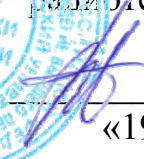


**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Воронежский государственный технический университет»



УТВЕРЖДАЮ  
Декан факультета  
радиотехники и электроники

 / В.А. Небольсин /  
«19» июня 2020 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**  
**дисциплины (модуля)**  
**Б1.В.ДВ.02.02 Электромагнитная совместимость приборов**

**Направление подготовки** 12.03.01 – Приборостроение

**Профиль** Приборостроение


**Квалификация выпускника** Бакалавр

**Нормативный период обучения** 4 года / 5 лет

**Форма обучения** Очная / Заочная

**Год начала подготовки** 2020 г.

Автор программы  /Ромашенко М.А./

И.о. заведующего кафедрой  
конструирования и производства  
радиоаппаратуры  /Башкиров А.В./

Руководитель ОПОП  /Муратов А.В./

**Воронеж 2020**

## **1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **1.1. Цели дисциплины**

Ознакомить студента с методами и средствами обеспечения электромагнитной совместимости (ЭМС) при конструировании приборов, приобретение компетенций для решения задач надежного функционирования в условиях действия на аппаратуру преднамеренных и непреднамеренных электромагнитных помех и работы аппаратуры в сложных электромагнитных средах.

### **1.2. Задачи освоения дисциплины**

В результате освоения дисциплины студент должен:

знать: содержание проблемы ЭМС приборов, перспективные методы обеспечения ЭМС на стадии концепции и создания элементов и узлов приборов, технические средства обеспечения ЭМС, номенклатуру помехоподавляющих компонентов; методики оценки показателей ЭМС в приборах, основные сведения в области испытаний и измерений в области ЭМС, стандарты и нормативно-техническую документацию в области ЭМС и функциональной безопасности;

уметь: проводить анализ элементов и узлов приборов на соответствие требованиям ЭМС, проводить конструкторские расчеты уровней помех в элементах приборов, разрабатывать рекомендации по повышению помехозащищенности электронных средств и снижению уровня помехоэмиссии от них;

иметь навыки (приобрести опыт) экспериментальных исследований элементов и узлов приборов для определения их помехоустойчивости и помехозащищенности, написания программ испытаний и отчетов об их проведении, отладки элементов и узлов приборов по параметрам ЭМС и функциональной безопасности.

## **2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП**

Дисциплина «Электромагнитная совместимость приборов» относится к дисциплинам учебного плана из части, формируемой участниками образовательных отношений. Дисциплина изучается в третьем семестре.

## **3. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

Процесс изучения дисциплины «Электромагнитная совместимость приборов» направлен на формирование следующих компетенций:

ПК-5 - способность выполнять математическое моделирование процессов и объектов на базе стандартных пакетов автоматизированного проектирования и исследований.

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции
ПК-5	<p>знать</p> <p><i>содержание проблемы ЭМС приборов, перспективные методы обеспечения ЭМС на стадии концепции и создания элементов и узлов приборов, технические средства обеспечения ЭМС, номенклатуру помехоподавляющих компонентов; методики оценки показателей ЭМС в приборах, основные сведения в области испытаний и измерений в области ЭМС, стандарты и нормативно-техническую документацию в области ЭМС и функциональной безопасности</i></p>
	<p>уметь</p> <p><i>проводить анализ элементов и узлов приборов на соответствие требованиям ЭМС, проводить конструкторские расчеты уровней помех в элементах приборов, разрабатывать рекомендации по повышению помехозащищенности электронных средств и снижению уровня помехоэмиссии от них</i></p>
	<p>владеть</p> <p><i>экспериментальными исследованиями элементов и узлов приборов для определения их помехоустойчивости и помехозащищенности, написания программ испытаний и отчетов об их проведении, отладки элементов и узлов приборов по параметрам ЭМС и функциональной безопасности</i></p>

#### 4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Общая трудоемкость дисциплины «Электромагнитная совместимость приборов» составляет 6 зачетных единиц.

Распределение трудоемкости дисциплины по видам занятий

Очная форма обучения

Вид учебной работы	Всего часов	Семестр
		3
<b>Аудиторные занятия (всего)</b>	<b>90</b>	<b>90</b>
В том числе:		
Лекции	36	36
Практические занятия (ПЗ)	18	18

Лабораторные работы (ЛР)	36	36
<b>Самостоятельная работа</b>	<b>90</b>	<b>90</b>
Курсовой проект		+
Контроль	36	36
Вид промежуточной аттестации – экзамен		+
Общая трудоемкость	час	<b>216</b>
	зач. ед.	<b>216</b>
	6	6

#### Заочная форма обучения

Вид учебной работы	Всего часов	Год обучения
		3
<b>Аудиторные занятия (всего)</b>	<b>20</b>	<b>20</b>
В том числе:		
Лекции	8	8
Практические занятия (ПЗ)	4	4
Лабораторные работы (ЛР)	8	8
<b>Самостоятельная работа</b>	<b>187</b>	<b>187</b>
Курсовой проект		+
Контроль	9	9
Вид промежуточной аттестации – экзамен		+
Общая трудоемкость	час	<b>216</b>
	зач. ед.	<b>216</b>
	6	6

## 5. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

#### Очная форма обучения

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Семестр	Вид учебной нагрузки и их трудоемкость в часах				
			Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	СРС	Всего часов
1	Введение. Основные понятия, термины и определения в области ЭМС	3	2	1	2	6	
2	Нормативно-техническая документация в области ЭМС и функциональной безопасности. Международная система стандартизации. Сертификация продукции.	3	2	1	2	6	
3	Источники и рецепторы помех. Механизм передачи помех.	3	2	1	2	6	
4	Межсистемная ЭМС. Параметры	3	2	1	2	6	

