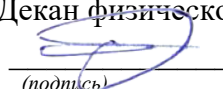


**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**

**Ярославский государственный университет им. П.Г. Демидова**

Кафедра интеллектуальных информационных радиофизических систем

**УТВЕРЖДАЮ**

Декан физического факультета  
  
(подпись) И.С. Огнев

«17» мая 2022 г.

**Рабочая программа дисциплины  
«Электромагнитная совместимость»**

Направление подготовки  
03.04.03 Радиофизика

Направленность (профиль)  
Информационные процессы и системы

Форма обучения  
очная

Программа одобрена  
на заседании кафедры  
от «28» апреля 2022 года, протокол № 3

Программа одобрена НМК  
физического факультета  
протокол № 5 от «11» мая 2022 года

Ярославль

## 1. Цели освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины являются: формирование способности ставить и решать задачи в области электромагнитной совместимости (ЭМС) инфокоммуникационных и радиотехнических устройств и систем, а именно задачи прогнозирования, оценки и обеспечения электромагнитной совместимости существующих и перспективных устройств и систем.

Задачи курса – способствовать формированию у студентов умений формулировать и решать задачи в области электромагнитной совместимости с учётом требований нормативных документов, учитывать вопросы ЭМС при проектировании устройств различного назначения. Курс знакомит с основными понятиями и нормативной базой в области ЭМС, параметрами ЭМС передатчиков и приёмников различного назначения, методами оценки, прогнозирования и обеспечения электромагнитной совместимости устройств и систем.

## 2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина относится части Блока 1, формируемой участниками образовательных отношений, является обязательной и требует знаний, умений и навыков в объёме бакалаврской программы направлений «Радиофизика», «Инфокоммуникационные технологии и системы связи», «Радиотехника» или родственных. Знания, умения и навыки, полученные при изучении дисциплины, используются студентами в ходе научной работы магистрантов и практик.

## 3. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения ОП магистратуры

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих элементов компетенций в соответствии с ФГОС ВО, ОП ВО и приобретения следующих знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности:

Формируемая компетенция (код и формулировка)	Индикатор достижения компетенции (код и формулировка)	Перечень планируемых результатов обучения
<b>Профессиональные компетенции</b>		
ПК-1 Способен проводить обзор и анализ современных достижений науки, самостоятельно собирать и анализировать исходные данные в том числе с использованием передовых ИКТСС, формулировать задачи профессиональной деятельности для достижения поставленной цели.	ИД_ПК-1.1 Осуществляет работу с современными источниками научно-технической информации, в том числе с использованием ИКТСС	<b>Знать:</b> – параметры ЭМС передатчиков и приёмников; – методы оценки ЭМС. <b>Уметь:</b> – находить и анализировать нормативные документы в области ЭМС.
	ИД_ПК-1.2 Самостоятельно осуществляет анализ исходных данных для постановки задач профессиональной деятельности	<b>Уметь:</b> – применять нормативы в области ЭМС систем различного назначения.
	ИД_ПК-1.3 Самостоятельно формулирует задачи	<b>Уметь:</b> – формулировать и решать задачи в области ЭМС.

Формируемая компетенция (код и формулировка)	Индикатор достижения компетенции (код и формулировка)	Перечень планируемых результатов обучения
	профессиональной деятельности	<b>Владеть:</b> – навыками определения путей обеспечения ЭМС в современных и перспективных системах различного назначения.

#### 4. Объем, структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных единицы, 108 акад. часов.

Дисциплина реализуется с применением дистанционных образовательных технологий (ДОТ), предоставляемых электронной образовательно-информационной средой ЯрГУ им. П.Г. Демидова – Moodle ЯрГУ.

Отдельные элементы курса проводятся в дистанционной форме в рамках электронного учебного курса «Электромагнитная совместимость» в Moodle ЯрГУ.

№ п/п	Темы (разделы) дисциплины, их содержание	Семестр	Виды учебных занятий, включая самостоятельную работу студентов, и их трудоемкость (в академических часах)						Формы текущего контроля успеваемости  Форма промежуточной аттестации (по семестрам)  Формы ЭО и ДОТ (при наличии)
			Контактная работа					самостоятельная работа	
			лекции	практические	лабораторные	консультации	аттестационные испытания		
1	Основные понятия в области ЭМС	3	2	2		1		2	Домашняя работа №1, контрольная работа
	в том числе с ЭО и ДОТ					1		1	Сдача домашней работы в ЭУК в Moodle ЯрГУ
2	Параметры ЭМС передатчиков различного назначения	3	2	3		1		4	Домашняя работа №2, контрольная работа
	в том числе с ЭО и ДОТ					1		2	Сдача домашней работы в ЭУК в Moodle ЯрГУ
3	Параметры ЭМС приёмников различного назначения.	3	2	3		1		4	Домашняя работа №3, контрольная работа
	в том числе с ЭО и ДОТ					1		2	Сдача домашней работы в ЭУК в Moodle ЯрГУ
4	Оценка ЭМС	3	9	7		1		15	Домашняя работа №4, контрольная работа
	в том числе с ЭО и ДОТ					1		7	Сдача домашней работы в ЭУК в Moodle ЯрГУ
5	Обеспечение ЭМС	3	3	3		1		6	Домашняя работа №5, контрольная работа
	в том числе с ЭО и ДОТ					1		3	Сдача домашней работы в ЭУК в Moodle ЯрГУ

