в L-диапазоне ($f=1$ ГГц) с дальностью 160 км, если она находится вблизи (на расстоянии 0,16 км) передатчика непрерывных немодулированных колебаний мощностью 1 кВт, работающего у той же полосы, в зависимости от ухудшения чувствительности приемника.

13. Рассчитать среднее значение мощности $P_T(f_{OT})$ и среднеквадратическое отклонение $s_T(f_{OT})$ основного излучения трех связных передатчиков ОВЧ одного типа, работающих в диапазоне частот 225...400 МГц с номинальной мощностью $P_M=100_{\text{Вт}}$ (50 дБм).

14. Пусть передатчик обзорной РЛС работает на частоте 1 ГГц, а СВЧ связной приемник – на частоте 2,3 ГГц.

Рассчитать вероятность того, что паразитное излучение передатчика попадает в полосу пропускания приемника, равную 10 МГц.

15. При соответствующих исходных параметров передатчика РЛС, самолетного приемника, передатчика аэропорта рассчитать помехи самолетному навигационному приемнику, работающему на частоте $f_{OR}=1090$ МГц от передатчика РЛС, работающего на частоте $f_{OT}=22$ МГц при ситуации отстояния передатчика аэропорта от приемника самолета 66 км.

16. На основании исходных данных, предложенных преподавателем, источника помех и рецептора помех произвести расчет помех при распространении, которые может создать передатчик ТРРЛ, работающий на частоте 1175 МГц, приемнику РЛС, настроенному на частоту 1289 МГц (комбинация ОО).

Пусть ТРРЛ обеспечивает передачу информации с помощью импульсно-кодовой модуляции (ИКМ) со скоростью 500 кБод. Передатчик ТРРЛ находится на расстоянии 161 км от указанного приемника, (вне прямой видимости). Объем пространства, рассеивающего энергию излучения передатчика, «виден» антенне РЛС при ее сканировании.

Перечень типовых ситуационных задач для текущего контроля в форме устного опроса, оценки сформированности компетенций и промежуточной аттестации в форме экзамена в 6 семестре

1. Рассмотрите воздействие передатчика РЛС на приемник тропосферной линии путем имитационного моделирования, численного моделирования оценки мощности помехи и превышения помехой порога восприимчивости.

2. Рассмотрите воздействие передатчика РЛС на приемник тропосферной линии путем имитационного моделирования, численного моделирования оценку распределения вероятностей порога восприимчивости.

3. Рассмотрите воздействие передатчика РЛС на приемник тропосферной линии путем имитационного моделирования, численного моделирования среднеквадратического отклонения порога восприимчивости.

4. Рассмотрите воздействие передатчика РЛС на приемник тропосферной линии путем имитационного моделирования, численного моделирования оценки среднеквадратического отклонения рецептора помех как порога восприимчивости

$$I_M = -S_{IM}$$

5. Путем имитационного или численного моделирования (графо-аналитического расчета) рассмотреть отношения порога восприимчивости к среднеквадратическому отклонению (I_M/S_{IM}) от вероятности наличия помехи при воздействии передатчика РЛС на приемник тропосферной линии.

6. Рассчитать величину электромагнитной помехи для передатчика тропосферной линии приемнику РЛС путем имитационного моделирования, численного моделирования оценки уровня помехи для каждой из четырех комбинаций.

7. Рассчитать помеху в полосе пропускания рецептора помех при воздействии УВЧ передатчика при помехи по основному каналу приема путем имитационного моделирования, численного моделирования.

8. Рассчитать помеху в полосе пропускания рецептора помех при воздействии УВЧ передатчика при помехи вне основного канала приема путем имитационного моделирования, численного моделирования.

9. Проанализировать путем имитационного моделирования, численного моделирования, какая точка на пороговой характеристике будет рабочей для самолетного УВЧ АМ приемника радиотелефонных сигналов, предназначенных для связи между диспетчером аэропорта и пилотами самолетов. Помеха создается передатчиком аналогичной службы, удаленной от передатчика полезного сигнала на расстоянии примерно 640 км.

10. Рассмотреть качественные характеристики радиотелефонного приемника ОВЧ наземной подвижной службы при работе в пределах зоны действия передающей станции (радиуса 80 км) путем имитационного моделирования, численного моделирования оценки электромагнитных помех от мешающих сигналов (от передатчика РЛС наблюдения, от ТВ передатчика ОВЧ).