	передатчиков и приемников, влияющие на параметры ЭМС.						
5	Распределение частот. Международные таблицы распределения частот.	3	2	1	2	6	
6	Спектральные характеристики сигналов. Особенности цифровых сигналов.	3	2	1	2	6	
7	Внутрисистемная ЭМС. Особенности создания помехозащищенной аппаратуры.	3	2	1	2	6	
8	Неидеальное поведение компонентов	3	2	1	2	6	
9	Провода и кабели в конструкциях приборов	3	2	1	2	6	
10	Целостность сигнала как задача обеспечения ЭМС	3	2	1	2	6	
11	Понятие линии передачи. Модель элементарного отрезка. Помехи в печатном монтаже. Помехи по шинам питания и заземления	3	4	2	4	6	
12	Экранирование и заземление, экранирование статических полей, электродинамическое экранирование	3	4	2	4	6	
13	Фильтрация помех и ограничители перенапряжений	3	4	2	4	6	
14	Защита от электростатического разряда	3	2	1	2	6	
15	Испытания и измерения в области ЭМС	3	2	1	2	6	
<b>Итого</b>			<b>36</b>	<b>18</b>	<b>36</b>	<b>90</b>	<b>216</b>

### Заочная форма обучения

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Семестр	Вид учебной нагрузки и их трудоемкость в часах				
			Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	СРС	Всего часов
1	Введение. Основные понятия, термины и определения в области ЭМС	4	0,5	0,25	0,5	12	
2	Нормативно-техническая документация в области ЭМС и функциональной безопасности. Международная система стандартизации. Сертификация продукции.	4	0,5	0,25	0,5	12	
3	Источники и рецепторы помех. Механизм передачи помех.	4	0,5	0,25	0,5	12	
4	Межсистемная ЭМС. Параметры передатчиков и приемников, влияющие на параметры ЭМС.	4	0,5	0,25	0,5	12	
5	Распределение частот. Международные таблицы распределения частот.	4	0,5	0,25	0,5	12	
6	Спектральные характеристики сигналов.	4	0,5	0,25	0,5	12	

	Особенности цифровых сигналов.						
7	Внутрисистемная ЭМС. Особенности создания помехозащищенной аппаратуры.	4	0,5	0,25	0,5	12	
8	Неидеальное поведение компонентов	4	0,5	0,25	0,5	12	
9	Провода и кабели в конструкциях приборов	4	0,5	0,25	0,5	12	
10	Целостность сигнала как задача обеспечения ЭМС	4	0,5	0,25	0,5	13	
11	Понятие линии передачи. Модель элементарного отрезка. Помехи в печатном монтаже. Помехи по шинам питания и заземления	4	1	0,5	1	15	
12	Экранирование и заземление, экранирование статических полей, электродинамическое экранирование	4	1	0,5	1	15	
13	Фильтрация помех и ограничители перенапряжений	4	0,5	0,25	0,5	12	
14	Защита от электростатического разряда	4	0,5	0,2	0,5	12	
15	Испытания и измерения в области ЭМС	4	0,5	0,25	0,5	12	
<b>Итого</b>			<b>8</b>	<b>4</b>	<b>8</b>	<b>187</b>	<b>216</b>

## 5.1 Лекции

### Очная форма обучения

Неделя семестра	Тема и содержание лекции	Объем часов
<b>3 семестр</b>		<b>36</b>
<b>Введение. Основные понятия, термины и определения в области ЭМС</b>		<b>2</b>
1	Рассматривается проблема ЭМС, ее роль в повышении конкурентоспособности продукции, приводятся примеры последствий не соблюдения требований ЭМС, регулирование в области ЭМС	2
<b>Нормативно-техническая документация в области ЭМС и функциональной безопасности. Международная система стандартизации. Сертификация продукции.</b>		<b>2</b>
2	Рассматривается система стандартизации в области ЭМС: международные стандарты, региональные стандарты, стандарты РФ, технические регламенты. Международные стандарты и региональные стандарты. Военные стандарты США. Стандарты в области функциональной безопасности.	2
<b>Источники и рецепторы помех. Механизм передачи помех.</b>		<b>2</b>
3	Рассматриваются источники помех искусственного и техногенного происхождения, источники преднамеренных помех, рецепторы в виде чувствительной аппаратуры, механизм проникновения помех в приборы. Дается характеристика основным методам обеспечения ЭМС: зонирование, рациональный монтаж, экранирование, заземление, фильтрация и ограничение. Указываются их особенности и возможности.	2
<b>Межсистемная ЭМС. Параметры передатчиков и приемников, влияющие на параметры ЭМС.</b>		<b>2</b>

4	Взаимодействие радиотехнических систем. Типы помеховых сигналов.	2
<b>Распределение частот. Международные таблицы распределения частот.</b>		<b>2</b>
5	Международное регулирование в области распределения радиочастот, таблицы распределения частот, частотные зоны.	2
<b>Спектральные характеристики сигналов. Особенности цифровых сигналов.</b>		<b>2</b>
6	Элементная база цифровых быстродействующих систем. Излучение от цифровой аппаратуры.	2
<b>Внутрисистемная ЭМС. Особенности создания помехозащищенной аппаратуры.</b>		<b>2</b>
7	Помехи в радиоэлектронной аппаратуре. Аналоговая и цифровая аппаратура. Показатели быстродействия. Рассматривается поведение проводов и компонентов электронных схем на высоких частотах, изучаются их модели на высоких частотах, причины возникновения помех	2
<b>Неидеальное поведение компонентов</b>		<b>2</b>
8	Модели компонентов: резисторов, конденсаторов, индуктивностей. Неидеальное поведение компонентов.	2
<b>Провода и кабели в конструкциях приборов</b>		<b>2</b>
9	Рассматриваются основные типы проводных и кабельных межсоединений в приборах, даются их электрические характеристики, оценивается уровень защиты от внешних помех, даются рекомендации по применению.	2
<b>Целостность сигнала как задача обеспечения ЭМС</b>		<b>2</b>
10	Целостность сигнала как задача обеспечения ЭМС. Спектр цифрового сигнала, модель линии передачи в печатной плате, влияние конструкторских факторов на целостность сигнала. Дифференциальная передача сигнала как средство повышения помехозащищенности аппаратуры. Модель, модовый анализ и рекомендации по проектированию.	2
<b>Понятие линии передачи. Модель элементарного отрезка. Помехи в печатном монтаже. Помехи по шинам питания и заземления</b>		<b>4</b>
11	Модели линий передачи, первичные и вторичные параметры линии, волновое сопротивление и его влияние на работу линии передачи. Помехи (перекрестные и отражения) в линиях передачи. Рассматриваются конструкции печатных плат, задачи обеспечения ЭМС и целостности сигнала, дается классификация помех в печатном монтаже быстродействующих приборах. Механизм образования помех в шинах питания. Требования к параметрам шин питания, шины питания в многослойных печатных платах (МПП). Развязывающие конденсаторы: выбор и установка	4
<b>Экранирование и заземление, экранирование статических полей, электродинамическое экранирование</b>		<b>4</b>
12	Роль экранирования в обеспечении ЭМС приборов. Разновидности задач экранирования. Материалы, применяемые при экранировании. Этапы проектирования экранов. Электростатическое экранирование, магнитостатическое экранирование. Классификация структуры поля.	4