		3			2	0,5	33,5	экзамен
	<i>в том числе с ЭО и ДОТ</i>				2		15	<i>При подготовке к экзамену: тест в ЭУК в Moodle ЯрГУ</i>
	<b>Всего в 3 семестре 108 час</b>		<b>18</b>	<b>18</b>	<b>7</b>	<b>0,5</b>	<b>64,5</b>	
	<i>в том числе с ЭО и ДОТ</i>				7		30	
	<b>ИТОГО</b>		<b>18</b>	<b>18</b>	<b>7</b>	<b>0,5</b>	<b>64,5</b>	
	<i>в том числе с ЭО и ДОТ</i>				7		30	

## Содержание разделов дисциплины

### Тема №1

#### Основные понятия в области ЭМС

Понятие ЭМС. Электромагнитная обстановка. Непреднамеренные помехи. Радиочастотный ресурс и регламент радиосвязи. помехоустойчивость и помехозащищённость устройств. Классификация типов ЭМС. Основные задачи ЭМС. Характеристики и параметры ЭМС. Критерии ЭМС. Исходные данные к задачам обеспечения ЭМС на различных этапах разработки устройств. Общая характеристика способов обеспечения ЭМС. Законодательство РФ и зарубежных стран в области ЭМС. Органы стандартизации в области ЭМС. Основные нормативы ЭМС. Процедура сертификации оборудования по ЭМС. Испытательные центры и лаборатории РФ.

### Тема №2

#### Параметры ЭМС передатчиков различного назначения

Общая характеристика излучения передатчиков. Основные модели аппроксимации характеристик передатчиков. Типичные значения параметров ЭМС передатчиков различного назначения, в том числе передатчиков систем связи, радиолокации, навигации. Нормативы ЭМС для передатчиков различного назначения. Аттестация передатчиков на соответствие нормам ЭМС.

### Тема №3

#### Параметры ЭМС приёмников различного назначения

Общая характеристика приёмников с точки зрения ЭМС. Основные модели аппроксимации характеристик приёмников. Типичные значения параметров ЭМС приёмников различного назначения, в том числе приёмников систем связи, радиолокации, навигации. Нормативы ЭМС для характеристик приёмников различного назначения. Аттестация приёмников на соответствие нормам ЭМС.

### Тема №4

#### Оценка ЭМС

Частотно-временная матрица помех. Амплитудная оценка помеховой обстановки. Учёт частотного разноса помехи и канала приёма. Учёт пространственного наведения антенн и поляризационного рассогласования. Критерии ЭМС. Интегральный критерий ЭМС. Статистические характеристики устройств с точки зрения ЭМС. Получение статистических критериев ЭМС. Пороговая область, надпороговая, подпороговая области. Вероятности превышения помехами заданных уровней. Установление соответствия критериям ЭМС. Анализ эффектов воздействия помех.

*Тема №5*  
**Обеспечение ЭМС**

Частотно-территориальное планирование. Поляризация отстройки. Экранирование. Заземление. Фильтрация. Оценка эффективности этих мер применительно к системам различного назначения.

**5. Образовательные технологии, в том числе технологии электронного обучения и дистанционные образовательные технологии, используемые при осуществлении образовательного процесса по дисциплине**

В процессе обучения проводятся лекции и практические занятия, в ходе которых используются следующие типы занятий и образовательные технологии.

1) **Вводная лекция** - ориентирует студента в системе изучения данной дисциплины. Студенты знакомятся с назначением и задачами курса, его ролью и местом в системе учебных дисциплин и в системе подготовки в целом. Дается краткий обзор курса, история развития науки и практики, достижения в этой сфере, имена известных ученых, излагаются перспективные направления исследований. На этой лекции высказываются методические и организационные особенности работы в рамках данной дисциплины, а также дается анализ рекомендуемой учебно-методической литературы.

2) **Академическая лекция** (или лекция общего курса) – последовательное изложение материала, осуществляемое преимущественно в виде монолога преподавателя. Требования к академической лекции: современный научный уровень и насыщенная информативность, убедительная аргументация, доступная и понятная речь, четкая структура и логика, наличие ярких примеров, научных доказательств, обоснований, фактов.

3) **Практическое занятие** – занятие, посвященное освоению конкретных умений и навыков и закреплению полученных на лекции знаний.

Задействованы:

- коллективная мыслительная деятельность, в т.ч. мозговой штурм;
- анализ конкретных ситуаций.

4) **Консультации** – групповые занятия, являющиеся одной из форм контроля самостоятельной работы студентов. На консультациях по просьбе студентов рассматриваются наиболее сложные моменты в решении задач, которые возникают у них в процессе самостоятельной работы, обсуждаются результаты заданий, выполненных студентами самостоятельно.

5) **Асинхронная консультация** (в рамках онлайн курса) – занятие по окончании модуля, на котором проводится консультация по изученному материалу, формам заданий текущего контроля, ответы на вопросы студентов по дисциплине.

6) **Контрольная работа** – письменное решение задач, аналогичных отработанным ранее в ходе практических занятий и самостоятельной работы.