11. Определить условия индикации для случая взаимодействия двух РЛС наблюдения аэропорта, расположенных в пределах прямой видимости на расстоянии 16 км друг от друга, при соответствующих рабочих частотах каждой РЛС (1280 и 1300 МГц) и одинаковых остальных параметрах путем имитационного моделирования, численного моделирования оценки уровня порога восприимчивости приемника РЛС и среднеквадратического отклонения порога восприимчивости.

12. Определить путем имитационного моделирования, численного моделирования, имитационного моделирования уменьшение дальности действия РЛС наблюдения, предназначенной для работы в L-диапазоне ($f=1$ ГГц) с дальностью 160 км, если она находится вблизи (на расстоянии 0,16 км) передатчика непрерывных немодулированных колебаний мощностью 1 кВт, работающего у той же полосы, в зависимости от ухудшения чувствительности приемника.

13. Рассчитать путем имитационного моделирования, численного моделирования среднее значение мощности $P_T(f_{OT})$ и среднеквадратическое отклонение $s_T(f_{OT})$ основного излучения трех связных передатчиков СВЧ одного типа, работающих в диапазоне частот 225...400 МГц с номинальной мощностью $P_M=100_{\text{Вт}}$ (50 дБм).

14. Пусть передатчик обзорной РЛС работает на частоте 1 ГГц, а СВЧ связной приемник – на частоте 2,3 ГГц.

Рассчитать путем имитационного моделирования, численного моделирования вероятность того, что паразитное излучение передатчика попадает в полосу пропускания приемника, равную 10 МГц.

15. При соответствующих исходных параметров передатчика РЛС, самолетного приемника, передатчика аэропорта рассчитать путем имитационного моделирования, численного моделирования помехи самолетному навигационному приемнику, работающему на частоте $f_{OR}=1090$ МГц от передатчика РЛС, работающего на частоте $f_{OT}=22$ МГц при ситуации отстояния передатчика аэропорта от приемника самолета 66 км.

16. На основании исходных данных, предложенных преподавателем, источника помех и рецептора помех произвести расчет помех при распространении путем имитационного моделирования, численного моделирования, которые может создать передатчик ТРРЛ, работающий на частоте 1175 МГц, приемнику РЛС, настроенному на частоту 1289 МГц (комбинация ОО).

Пусть ТРРЛ обеспечивает передачу информации с помощью импульсно-кодовой модуляции (ИКМ) со скоростью 500 кБод. Передатчик ТРРЛ находится на расстоянии 161 км от указанного приемника, (вне прямой видимости). Объем пространства, рассеивающего энергию излучения передатчика, «виден» антенне РЛС при ее сканировании.

10 Методические рекомендации для обучающихся по освоению дисциплины

Приступая в 6 семестре к изучению дисциплины «Электромагнитная совместимость радиоэлектронных систем», студенту необходимо внимательно ознакомиться с тематическим планом занятий и списком рекомендованной литературы. Студенту следует уяснить, что уровень и глубина усвоения дисциплины зависят от его активной и систематической работы на лекциях и практических занятиях. В этом процессе важное значение имеет самостоятельная работа, направленная на вовлечение студента в самостоятельную познавательную деятельность с целью формирования самостоятельности мышления, способностей к профессиональному саморазвитию.

В начале 9 семестра студент выбирает тему курсовой работы в соответствии с правилом указанным в методическом пособии [1], согласовывает ее с преподавателем и приступает к самостоятельному выполнению, используя типовые примеры, а также консультации, которые преподаватель проводит один раз в неделю. Защита курсовой работы проводится в конце 6 семестра и оценивается согласно п. 9.5.

В 6 семестре особое внимание уделяется развитию способностей студента в решении нестандартных задач на основе ранее изученного материала. В конце 6 семестра проводится промежуточная аттестация в форме экзамена.

При проведении всех видов занятий основное внимание уделяется рассмотрению принципов построения, работы, анализу радиоэлектронных систем и их элементов, а также места применения изучаемого материала в системе радиотехнического обеспечения полетов воздушных судов.

Теоретическая подготовка студентов по дисциплине обеспечивается на лекциях. На лекциях обучаемым даются систематизированные основы научных знаний по состоянию и основным научно-техническим проблемам развития радиоэлектронных систем.