	Понятие ближней и дальней зоны. Основные расчетные соотношения. Рекомендации по экранированию статических полей. Электродинамическое экранирование, расчет электродинамического экрана. Выполнение точек ввода воздуховодов и коммуникаций. Рекомендации по электродинамическому экранированию.	
<b>Фильтрация помех и ограничители перенапряжений</b>		<b>4</b>
13	Фильтрация как метод подавления помех в цепях аппаратуры. Классификация фильтров, их конструкции, области применения, рекомендации по выбору и установке. Механизм работы ограничителей перенапряжений. Стабилитроны, варисторы, диоды, газоразрядные приборы – основные характеристики и области применения.	4
<b>Защита от электростатического разряда</b>		<b>2</b>
14	Статическое электричество и его влияние на электронику. Методы и средства устранения электростатического разряда в электронной аппаратуре.	2
<b>Испытания и измерения в области ЭМС</b>		<b>2</b>
15	Измерения помехоэмиссии, измерения помехозащищенности, измерение стойкости к кондуктивным помехам, измерение уровня кондуктивных помех. Условия тестирования и основное оборудование	2
<b>Итого</b>		<b>36</b>

### Заочная форма обучения

Неделя семестра	Тема и содержание лекции	Объем часов
<b>3 семестр</b>		<b>8</b>
<b>Введение. Основные понятия, термины и определения в области ЭМС</b>		<b>0,5</b>
1	Рассматривается проблема ЭМС, ее роль в повышении конкурентоспособности продукции, приводятся примеры последствий не соблюдения требований ЭМС, регулирование в области ЭМС	0,5
<b>Нормативно-техническая документация в области ЭМС и функциональной безопасности. Международная система стандартизации. Сертификация продукции.</b>		<b>0,5</b>
2	Рассматривается система стандартизации в области ЭМС: международные стандарты, региональные стандарты, стандарты РФ, технические регламенты. Международные стандарты и региональные стандарты. Военные стандарты США. Стандарты в области функциональной безопасности.	0,5
<b>Источники и рецепторы помех. Механизм передачи помех.</b>		<b>0,5</b>
3	Рассматриваются источники помех искусственного и техногенного происхождения, источники преднамеренных помех, рецепторы в виде чувствительной аппаратуры, механизм проникновения помех в приборы. Дается характеристика основным методам обеспечения ЭМС: зонирование, рациональный монтаж, экранирование, заземление, фильтрация и ограничение. Указываются их особенности и возможности.	0,5
<b>Межсистемная ЭМС. Параметры передатчиков и приемников, влияющие на параметры ЭМС.</b>		<b>0,5</b>



4	Взаимодействие радиотехнических систем. Типы помеховых сигналов.	0,5
<b>Распределение частот. Международные таблицы распределения частот.</b>		<b>0,5</b>
5	Международное регулирование в области распределения радиочастот, таблицы распределения частот, частотные зоны.	0,5
<b>Спектральные характеристики сигналов. Особенности цифровых сигналов.</b>		<b>0,5</b>
6	Элементная база цифровых быстродействующих систем. Излучение от цифровой аппаратуры.	0,5
<b>Внутрисистемная ЭМС. Особенности создания помехозащищенной аппаратуры.</b>		<b>0,5</b>
7	Помехи в радиоэлектронной аппаратуре. Аналоговая и цифровая аппаратура. Показатели быстродействия. Рассматривается поведение проводов и компонентов электронных схем на высоких частотах, изучаются их модели на высоких частотах, причины возникновения помех	0,5
<b>Неидеальное поведение компонентов</b>		<b>0,5</b>
8	Модели компонентов: резисторов, конденсаторов, индуктивностей. Неидеальное поведение компонентов.	0,5
<b>Провода и кабели в конструкциях приборов</b>		<b>0,5</b>
9	Рассматриваются основные типы проводных и кабельных межсоединений в приборах, даются их электрические характеристики, оценивается уровень защиты от внешних помех, даются рекомендации по применению.	0,5
<b>Целостность сигнала как задача обеспечения ЭМС</b>		<b>0,5</b>
10	Целостность сигнала как задача обеспечения ЭМС. Спектр цифрового сигнала, модель линии передачи в печатной плате, влияние конструкторских факторов на целостность сигнала. Дифференциальная передача сигнала как средство повышения помехозащищенности аппаратуры. Модель, модовый анализ и рекомендации по проектированию.	0,5
<b>Понятие линии передачи. Модель элементарного отрезка. Помехи в печатном монтаже. Помехи по шинам питания и заземления</b>		<b>1</b>
11	Модели линий передачи, первичные и вторичные параметры линии, волновое сопротивление и его влияние на работу линии передачи. Помехи (перекрестные и отражения) в линиях передачи. Рассматриваются конструкции печатных плат, задачи обеспечения ЭМС и целостности сигнала, дается классификация помех в печатном монтаже быстродействующих приборов. Механизм образования помех в шинах питания. Требования к параметрам шин питания, шины питания в многослойных печатных платах (МПП). Развязывающие конденсаторы: выбор и установка	1
<b>Экранирование и заземление, экранирование статических полей, электродинамическое экранирование</b>		<b>1</b>
12	Роль экранирования в обеспечении ЭМС приборов. Разновидности задач экранирования. Материалы, применяемые при экранировании. Этапы проектирования экранов. Электростатическое экранирование, магнитостатическое экранирование. Классификация структуры поля.	1