В процессе обучения используются следующие технологии электронного обучения и дистанционные образовательные технологии:

**Электронный учебный курс «Современные проблемы радиопизики» в LMS Электронный университет Moodle ЯрГУ**, в котором:

- представлены задания для самостоятельной работы обучающихся по темам дисциплины и организован сбор выполненных домашних работ;
- осуществляется проведение отдельных мероприятий текущего контроля успеваемости студентов;
- представлены презентации и записи лекций по отдельным темам дисциплины;
- представлены правила прохождения промежуточной аттестации по дисциплине;

- представлен список учебной литературы, рекомендуемой для освоения дисциплины;
- представлена информация о форме и времени проведения консультаций по дисциплине в режиме онлайн;
- посредством форума осуществляется синхронное и (или) асинхронное взаимодействие между обучающимися и преподавателем в рамках изучения дисциплины.

#### **6. Перечень лицензионного и (или) свободно распространяемого программного обеспечения, используемого при осуществлении образовательного процесса по дисциплине**

В процессе осуществления образовательного процесса по дисциплине используются:

для формирования материалов для текущего контроля успеваемости и проведения промежуточной аттестации, для формирования методических материалов по дисциплине:

- программы Microsoft Office;
- Adobe Acrobat Reader.

#### **7. Перечень современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (при необходимости)**

В процессе осуществления образовательного процесса по дисциплине используются:

Автоматизированная библиотечно-информационная система «БУКИ-NEXT»  
[http://www.lib.uniyar.ac.ru/opac/bk\\_cat\\_find.php](http://www.lib.uniyar.ac.ru/opac/bk_cat_find.php)

СПС «Консультант-плюс»: <http://www.consultant.ru/>

СПС «Гарант»: <http://www.garant.ru/>

#### **8. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» (при необходимости), рекомендуемых для освоения дисциплины**

##### **а) основная литература:**

1. Ярмоленко В. И. Электромагнитная совместимость радиотехнических и телекоммуникационных систем: учеб. пособие для вузов / В. И. Ярмоленко, А. Л. Приоров; Яросл. гос. ун-т им. П. Г. Демидова, Науч.-метод. совет ун-та - Ярославль: ЯрГУ, 2005. - 171 с.  
[http://www.lib.uniyar.ac.ru/opac/bk\\_cat\\_card.php?rec\\_id=350939&cat\\_cd=YARSU](http://www.lib.uniyar.ac.ru/opac/bk_cat_card.php?rec_id=350939&cat_cd=YARSU)  
<http://www.lib.uniyar.ac.ru/edocs/iuni/20050707.pdf> (электронный вариант)
2. Артемова Т. К. Электромагнитная совместимость: задачник [Электронный ресурс] / Т. К. Артемова, А. С. Гвоздарев; Н. И. Фомичев, Яросл. гос. ун-т им. П. Г. Демидова, Науч.-метод. совет ун-та - Ярославль: ЯрГУ, 2012. - 55 с.  
<http://www.lib.uniyar.ac.ru/edocs/iuni/20110717.pdf>

##### **б) дополнительная литература:**

1. Геворкян, В. М. Электромагнитная совместимость электронных информационных систем. В 2 ч. Ч. 1. Общие вопросы электромагнитной совместимости технических средств: учеб. Пособие [Электронный ресурс] / Геворкян В. М. - Москва: МЭИ, 2021. - URL: <https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785383014608.html>
2. Геворкян, В. М. Электромагнитная совместимость электронных информационных систем. В 2 ч. Ч. 2. Электромагнитная совместимость систем цифровой обработки и передачи данных: учеб. пособие [Электронный ресурс] / Геворкян В. М.; под ред.

- Ю. А. Казанцева. - Москва: МЭИ, 2021. - URL:  
<https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785383014615.html>
3. Шапиро Д. Н. Электромагнитное экранирование. / Д. Н. Шапиро. - Долгопрудный: Интеллект, 2010. - 116 с.

**в) ресурсы сети «Интернет»**

1. Электронная библиотека учебных материалов ЯрГУ ([http://www.lib.uniyar.ac.ru/opac/bk\\_cat\\_find.php](http://www.lib.uniyar.ac.ru/opac/bk_cat_find.php)).
2. Интернет-версия справочной системы «Гарант» <http://www.garant.ru/>
3. Интернет-версия справочной системы «Консультант-плюс» <http://www.consultant.ru/>
4. Официальный сайт ФГУП «Главный радиочастотный центр» <https://grfc.ru/grfc/>

**9. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине**

Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине включает в свой состав специальные помещения:

- учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа и практических занятий (семинаров);
- учебные аудитории для проведения групповых и индивидуальных консультаций,
- учебные аудитории для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации;
- помещения для самостоятельной работы;
- помещения для хранения и профилактического обслуживания технических средств обучения.

Специальные помещения укомплектованы средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду организации.

Число посадочных мест в аудитории для практических занятий (семинаров) равно списочному составу группы обучающихся.

Автор:

Доцент кафедры инфокоммуникаций и  
радиофизики, к.ф.-м.н.

*должность, ученая степень*

*подпись*

Т.К. Артёмова

*И.О. Фамилия*

**Приложение №1 к рабочей программе дисциплины  
«Электромагнитная совместимость»**

**Фонд оценочных средств  
для проведения текущего контроля успеваемости  
и промежуточной аттестации студентов  
по дисциплине**

**1. Типовые контрольные задания и иные материалы,  
используемые в процессе текущего контроля успеваемости**

**Задания для самостоятельной работы**  
*(данные задания выполняются студентом самостоятельно  
и преподавателем в обязательном порядке не проверяются)*

**Задания по теме №1 «Основные понятия в области ЭМС» – Домашнее задание №1**  
*(7 баллов)*

*(проверка сформированности ПК-1, индикатор ИД\_ПК1\_1)*

1. Выбрать две системы передачи информации различного назначения, ЭМС которых будете в дальнейшем оценивать. Назвать эти системы.
2. Найти номера и наименования нормативов в области ЭМС для этих систем, включая нормативы межсистемной, внутрисистемной и внутриаппаратурной ЭМС, включая нормативы испытаний на соответствие ЭМС.
3. Отобразить результаты в виде трёх таблиц: ЭМС системы 1, ЭМС системы 2, межсистемная ЭМС, левый столбец – порядковый номер норматива, следующий – буквенно-числовое обозначение норматива, правый – наименование норматива.