Задачами лекций являются:

- ознакомление обучающихся с целями, задачами и структурой дисциплины «Электромагнитная совместимость радиоэлектронных систем», ее местом в системе наук и связями с другими дисциплинами;
- краткое, но по существу, изложение комплекса основных научных понятий, подходов, методов, принципов данной дисциплины;
- краткое изложение наиболее существенных положений, раскрытие особенно сложных, актуальных вопросов, освещение дискуссионных проблем;
- определение перспективных направлений дальнейшего развития научного знания в области авиационных радиотехнических цепей.

Значимым фактором полноценной и плодотворной работы обучающегося на лекции является культура ведения конспекта. Для повышения эффективности лекционных занятий рекомендуется до начала занятий самостоятельно провести предварительное ознакомление с материалом предстоящей лекции по пособию [1] и оформить краткий предварительный конспект.

Теоретические положения, излагаемые в лекциях, иллюстрируются примерами их практической реализации в радиоэлектронных системах и средствах авиационной электросвязи и передачи данных. Для облегчения восприятия студентом сложного и разнообразного материала рекомендуется изучение новых разделов курса начинать с краткого введения, в котором устанавливается связь с предыдущими и смежными дисциплинами учебного плана.

Входной контроль в форме устного опроса преподаватель проводит в начале изучения каждой новой темы.

Проведение практических занятий осуществляется после прочтения на лекциях соответствующего теоретического материала, и служит средством закрепления полученных знаний и формирования навыков и умений инженерных исследований. Практические занятия призваны обеспечить получение студентами практических навыков и умений по проведению инженерных расчетов, а также изучение методов построения и расчета характеристик радиоэлектронных систем и их элементов.

На практических занятиях отрабатываются решения расчетных/логических задач и ситуационных по материалу изучаемой дисциплины. Осваиваются методы аналитического решения расчетных/логических задач и вырабатываются навыки использования имитационного и численного моделирования ситуационных задач. Значительная часть практических занятий связана с приростом компетенций в использовании цифровых технологий в контексте цифровой трансформации профессиональной деятельности.

Все виды учебных занятий проводятся с активным использованием технических средств обучения и имеющихся в наличии образцов.

Изучение дисциплины построено таким образом, чтобы обеспечивалось наилучшее усвоение материала.

На самостоятельное изучение выносятся наиболее простые вопросы изучаемых тем. Самостоятельное изучение позволяет привить навык поиска интересных вопросов в источниках, в том числе и дополнительных.

Самостоятельная работа обучающегося весьма многообразна и содержательна. Она включает следующие виды работы (п. 5.6):

- самостоятельный поиск, анализ информации и проработка учебного материала;
- подготовку к устному опросу (перечень типовых вопросов для текущего контроля в п. 9.6);
- выполнение курсовой работы (темы курсовой работы в п. 9.3).

Итоговый контроль знаний студентов по темам дисциплины проводится в формах защиты курсовой работы и выполнения заданий практических занятий, а по семестру – в виде экзамена. Перечень вопросов для экзамена по дисциплине «Электромагнитная совместимость радиоэлектронных систем» приведен в п. 9.6. Оценочная шкала для курсовой работы описана в п. 9.5.

Рабочая программа дисциплины составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по специальности 25.05.05 «Эксплуатация воздушных судов и организация воздушного движения» специализации «Организация радиотехнического обеспечения полетов воздушных судов».

Программа рассмотрена и утверждена на заседании кафедры Радиозлектронных систем (№12) «25» мая 2021 года, протокол №8.

Разработчик:

К.т.н.  Максимов В.А.
(ученая степень, ученое звание, фамилия и инициалы разработчика)

Заведующий кафедрой радиозлектронных систем (№12)

Д.т.н., с.н.с.  Кудряков С.А.
(ученая степень, ученое звание, фамилия и инициалы заведующего кафедрой)

Программа согласована:

Руководитель ОПОП

Д.т.н., с.н.с.  Кудряков С.А.
(ученая степень, ученое звание, фамилия и инициалы руководителя ОПОП)

Программа рассмотрена и одобрена на заседании Учебно-методического совета Университета « 16 » июня 2021 года, протокол № 7 .