	Понятие ближней и дальней зоны. Основные расчетные соотношения. Рекомендации по экранированию статических полей. Электродинамическое экранирование, расчет электродинамического экрана. Выполнение точек ввода воздуховодов и коммуникаций. Рекомендации по электродинамическому экранированию.	
<b>Фильтрация помех и ограничители перенапряжений</b>		<b>0,5</b>
13	Фильтрация как метод подавления помех в цепях аппаратуры. Классификация фильтров, их конструкции, области применения, рекомендации по выбору и установке. Механизм работы ограничителей перенапряжений. Стабилитроны, варисторы, диоды, газоразрядные приборы – основные характеристики и области применения.	0,5
<b>Защита от электростатического разряда</b>		<b>0,5</b>
14	Статическое электричество и его влияние на электронику. Методы и средства устранения электростатического разряда в электронной аппаратуре.	0,5
<b>Испытания и измерения в области ЭМС</b>		<b>0,5</b>
15	Измерения помехоэмиссии, измерения помехозащищенности, измерение стойкости к кондуктивным помехам, измерение уровня кондуктивных помех. Условия тестирования и основное оборудование	0,5
<b>Итого</b>		<b>8</b>

## 5.2 Практические занятия

### Очная форма обучения

Неделя семестра	Тема и содержание лекции	Объем часов
<b>3 семестр</b>		<b>18</b>
<b>Введение. Основные понятия, термины и определения в области ЭМС</b>		<b>1</b>
1	Рассматривается проблема ЭМС, ее роль в повышении конкурентоспособности продукции, приводятся примеры последствий не соблюдения требований ЭМС, регулирование в области ЭМС	1
<b>Нормативно-техническая документация в области ЭМС и функциональной безопасности. Международная система стандартизации. Сертификация продукции.</b>		<b>1</b>
2	Рассматривается система стандартизации в области ЭМС: международные стандарты, региональные стандарты, стандарты РФ, технические регламенты. Международные стандарты и региональные стандарты. Военные стандарты США. Стандарты в области функциональной безопасности.	1
<b>Источники и рецепторы помех. Механизм передачи помех.</b>		<b>1</b>
3	Рассматриваются источники помех искусственного и техногенного происхождения, источники преднамеренных помех, рецепторы в виде чувствительной аппаратуры, механизм проникновения помех в приборах. Дается характеристика основным методам обеспечения ЭМС: зонирование, рациональный монтаж, экранирование, заземление, фильтрация и ограничение. Указываются их особенности и возможности.	1

<b>Межсистемная ЭМС. Параметры передатчиков и приемников, влияющие на параметры ЭМС.</b>		<b>1</b>
4	Взаимодействие радиотехнических систем. Типы помеховых сигналов.	1
<b>Распределение частот. Международные таблицы распределения частот.</b>		<b>1</b>
5	Международное регулирование в области распределения радиочастот, таблицы распределения частот, частотные зоны.	1
<b>Спектральные характеристики сигналов. Особенности цифровых сигналов.</b>		<b>1</b>
6	Элементная база цифровых быстродействующих систем. Излучение от цифровой аппаратуры.	1
<b>Внутрисистемная ЭМС. Особенности создания помехозащищенной аппаратуры.</b>		<b>1</b>
7	Помехи в радиоэлектронной аппаратуре. Аналоговая и цифровая аппаратура. Показатели быстродействия. Рассматривается поведение проводов и компонентов электронных схем на высоких частотах, изучаются их модели на высоких частотах, причины возникновения помех	1
<b>Неидеальное поведение компонентов</b>		<b>1</b>
8	Модели компонентов: резисторов, конденсаторов, индуктивностей. Неидеальное поведение компонентов.	1
<b>Провода и кабели в конструкциях приборов</b>		<b>1</b>
9	Рассматриваются основные типы проводных и кабельных межсоединений в приборах, даются их электрические характеристики, оценивается уровень защиты от внешних помех, даются рекомендации по применению.	1
<b>Целостность сигнала как задача обеспечения ЭМС</b>		<b>1</b>
10	Целостность сигнала как задача обеспечения ЭМС. Спектр цифрового сигнала, модель линии передачи в печатной плате, влияние конструкторских факторов на целостность сигнала. Дифференциальная передача сигнала как средство повышения помехозащищенности аппаратуры. Модель, модовый анализ и рекомендации по проектированию.	1
<b>Понятие линии передачи. Модель элементарного отрезка. Помехи в печатном монтаже. Помехи по шинам питания и заземления</b>		<b>2</b>
11	Модели линий передачи, первичные и вторичные параметры линии, волновое сопротивление и его влияние на работу линии передачи. Помехи (перекрестные и отражения) в линиях передачи. Рассматриваются конструкции печатных плат, задачи обеспечения ЭМС и целостности сигнала, дается классификация помех в печатном монтаже быстродействующих приборов. Механизм образования помех в шинах питания. Требования к параметрам шин питания, шины питания в многослойных печатных платах (МПП). Развязывающие конденсаторы: выбор и установка	2
<b>Экранирование и заземление, экранирование статических полей, электродинамическое экранирование</b>		<b>2</b>
12	Роль экранирования в обеспечении ЭМС приборов. Разновидности задач экранирования. Материалы, применяемые при экранировании.	2

	Этапы проектирования экранов. Электростатическое экранирование, магнитостатическое экранирование. Классификация структуры поля. Понятие ближней и дальней зоны. Основные расчетные соотношения. Рекомендации по экранированию статических полей. Электродинамическое экранирование, расчет электродинамического экрана. Выполнение точек ввода воздухопроводов и коммуникаций. Рекомендации по электродинамическому экранированию.	
<b>Фильтрация помех и ограничители перенапряжений</b>		<b>2</b>
13	Фильтрация как метод подавления помех в цепях аппаратуры. Классификация фильтров, их конструкции, области применения, рекомендации по выбору и установке. Механизм работы ограничителей перенапряжений. Стабилитроны, варисторы, диоды, газоразрядные приборы – основные характеристики и области применения.	2
<b>Защита от электростатического разряда</b>		<b>1</b>
14	Статическое электричество и его влияние на электронику. Методы и средства устранения электростатического разряда в электронной аппаратуре.	1
<b>Испытания и измерения в области ЭМС</b>		<b>1</b>
15	Измерения помехоэмиссии, измерения помехозащищенности, измерение стойкости к кондуктивным помехам, измерение уровня кондуктивных помех. Условия тестирования и основное оборудование	1
<b>Итого</b>		<b>18</b>