*Следующие задания формируют и проверяют сформированность ПК-1, индикаторы  
ИД\_ПК1\_1, ИД\_ПК1\_2, ИД\_ПК1\_3*

**Задания по теме №2 «Параметры ЭМС передатчиков различного назначения» –  
Домашнее задание №2 (55 баллов)**

1. Решить задачи 1.8 – 1.23 из задачника, рекомендованного в списке литературы.  
*(48 баллов)*
2. Ознакомиться с требованиями нормативов, найденных в ходе выполнения домашнего задания №2, и заполнить для выбранных систем/устройств формы «ИД-» для ГКРЧ в части параметров передатчиков. Форму взять с сайта ГКРЧ.  
*(7 баллов)*

**Задания по теме №3 «Параметры ЭМС приёмников различного назначения» –  
Домашнее задание №3 (64 балла)**

1. Решить задачи 4.2 – 4.20 из задачника, рекомендованного в списке литературы.  
*(57 баллов)*
2. Ознакомиться с требованиями нормативов, найденных в ходе выполнения домашнего задания №2, и заполнить для выбранных систем/устройств формы «ИД-» для ГКРЧ в части параметров приёмников. *(7 баллов)*

**Задания по теме №4 «Оценка ЭМС» – Домашнее задание №4 (175 баллов)**

1. Решить задачи 4.21 – 4.24, 5.1 – 5.29, 6.1 – 6.16 из задачника, рекомендованного в списке литературы. *(147 баллов)*



2. Сформулировать задачу оценки ЭМС выбранных двух систем и перечислить этапы её решения. (7 баллов)
3. Построить набор частот, выделенных для анализа ЭМС на трёх уровнях – межсистемный, внутрисистемный, внутриаппаратурный. (7 баллов)
4. Провести амплитудную оценку ЭМС. (7 баллов)
5. Проанализировать и описать возможные возникающие эффекты воздействия помех. (7 баллов)

**Задания по теме №5 «Обеспечение ЭМС» – Домашнее задание №5 (56 баллов)**

1. Решить задачи 7.1 – 7.14 из задачника, рекомендованного в списке литературы. (42 балла)
2. Предложить способы обеспечения ЭМС в выбранной задаче на всех трёх уровнях (если ЭМС нет). (7 баллов)
3. Проанализировать по одному способу для каждого из уровней ЭМС более детально – решение, его особенности, ожидаемый эффект. (7 баллов)

**Критерии оценивания задач  
в рамках выполнения п. 1 домашних работ №2-5**

По каждому заданию оценивается соответствие нижеследующим критериям, по результатам присваиваются баллы:

полное соответствие	– 3 балла,
с незначительными недостатками	– 2 балла,
с существенными недостатками	– 1 балл,
не соответствует или задание не выполнено	– 0 баллов.

Показатели	Критерии
Формулы	Корректные, в стандартных обозначениях или обозначения раскрыты
Ход решения	Имеется не только правильный ответ с правильными единицами измерения (для размерных величин), но и приводящие к ответу выкладки или критерии
Объяснения	Развёрнутые, корректные ответы на все вопросы, с отсылками к наименованиям и формулировкам законов, указанием методов, аргументация логичная.
Графики (если необходимо)	Верный вид зависимости, по осям указаны аргумент и имя функции со своими единицами, есть шкалы на осях, нанесены контрольные метки, соответствующие заданию.
Схемы (если необходимо)	Представлен правильный набор элементов или блоков в стандартных обозначениях, правильно соединённых друг с другом, указаны их номиналы (если это возможно по имеющимся данным), указаны места соединения или шины

**Критерии оценивания элементов единого расчётного задания по оценке ЭМС в домашних работах №1-5 (ДР №1 и п. 2 и последующие в ДР №2-5)**

Показатели	Критерии		
	Пороговый уровень (на «удовлетворительно»)	Продвинутый уровень (на «хорошо»)	Высокий уровень (на «отлично»)
Полнота	Выполнено около половины задания	Выполнено не менее $\frac{3}{4}$ задания	Задание выполнено полностью
Точность	Хотя бы половина	Задание выполнено не	Задание выполнено

Показатели	Критерии		
	Пороговый уровень (на «удовлетворительно»)	Продвинутый уровень (на «хорошо»)	Высокий уровень (на «отлично»)
(правильность) выполнения	задания выполнена верно	более, чем с двумя ошибками	без ошибок или с 1 ошибкой
Наличие ссылок и формул (если необходимо)	формулы верные хотя бы для половины расчётов	Ссылки имеются, в формулах допустимы не более двух ошибок	Ссылки имеются, формулы верные
Баллы за задание	3-4	5	6-7

Если задание выполнено на уровне ниже порогового, за него выставляются 0-2 балла в соответствии с вышеприведёнными критериями.