### Заочная форма обучения

Неделя семестра	Тема и содержание лекции	Объем часов
<b>3 семестр</b>		<b>4</b>
<b>Введение. Основные понятия, термины и определения в области ЭМС</b>		<b>0,5</b>
1	Рассматривается проблема ЭМС, ее роль в повышении конкурентоспособности продукции, приводятся примеры последствий не соблюдения требований ЭМС, регулирование в области ЭМС	0,5
<b>Нормативно-техническая документация в области ЭМС и функциональной безопасности. Международная система стандартизации. Сертификация продукции.</b>		<b>0,5</b>
2	Рассматривается система стандартизации в области ЭМС: международные стандарты, региональные стандарты, стандарты РФ, технические регламенты. Международные стандарты и региональные стандарты. Военные стандарты США. Стандарты в области функциональной безопасности.	0,5
<b>Источники и рецепторы помех. Механизм передачи помех.</b>		<b>0,5</b>
3	Рассматриваются источники помех искусственного и техногенного происхождения, источники преднамеренных помех, рецепторы в виде чувствительной аппаратуры, механизм проникновения помех в приборах. Дается характеристика основным методам обеспечения ЭМС: зонирование, рациональный монтаж, экранирование, заземление, фильтрация и ограничение. Указываются их особенности и возможности.	0,5

<b>Межсистемная ЭМС. Параметры передатчиков и приемников, влияющие на параметры ЭМС.</b>		<b>0,5</b>
4	Взаимодействие радиотехнических систем. Типы помеховых сигналов.	0,5
<b>Распределение частот. Международные таблицы распределения частот.</b>		<b>0,5</b>
5	Международное регулирование в области распределения радиочастот, таблицы распределения частот, частотные зоны.	0,5
<b>Спектральные характеристики сигналов. Особенности цифровых сигналов.</b>		<b>0,5</b>
6	Элементная база цифровых быстродействующих систем. Излучение от цифровой аппаратуры.	0,5
<b>Внутрисистемная ЭМС. Особенности создания помехозащищенной аппаратуры.</b>		<b>0,5</b>
7	Помехи в радиоэлектронной аппаратуре. Аналоговая и цифровая аппаратура. Показатели быстродействия. Рассматривается поведение проводов и компонентов электронных схем на высоких частотах, изучаются их модели на высоких частотах, причины возникновения помех	0,5
<b>Неидеальное поведение компонентов</b>		<b>0,5</b>
8	Модели компонентов: резисторов, конденсаторов, индуктивностей. Неидеальное поведение компонентов.	0,5
<b>Провода и кабели в конструкциях приборов</b>		<b>0,5</b>
9	Рассматриваются основные типы проводных и кабельных межсоединений в приборах, даются их электрические характеристики, оценивается уровень защиты от внешних помех, даются рекомендации по применению.	0,5
<b>Целостность сигнала как задача обеспечения ЭМС</b>		<b>0,5</b>
10	Целостность сигнала как задача обеспечения ЭМС. Спектр цифрового сигнала, модель линии передачи в печатной плате, влияние конструкторских факторов на целостность сигнала. Дифференциальная передача сигнала как средство повышения помехозащищенности аппаратуры. Модель, модовый анализ и рекомендации по проектированию.	0,5
<b>Понятие линии передачи. Модель элементарного отрезка. Помехи в печатном монтаже. Помехи по шинам питания и заземления</b>		<b>1</b>
11	Модели линий передачи, первичные и вторичные параметры линии, волновое сопротивление и его влияние на работу линии передачи. Помехи (перекрестные и отражения) в линиях передачи. Рассматриваются конструкции печатных плат, задачи обеспечения ЭМС и целостности сигнала, дается классификация помех в печатном монтаже быстродействующих приборов. Механизм образования помех в шинах питания. Требования к параметрам шин питания, шины питания в многослойных печатных платах (МПП). Развязывающие конденсаторы: выбор и установка	1
<b>Экранирование и заземление, экранирование статических полей, электродинамическое экранирование</b>		<b>1</b>
12	Роль экранирования в обеспечении ЭМС приборов. Разновидности задач экранирования. Материалы, применяемые при экранировании.	1

	Этапы проектирования экранов. Электростатическое экранирование, магнитостатическое экранирование. Классификация структуры поля. Понятие ближней и дальней зоны. Основные расчетные соотношения. Рекомендации по экранированию статических полей. Электродинамическое экранирование, расчет электродинамического экрана. Выполнение точек ввода воздуховодов и коммуникаций. Рекомендации по электродинамическому экранированию.	
<b>Фильтрация помех и ограничители перенапряжений</b>		<b>0,5</b>
13	Фильтрация как метод подавления помех в цепях аппаратуры. Классификация фильтров, их конструкции, области применения, рекомендации по выбору и установке. Механизм работы ограничителей перенапряжений. Стабилитроны, варисторы, диоды, газоразрядные приборы – основные характеристики и области применения.	0,5
<b>Защита от электростатического разряда</b>		<b>0,5</b>
14	Статическое электричество и его влияние на электронику. Методы и средства устранения электростатического разряда в электронной аппаратуре.	0,5
<b>Испытания и измерения в области ЭМС</b>		<b>0,5</b>
15	Измерения помехоэмиссии, измерения помехозащищенности, измерение стойкости к кондуктивным помехам, измерение уровня кондуктивных помех. Условия тестирования и основное оборудование	0,5
<b>Итого</b>		<b>4</b>

### 5.3 Лабораторные работы

#### Очная форма обучения

Неделя семестра	Наименование лабораторной работы	Объем часов
<b>3 семестр</b>		<b>36</b>
<b>Нормативно-техническая документация в области ЭМС и функциональной безопасности. Международная система стандартизации. Сертификация продукции.</b>		<b>2</b>
<b>Источники и рецепторы помех. Механизм передачи помех.</b>		<b>2</b>
<b>Межсистемная ЭМС. Параметры передатчиков и приемников, влияющие на параметры ЭМС.</b>		<b>4</b>
2	Инструктаж по технике безопасности. Выполнение лабораторной работы №1	8
<b>Распределение частот. Международные таблицы распределения частот.</b>		<b>2</b>
<b>Спектральные характеристики сигналов. Особенности цифровых сигналов.</b>		<b>4</b>
<b>Внутрисистемная ЭМС. Особенности создания помехозащищенной аппаратуры.</b>		<b>2</b>
6	Выполнение лабораторной работы №2	8
<b>Неидеальное поведение компонентов</b>		<b>2</b>
<b>Провода и кабели в конструкциях приборов</b>		<b>2</b>

<b>Целостность сигнала как задача обеспечения ЭМС</b>		<b>4</b>
10	Выполнение лабораторной работы №3	8
<b>Понятие линии передачи. Модель элементарного отрезка. Помехи в печатном монтаже. Помехи по шинам питания и заземления</b>		<b>4</b>
<b>Экранирование и заземление, экранирование статических полей, электродинамическое экранирование</b>		<b>2</b>
<b>Фильтрация помех и ограничители перенапряжений</b>		<b>2</b>
14	Выполнение лабораторной работы №4	8
<b>Защита от электростатического разряда</b>		<b>2</b>
<b>Испытания и измерения в области ЭМС</b>		<b>2</b>
18	Выполнение лабораторной работы №5	4
<b>Итого часов</b>		<b>36</b>

### Заочная форма обучения

Неделя семестра	Наименование лабораторной работы	Объем часов
<b>4 семестр</b>		<b>8</b>
<b>Нормативно-техническая документация в области ЭМС и функциональной безопасности. Международная система стандартизации. Сертификация продукции.</b>		<b>2</b>
<b>Источники и рецепторы помех. Механизм передачи помех.</b>		<b>2</b>
<b>Межсистемная ЭМС. Параметры передатчиков и приемников, влияющие на параметры ЭМС.</b>		<b>4</b>
2	Инструктаж по технике безопасности. Выполнение лабораторной работы №1	8
<b>Распределение частот. Международные таблицы распределения частот.</b>		<b>2</b>
<b>Спектральные характеристики сигналов. Особенности цифровых сигналов.</b>		<b>4</b>
<b>Внутрисистемная ЭМС. Особенности создания помехозащищенной аппаратуры.</b>		<b>2</b>
6	Выполнение лабораторной работы №2	8
<b>Неидеальное поведение компонентов</b>		<b>2</b>
<b>Провода и кабели в конструкциях приборов</b>		<b>2</b>
<b>Целостность сигнала как задача обеспечения ЭМС</b>		<b>4</b>
10	Выполнение лабораторной работы №3	8
<b>Понятие линии передачи. Модель элементарного отрезка. Помехи в печатном монтаже. Помехи по шинам питания и заземления</b>		<b>4</b>
<b>Экранирование и заземление, экранирование статических полей, электродинамическое экранирование</b>		<b>2</b>
<b>Фильтрация помех и ограничители перенапряжений</b>		<b>2</b>
14	Выполнение лабораторной работы №4	8
<b>Защита от электростатического разряда</b>		<b>2</b>
<b>Испытания и измерения в области ЭМС</b>		<b>2</b>
18	Выполнение лабораторной работы №5	4

<b>Итого часов</b>	<b>8</b>
--------------------	----------

## 5.4 Самостоятельная работа студента

### Очная форма обучения

Неделя семестра	Содержание СРС	Виды контроля	Объем часов
<b>3 семестр</b>			<b>90</b>
1	Самостоятельное изучение вопросов Основные понятия, термины и определения в области ЭМС	Устный опрос, проверка конспектов, написание реферата или доклада, дополнительные вопросы на экзамене	4
2	Самостоятельное изучение вопросов Нормативно-техническая документация в области ЭМС и функциональной безопасности. Международная система стандартизации. Сертификация продукции. Подготовка к практическому занятию №1 Подготовка к лаб.работе №1	Устный опрос, проверка конспектов, написание реферата или доклада, дополнительные вопросы на экзамене	4
3	Самостоятельное изучение вопросов Источники и рецепторы помех. Механизм передачи помех. Доработка и оформление практического занятия №1 Доработка и оформление лаб.работы №1	Устный опрос, проверка конспектов, написание реферата или доклада, дополнительные вопросы на экзамене, отчет по лаб.работе	4
4	Самостоятельное изучение вопросов Межсистемная ЭМС. Параметры передатчиков и приемников, влияющие на параметры ЭМС. Подготовка к практическому занятию №2 Подготовка к защите лаб.работы №1	Устный опрос, проверка конспектов, написание реферата или доклада, дополнительные вопросы на экзамене, отчет по лаб.работе	4
5	Самостоятельное изучение вопросов Распределение частот. Международные таблицы распределения частот. Доработка и оформление практического занятия №2 Подготовка к защите лаб.работы №1	Устный опрос, проверка конспектов, написание реферата или доклада, дополнительные вопросы на экзамене, отчет по лаб.работе	4
6	Самостоятельное изучение вопросов Спектральные характеристики сигналов. Особенности цифровых сигналов. Подготовка к практическому занятию №3 Подготовка к лаб.работе №2	Устный опрос, проверка конспектов, написание реферата или доклада, дополнительные вопросы на экзамене	4
7	Самостоятельное изучение вопросов Внутрисистемная ЭМС. Особенности создания помехозащищенной аппаратуры.	Устный опрос, проверка конспектов, написание реферата или доклада, дополнительные вопросы на	4