При расчёте баллов за домашнюю работу суммируются баллы за каждое задание.

Оценка за работу проставляется по количеству набранных баллов:

менее 60% от максимально возможного количества баллов – неудовлетворительно,  
 60-75% от максимально возможного количества баллов – удовлетворительно,  
 76-85% от максимально возможного количества баллов – хорошо,  
 86-100% от максимально возможного количества баллов – отлично.

### Контрольная работа

1. (6 баллов) Стационарный передатчик с номинальной мощностью 20 Вт и нестабильностью частоты  $10^{-4}$  работает на номинальной частоте  $f_0=1$  МГц. Девиация частоты сигнала составляет 100 кГц. Определите:

- номинальную мощность в дБм;
- присвоенную передатчику полосу частот.

2. (15 баллов) За пределами присвоенной полосы частот огибающую спектра излучения передатчика можно аппроксимировать двумя отрезками прямых линий – от граничной частоты до её второй декады – со скоростью спада 5 дБ/дек, на более удалённых частотах – со скоростью спада 10 дБ/дек.

- Изобразите эту огибающую;
- определите величину ослабления сигнала на частотах  $f_1$  (1-я декада правой граничной частоты) и  $f_2$  (3-я декада правой граничной частоты) по сравнению с номинальной мощностью передатчика.
- найдите величины частот  $f_1$  и  $f_2$  в МГц.

3. (18 баллов) Антенно-фидерный тракт передатчика включает: магистральный кабель длиной 20 м с погонным затуханием 0,01 дБ/м, 2 джампера с затуханием 0,2 дБ в каждом, сплиттер на 2 с дополнительными потерями 1 дБ (так что сигнал передатчика поступает сразу на 2 антенны – рассмотреть далее излучение только одной антенны). КСВн в АФТ равен 1,8. Определите:

- потери в магистральном кабеле;
- потери на рассогласование АФТ с антенной;
- суммарные потери в АФТ передатчика;
- мощность, поступающую в антенну передатчика в дБм на частотах  $f_0$ ,  $f_1$ ,  $f_2$ .

4. (9 баллов) Антенна передатчика имеет коэффициент усиления 15 дБ, примерно равномерную частотную характеристику для всех рассматриваемых частот и

ориентирована на точку приёма. Определите эффективно излучаемую этой антенной мощность в дБм на трёх частотах  $f_0$ ,  $f_1$ ,  $f_2$ .

5. (18 баллов) Приёмник находится на расстоянии 2 км от передатчика. Принимая, что можно использовать модель распространения в свободном пространстве, определить:

- а) потери на распространение сигнала на трассе на трёх частотах  $f_0$ ,  $f_1$ ,  $f_2$ ;
- б) уровень сигнала на входе приёмной антенны на трёх частотах  $f_0$ ,  $f_1$ ,  $f_2$ .

6. (9 баллов) Приёмная антенна с коэффициентом усиления 12 дБ ориентирована на передатчик. Определите мощность на выходе антенны на трёх частотах  $f_0$ ,  $f_1$ ,  $f_2$ .

7. (12 баллов) Антенно-фидерный тракт приёмника принять таким же, как у передатчика, за исключением сплиттера – 1 антенна работает на 1 приёмник. Определите:

- а) суммарные потери в АФТ приёмника;
- б) уровень сигнала на входе приёмника на трёх частотах  $f_0$ ,  $f_1$ ,  $f_2$ .

8. (27 баллов) Линейная часть стационарного приёмника имеет частотную характеристику полосового фильтра с центральной частотой  $f_0$  и полосой пропускания, достаточной для приёма сигнала передатчика, описанного выше; нестабильность частоты опорного генератора приёмника принять  $10^{-3}$ . За пределами граничной частоты ЧХ имеет вид (описываем правую часть): от граничной частоты до её третьей октавы – скорость спада составляет 4 дБ/окт, далее – 8 дБ/окт. Определите:

- а) полосу пропускания приёмника в МГц;
- б) частоты  $f_2$  и  $f_3$  в октавах правой граничной частоты приёмника;
- в) изобразите ЧХ линейной части приёмника;
- г) определите ослабление, вносимое избирательностью приёмника в сигнал на частотах  $f_2$  и  $f_3$ ;
- д) уровень сигнала на выходе линейной части приёмника на частотах  $f_0$ ,  $f_2$  и  $f_3$ .

9. (9 баллов) Чувствительность приёмника -105 дБм. Необходимое для обеспечения заданного качества соотношение сигнал/помеха в данной точке приёмника равно 10 дБ. Полагая сигнал на частоте  $f_0$  – полезным, а на частотах  $f_2$  и  $f_3$  – помехами, определить:

- а) какие из сигналов на частотах  $f_0$ ,  $f_2$  и  $f_3$  надо принять в рассмотрение при оценке ЭМС;
- б) отношение сигнал-помеха на частотах  $f_2$ ,  $f_3$ .

10. (6 баллов) Нелинейная высокочастотная часть приёмника аппроксимируется ВАХ третьей степени с коэффициентами 0,01; 0,1; 0,2; 0,001 при третьей, второй и т.д. степенях. Определите:

- а) напряжение, соответствующее чувствительности приёмника;
- б) величину коэффициента интермодуляции.

### **Критерии оценивания заданий контрольной работы**

Критерии оценивания выполнения каждого пункта заданий совпадают с критериями оценивания задач в домашних работах (см. выше).