	Доработка и оформление практического занятия №3 Доработка и оформление лаб.работы №2	экзамене, отчет по лаб.работе	
8	Самостоятельное изучение вопросов Неидеальное поведение компонентов. Подготовка к практическому занятию №4 Подготовка к защите лаб.работы №2	Устный опрос, проверка конспектов, написание реферата или доклада, дополнительные вопросы на экзамене, отчет по лаб.работе	4
9	Самостоятельное изучение вопросов Провода и кабели в конструкциях приборов. Доработка и оформление практического занятия №4 Подготовка к защите лаб.работы №2	Устный опрос, проверка конспектов, написание реферата или доклада, дополнительные вопросы на экзамене, отчет по лаб.работе	4
10	Самостоятельное изучение вопросов Целостность сигнала как задача обеспечения ЭМС. Подготовка к практическому занятию №5 Подготовка к лаб.работе №3	Устный опрос, проверка конспектов, написание реферата или доклада, дополнительные вопросы на экзамене	4
11	Самостоятельное изучение вопросов Понятие линии передачи. Модель элементарного отрезка. Помехи в печатном монтаже. Помехи по шинам питания и заземления. Доработка и оформление практического занятия №5 Доработка и оформление лаб.работы №3	Устный опрос, проверка конспектов, написание реферата или доклада, дополнительные вопросы на экзамене, отчет по лаб.работе	4
12	Самостоятельное изучение вопросов Экранирование и заземление, экранирование статических полей, электродинамическое экранирование. Подготовка к практическому занятию №6 Подготовка к защите лаб.работы №3	Устный опрос, проверка конспектов, написание реферата или доклада, дополнительные вопросы на экзамене, отчет по лаб.работе	4
13	Самостоятельное изучение вопросов Фильтрация помех и ограничители перенапряжений. Доработка и оформление практического занятия №6 Подготовка к защите лаб.работы №3	Устный опрос, проверка конспектов, написание реферата или доклада, дополнительные вопросы на экзамене, отчет по лаб.работе	4
14	Самостоятельное изучение вопросов Защита от электростатического разряда. Подготовка к практическому занятию №7 Подготовка к лаб.работе №4	Устный опрос, проверка конспектов, написание реферата или доклада, дополнительные вопросы на экзамене	4
15	Самостоятельное изучение вопросов Испытания и измерения в области ЭМС Доработка и оформление практического занятия №7 Доработка и оформление лаб.работы №4	Устный опрос, проверка конспектов, написание реферата или доклада, дополнительные вопросы на экзамене, отчет по лаб.работе	4
<b>Итого</b>			<b>90</b>

### Заочная форма обучения

Неделя семестра	Содержание СРС	Виды контроля	Объем часов
<b>3 семестр</b>			<b>187</b>
1	Самостоятельное изучение вопросов Основные понятия, термины и определения в области ЭМС	Устный опрос, проверка конспектов, написание реферата или доклада, дополнительные вопросы на экзамене	4
2	Самостоятельное изучение вопросов Нормативно-техническая документация в области ЭМС и функциональной безопасности. Международная система стандартизации. Сертификация продукции. Подготовка к практическому занятию №1 Подготовка к лаб.работе №1	Устный опрос, проверка конспектов, написание реферата или доклада, дополнительные вопросы на экзамене	4
3	Самостоятельное изучение вопросов Источники и рецепторы помех. Механизм передачи помех. Доработка и оформление практического занятия №1 Доработка и оформление лаб.работы №1	Устный опрос, проверка конспектов, написание реферата или доклада, дополнительные вопросы на экзамене, отчет по лаб.работе	4
4	Самостоятельное изучение вопросов Межсистемная ЭМС. Параметры передатчиков и приемников, влияющие на параметры ЭМС. Подготовка к практическому занятию №2 Подготовка к защите лаб.работы №1	Устный опрос, проверка конспектов, написание реферата или доклада, дополнительные вопросы на экзамене, отчет по лаб.работе	4
5	Самостоятельное изучение вопросов Распределение частот. Международные таблицы распределения частот. Доработка и оформление практического занятия №2 Подготовка к защите лаб.работы №1	Устный опрос, проверка конспектов, написание реферата или доклада, дополнительные вопросы на экзамене, отчет по лаб.работе	4
6	Самостоятельное изучение вопросов Спектральные характеристики сигналов. Особенности цифровых сигналов. Подготовка к практическому занятию №3 Подготовка к лаб.работе №2	Устный опрос, проверка конспектов, написание реферата или доклада, дополнительные вопросы на экзамене	4
7	Самостоятельное изучение вопросов Внутрисистемная ЭМС. Особенности создания помехозащищенной аппаратуры. Доработка и оформление практического занятия №3 Доработка и оформление лаб.работы №2	Устный опрос, проверка конспектов, написание реферата или доклада, дополнительные вопросы на экзамене, отчет по лаб.работе	4

8	Самостоятельное изучение вопросов Неидеальное поведение компонентов. Подготовка к практическому занятию №4 Подготовка к защите лаб.работы №2	Устный опрос, проверка конспектов, написание реферата или доклада, дополнительные вопросы на экзамене, отчет по лаб.работе	4
9	Самостоятельное изучение вопросов Провода и кабели в конструкциях приборов. Доработка и оформление практического занятия №4 Подготовка к защите лаб.работы №2	Устный опрос, проверка конспектов, написание реферата или доклада, дополнительные вопросы на экзамене, отчет по лаб.работе	4
10	Самостоятельное изучение вопросов Целостность сигнала как задача обеспечения ЭМС. Подготовка к практическому занятию №5 Подготовка к лаб.работе №3	Устный опрос, проверка конспектов, написание реферата или доклада, дополнительные вопросы на экзамене	4
11	Самостоятельное изучение вопросов Понятие линии передачи. Модель элементарного отрезка. Помехи в печатном монтаже. Помехи по шинам питания и заземления. Доработка и оформление практического занятия №5 Доработка и оформление лаб.работы №3	Устный опрос, проверка конспектов, написание реферата или доклада, дополнительные вопросы на экзамене, отчет по лаб.работе	4
12	Самостоятельное изучение вопросов Экранирование и заземление, экранирование статических полей, электродинамическое экранирование. Подготовка к практическому занятию №6 Подготовка к защите лаб.работы №3	Устный опрос, проверка конспектов, написание реферата или доклада, дополнительные вопросы на экзамене, отчет по лаб.работе	4
13	Самостоятельное изучение вопросов Фильтрация помех и ограничители перенапряжений. Доработка и оформление практического занятия №6 Подготовка к защите лаб.работы №3	Устный опрос, проверка конспектов, написание реферата или доклада, дополнительные вопросы на экзамене, отчет по лаб.работе	4
14	Самостоятельное изучение вопросов Защита от электростатического разряда. Подготовка к практическому занятию №7 Подготовка к лаб.работе №4	Устный опрос, проверка конспектов, написание реферата или доклада, дополнительные вопросы на экзамене	4
15	Самостоятельное изучение вопросов Испытания и измерения в области ЭМС Доработка и оформление практического занятия №7 Доработка и оформление лаб.работы №4	Устный опрос, проверка конспектов, написание реферата или доклада, дополнительные вопросы на экзамене, отчет по лаб.работе	4
<b>Итого</b>			<b>187</b>