При расчёте баллов за работу в целом суммируются баллы за каждый пункт заданий.

Оценка за работу проставляется по количеству набранных баллов:

менее 40% от максимально возможного количества баллов – неудовлетворительно,  
40-59% от максимально возможного количества баллов – удовлетворительно,  
60-75% от максимально возможного количества баллов – хорошо,  
76-100% от максимально возможного количества баллов – отлично.

## **2 Список вопросов и (или) заданий для проведения промежуточной аттестации**

### **Список вопросов к экзамену**

(экзамен выставляется по результатам выполнения домашних заданий, контрольной работы и ответов на два вопроса билета)

1. Понятие ЭМС. Электромагнитная обстановка. Непреднамеренные помехи. Радиочастотный ресурс и регламент радиосвязи. Помехоустойчивость и помехозащищённость устройств. Классификация типов ЭМС. Основные задачи ЭМС.
2. Характеристики и параметры ЭМС. Критерии ЭМС. Показатели качества устройств и различного назначения и их связь с электромагнитной обстановкой.
3. Исходные данные к задачам обеспечения ЭМС на различных этапах разработки устройств. Способы обеспечения ЭМС.
4. Законодательство РФ и зарубежных стран в области ЭМС. Органы стандартизации в области ЭМС. Основные нормативы ЭМС. Процедура сертификации оборудования по ЭМС. Испытательные центры и лаборатории РФ.
5. Классы, подклассы, виды помех. Классификация непреднамеренных помех.
6. Методы обеспечения параметров ЭМС по качеству электроэнергии. Нормативы качества электроэнергии в РФ. Проблемы ЭМС, вызываемые некачественным питанием.
7. Особенности передачи помех по цепям электропитания. Влияние конструкции и исполнения заземления на уровень помехозащищённости устройств. Параметры ЭМС цепей питания и заземления. Рекомендации по выполнению цепей заземления.
8. Характеристики основного и внеполосного излучений передатчиков. Параметры ЭМС передатчиков.
9. Основные модели аппроксимации характеристик передатчиков. Типичные значения параметров для основных телекоммуникационных систем.
10. Особенности помех в ближней и дальней зонах. Согласование источников со средой по электрическому и магнитному полю. Сложности защиты от магнитного поля.
11. Характеристики приёмника по различным каналам приёма.
12. Методы определения восприимчивости приёмника. Определение потенциальных угроз.
13. Влияние характеристик антенн на возможность обеспечения ЭМС.
14. Частотно-временная матрица помех. Амплитудная оценка помеховой обстановки.
15. Учёт частотного разнеса помехи и канала приёма.
16. Критерии ЭМС. Интегральный критерий ЭМС.
17. Статистические характеристики устройств с точки зрения ЭМС. Получение статистических критериев ЭМС. Пороговая область, надпороговая, подпороговая области. Вероятности превышения помехами заданных уровней.
18. Установление соответствия критериям ЭМС.

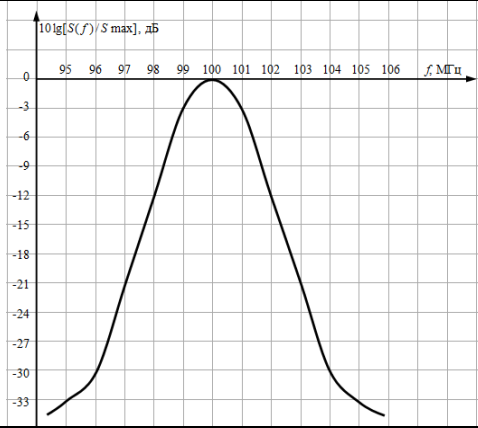
### Критерии оценивания ответов на вопросы билета

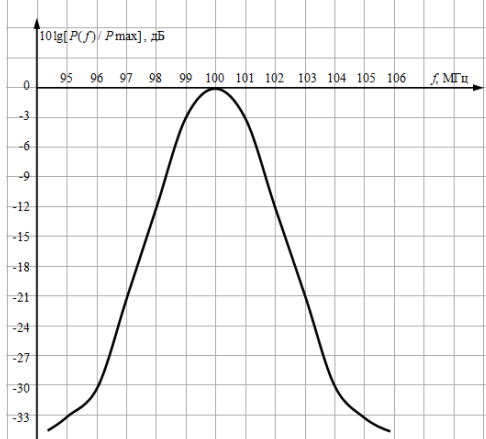
Критерий	Пороговый уровень (на «удовлетворительно»)	Продвинутый уровень (на «хорошо»)	Высокий уровень (на «отлично»)
Соответствие ответа вопросу	Хотя бы частичное ( <i>не относящееся к вопросу не подлежит проверке</i> )	Полное	Полное
Наличие примеров	Имеются отдельные примеры	Много примеров	Есть практически ко всем утверждениям

<b>Содержание ответа</b>	Понятийные вопросы изложены с классификациями, проблемные с постановкой проблемы и изложением различных точек зрения. Имеются ошибки или пробелы.	Ответ почти полный, без ошибок, не хватает отдельных элементов и тонкостей	Исчерпывающий полный ответ
--------------------------	---	--	----------------------------

**Примерные задания для тестового контроля или самоконтроля уровня сформированности компетенции при подготовке к экзамену, проводимого в ЭУК «Электромагнитная совместимость» в Moodle ЯрГУ**  
(приведено в формате, удобном для распечатки)  
На тест отводится не более 45 минут, 1 попытка.

*Впишите в правом столбце под номером букву, соответствующую верному из ответов*

<b>1. Основную форму огибающей спектра побочного излучения передатчика формируют</b> а) гармоники      б) шумы      в) интермодуляционное излучение      г) паразитное излучение	1
<b>2. Номинальная частота передатчика 100 МГц. При анализе ЭМС по нормам 18-07 принимают во внимание излучение</b> а) от 20 до 500 МГц      б) от 50 до 200 МГц      в) от 0,009 до 900 МГц      г) от 50 до 150 МГц	2
<b>3. Интермодуляционное излучение 3-го порядка передатчика с номинальной частотой 100 МГц под влиянием соседнего (с частотой 110 МГц) включает в себя</b> а) 10 МГц      б) 90 МГц      в) 210 МГц      г) 290 МГц	3
<b>4. Причина комбинационного излучения передатчика</b> а) статическое электричество      б) не прямой синтез сигнала в) влияние соседнего передатчика      г) параметрические явления	4
<b>5. Полоса частот в спектре излучения передатчика, содержащая заданную долю полной энергии</b> а) присваиваемая      б) необходимая      в) контрольная      г) занимаемая	5
<b>6. Полоса частот в спектре излучения передатчика, содержащая только спектр основного излучения</b> а) присваиваемая      б) необходимая      в) контрольная      г) занимаемая	6
<b>7. Полоса частот основного излучения подвижного передатчика, учитывающая эффект движения</b> а) присваиваемая      б) необходимая      в) контрольная      г) занимаемая	7
<b>8. Коэффициент прямоугольности АЧХ приёмника на рисунке равен</b> а) 10      б) 1,6      в) 4      г) 0,25	8
	
<b>9. Уровень побочного излучения, который не рекомендуется превышать для передатчиков с номинальной частотой 100 МГц по нормам 18-07</b> а) -20 дБ      б) -65 дБ      в) -43 дБ      г) -70 дБ	9
<b>10. Пятая гармоника в излучении передатчика гармонического сигнала с частотой 100 МГц</b> а) 20 МГц      б) 95 МГц      в) 105 МГц      г) 500 МГц	10
<b>11. Третья субгармоника в излучении передатчика гармонического сигнала с частотой</b>	11

<b>300 МГц</b>				
а) 100 МГц	б) 297 МГц	в) 303 МГц	г) 900 МГц	
<b>12. Контрольная ширина полосы частот излучения передатчика со спектром, приведённым на рисунке, равна</b> а) 2 МГц                                      б) 4 МГц в) 8 МГц                                      г) 10 МГц				12
				
<b>13. Качество радиотелефонного сигнала по пятибальной шкале должно составлять 4 или 5. При воздействии помехи оно составляет 3. Эта помеха</b> а) допустимая                              б) недопустимая                              в) приемлемая                              г) кратковременная				13
<b>14. Вероятность битовой ошибки не должна превышать <math>10^{-4}</math>. При воздействии помехи вероятность ошибки возрастает с <math>10^{-5}</math> до <math>5 \cdot 10^{-5}</math>.</b> а) допустимая                              б) недопустимая                              в) приемлемая                              г) кратковременная				14
<b>15. Помеха, возникающая в одних участках цепи при коммутации элементов в других участках</b> а) контактная, кондуктивная, узкополосная, внутренняя б) станционная, излучаемая, широкополосная, внешняя в) промышленная, кондуктивная, широкополосная, внутренняя г) промышленная, излучаемая, узкополосная, внешняя				15
<b>16. Помеха от соседнего мобильного телефона Вашему мобильному телефону</b> а) промышленная, кондуктивная, флуктуационная, внутрисистемная б) станционная, излучаемая, модулированная, межсистемная в) естественная, излучаемая, импульсная, внешняя г) станционная, излучаемая, импульсная, внутрисистемная				16
<b>17. Радиоизлучение Солнца – это помеха для мобильной связи</b> а) естественная, регулярная, модулированная б) естественная, нестационарная, флуктуационная в) промышленная, нерегулярная, флуктуационная г) контактная, непродолжительная, импульсная				17
<b>18. На одной опоре установлены антенны телевидения, радиовещания и подвижной радиосвязи. Говорят об ЭМС</b> а) межсистемной                              б) внутриаппаратурной                              в) полной                              г) внутрисистемной				18
<b>19. При нажатии на кнопку устройства создается помеха работе его индикатора состояния. Говорят об ЭМС</b> а) межсистемной                              б) внутриаппаратурной                              в) полной                              г) внутрисистемной				19
<b>20. Частота настройки супергетеродинного приёмника 100 МГц, зеркальная частота 101 МГц. Частота гетеродина и промежуточная частота равны</b> а) 99 МГц; 2 МГц                              б) 102 МГц; 1 МГц                              в) 101 МГц; 1 МГц                              г) 100,5 МГц; 500 кГц				20
<b>21. Частота настройки супергетеродинного приёмника 600 МГц, промежуточная частота 1 МГц. Частота нижнего гетеродина и зеркальная частота равны</b> а) 601 МГц; 602 МГц                              б) 600,5 МГц; 601 МГц                              в) 599 МГц; 598 МГц                              г) 599,5 МГц; 599 МГц				21
<b>22. У супергетеродинного приёмника частота настройки 100 МГц, зеркальная частота 101 МГц. Гармоническая помеха на частоте 201 МГц попадает на канал приёма</b> а) на гармонике основной частоты                              б) зеркальный в) на гармонике частоты гетеродина                              г) основной				22
<b>23. Частота настройки супергетеродинного приёмника 602 МГц, промежуточная частота</b>				23



Показатели	Критерии		
	Пороговый уровень (на «удовлетворительно»)	Продвинутый уровень (на «хорошо»)	Высокий уровень (на «отлично»)
Результаты теста при подготовке к экзамену	70-79	80-89	90-100
Средний по двум вопросам балл за ответы на вопросы билета	3-3,5	3,6-4,4	4,5-5

Оценка выставляется как среднее арифметическое оценок за компоненты: домашние работы, контрольная работа, тест, ответы на вопросы билета.

Если хотя бы одна из компонент выполнена на уровне ниже порогового или не выполнена, то выставляется оценка «неудовлетворительно».

При условии достижения высоких результатов при выполнении домашних заданий и теста – на уровне не менее 90% – эти результаты могут быть засчитаны как эквивалент ответа на вопросы билета, если контрольная работа выполнена и результат не ниже порогового.

Уровень сформированности компетенции ПК-1 по результатам освоения дисциплины рассчитывается как среднее арифметическое между уровнями выполнения отдельных составляющих оценки: домашние работы, контрольная работа, тест, ответы на вопросы билета.



## Приложение №2 к рабочей программе дисциплины «Электромагнитная совместимость»

### Методические указания для студентов по освоению дисциплины

Основной формой занятий по дисциплине являются практические занятия. На лекционных занятиях излагается необходимый минимум теоретических сведений, ставятся вопросы, на которые надо найти ответ самостоятельно, даются рекомендации по подбору литературы, даются отсылки к нормативной базе, а в ходе практических занятий отрабатываются полученные знания, разбираются практические ситуации, приобретаются практические знания по параметрам ЭМС различных конкретных инфокоммуникационных или радиотехнических систем.

Очень важно ознакомиться со всеми нормативными документами – ГОСТами и регламентами, т.к. они содержат много практических рекомендаций, в том числе прогнозированию, измерению ЭМС, аттестации различных устройств и систем на ЭМС, что является залогом их успешного функционирования. Отечественные нормативные документы следует искать в ИСС «Консультант-плюс», «Гарант».

Для успешного освоения дисциплины обязательно выполнение всех домашних заданий, включающих в себя как решение типичных задач в области ЭМС, так и выполнение единой за все работы расчётной «творческой работы» по анализу ЭМС выбранных систем.

Изучение дисциплины заканчивается экзаменом.

Оценка выставляется как среднее арифметическое оценок за компоненты: за домашние задания, за контрольную работу, тест в ЭУК в LMC Moodle ЯрГУ и ответы на два вопроса билета на экзамене. Критерии оценивания каждого из элементов в зависимости от уровня освоения смотрите в тексте рабочей программы, а также в электронном курсе «Электромагнитная совместимость» в Moodle ЯрГУ. Если хотя бы одна из компонент выполнена на уровне ниже порогового или не выполнена, то выставляется оценка «неудовлетворительно».

При условии достижения высоких результатов при выполнении домашних заданий и теста – на уровне не менее 90% – эти результаты могут быть засчитаны как эквивалент ответа на вопросы билета, если контрольная работа выполнена и результат не ниже порогового.

### Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов по дисциплине

Для самостоятельной работы рекомендуется использовать издания, указанные в списке основной и дополнительной литературы.

Для самостоятельного подбора литературы в библиотеке ЯрГУ рекомендуется использовать:

**1. Личный кабинет** ([http://lib.uniyar.ac.ru/opac/bk\\_login.php](http://lib.uniyar.ac.ru/opac/bk_login.php)) дает возможность получения on-line доступа к списку выданной в автоматизированном режиме литературы, просмотра и копирования электронных версий изданий сотрудников университета (учеб. и метод. пособия, тексты лекций и т.д.) Для работы в «Личном кабинете» необходимо зайти на сайт Научной библиотеки ЯрГУ с любой точки, имеющей доступ в Internet, в пункт меню «Электронный каталог»; пройти процедуру авторизации, выбрав вкладку «Авторизация», и заполнить представленные поля информации.

**2. Электронная библиотека учебных материалов ЯрГУ** ([http://www.lib.uniyar.ac.ru/opac/bk\\_cat\\_find.php](http://www.lib.uniyar.ac.ru/opac/bk_cat_find.php)) содержит более 2500 полных текстов учебных и учебно-методических материалов по основным изучаемым дисциплинам, изданных в университете. Доступ в сети университета, либо по логину/пароллю.

### **3. Электронная картотека «Книгообеспеченность»**

([http://www.lib.uniyar.ac.ru/opac/bk\\_bookreq\\_find.php](http://www.lib.uniyar.ac.ru/opac/bk_bookreq_find.php)) раскрывает учебный фонд научной библиотеки ЯрГУ, предоставляет оперативную информацию о состоянии книгообеспеченности дисциплин основной и дополнительной литературой, а также цикла дисциплин и специальностей. Электронная картотека «Книгообеспеченность» доступна в сети университета и через Личный кабинет.

**4. Электронные библиотечные системы**, на которые имеется подписка ЯрГУ, перечень см. [http://www.lib.uniyar.ac.ru/content/resource/net\\_res\(1\).php](http://www.lib.uniyar.ac.ru/content/resource/net_res(1).php)