## **6. ПРИМЕРНАЯ ТЕМАТИКА КУРСОВЫХ ПРОЕКТОВ (РАБОТ) И КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ**

Курсовой проект выполняется по следующим примерным тематикам  
расчет электрической емкости печатного монтажа;  
расчет индуктивности печатного монтажа;  
расчет уровня перекрестных помех;  
расчет помех по шинам питания;  
расчет волнового сопротивления линии передачи;  
расчет эффективности экранирования однородного экрана;  
расчет эффективности экранирования неоднородного экрана.

Контрольные работы выполняются по следующим примерным тематикам  
современные тенденции в обеспечении ЭМС;  
конструкции фильтров и их применение;  
обеспечение ЭМС в монтажных соединениях;  
конструкции помехозащищенных кабелей;  
методы испытаний приборов на помехоэмиссию;  
методы испытаний приборов на помехоустойчивость;  
технические регламенты РФ;  
стандартизация в области ЭМС, стандарты РФ;  
расчет электрофизических параметров монтажных соединений;  
подбор фильтров и ограничителей;  
расчет эффективности экранирования.

## **7. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)**

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

### **7.1.1 Этап текущего контроля**

Результаты текущего контроля знаний и межсессионной аттестации оцениваются по следующей системе:

«*аттестован*»;

«*не аттестован*».

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	Аттестован	Не аттестован

ПК-5	способен разрабатывать программы и методики испытаний радиоэлектронных приборов и комплексов	Решение не менее половины прикладных задач в конкретной предметной области	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
------	--	--	---	---

### 7.1.2 Этап промежуточного контроля знаний

Результаты промежуточного контроля знаний оцениваются в первом семестре для очной и заочной форм обучения по системе:

«отлично»;

«хорошо»;

«удовлетворительно»;

«неудовлетворительно»

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	Отлично	Хорошо	Удовл	Неудовл
ПК-5	знать содержание проблемы ЭМС приборов, перспективные методы обеспечения ЭМС на стадии концепции и создания элементов и узлов приборов, технические средства обеспечения ЭМС, номенклатуру мехоподавляющих компонентов; методики оценки показателей ЭМС в приборах, основные сведения в области испытаний и измерений в области ЭМС, стандарты и нормативно-техническую документацию в области ЭМС и функциональной безопасности	Решение стандартных практических задач	Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы	Продемонстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены

## **7.2 Примерный перечень оценочных средств ( типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности)**

### **7.2.1 Примерный перечень заданий для подготовки к тестированию**

1. Проблема ЭМС, ее роль в повышении конкурентоспособности продукции
2. Регулирование в области ЭМС.
3. Система стандартизации в области ЭМС: международные стандарты, региональные стандарты, стандарты РФ, технические регламенты.
4. Стандарты в области функциональной безопасности.
5. Источники помех искусственного и техногенного происхождения
6. Источники преднамеренных помех, рецепторы в виде чувствительной аппаратуры.
7. Механизм проникновения помех в приборы.
8. Основные методы обеспечения ЭМС: зонирование, рациональный монтаж, экранирование, заземление, фильтрация и ограничение.
9. Взаимодействие радиотехнических систем. Типы помеховых сигналов.
10. Международное регулирование в области распределения радиочастот.
11. Таблицы распределения частот, частотные зоны.
12. Элементная база цифровых быстродействующих систем. Излучение от цифровой аппаратуры.
13. Помехи в радиоэлектронной аппаратуре. Аналоговая и цифровая аппаратура. Показатели быстродействия.
14. Поведение проводов и компонентов электронных схем на высоких частотах, их модели на высоких частотах, причины возникновения помех
15. Модели компонентов: резисторов, конденсаторов, индуктивностей. Неидеальное поведение компонентов.
16. Основные типы проводных и кабельных межсоединений в приборах, их электрические характеристики, уровень защиты от внешних помех.
17. Целостность сигнала как задача обеспечения ЭМС.
18. Спектр цифрового сигнала, модель линии передачи в печатной плате, влияние конструкторских факторов на целостность сигнала.
19. Дифференциальная передача сигнала как средство повышения помехозащищенности аппаратуры. Модель, модовый анализ и рекомендации по проектированию.
20. Помехи (перекрестные и отражения) в линиях передачи.
21. Механизм образования помех в шинах питания. Требования к параметрам шин питания, шины питания в многослойных печатных платах (МПП).
22. Развязывающие конденсаторы: выбор и установка

23. Роль экранирования в обеспечении ЭМС приборов. Разновидности задач экранирования.
24. Материалы, применяемые при экранировании.
25. Этапы проектирования экранов.
26. Электростатическое экранирование, магнитостатическое экранирование.
27. Электродинамическое экранирование, расчет электродинамического экрана. Рекомендации по электродинамическому экранированию
28. Неоднородности в экранах. Выполнение точек ввода воздуховодов и коммуникаций.
29. Фильтрация как метод подавления помех в цепях аппаратуры.
30. Классификация фильтров, их конструкции, области применения, рекомендации по выбору и установке.
31. Механизм работы ограничителей перенапряжений. Стабилитроны, варисторы, диоды, газоразрядные приборы – основные характеристики и области применения.
32. Статическое электричество и его влияние на электронику.
33. Методы и средства устранения электростатического разряда в электронной аппаратуре.
34. Измерения помехоэмиссии, измерения помехозащищенности, измерение стойкости к кондуктивным помехам, измерение уровня кондуктивных помех. Условия тестирования и основное оборудование.

### **7.2.2 Примерный перечень заданий для решения стандартных задач**

1. Рассчитать электрическую емкость печатного монтажа.
2. Рассчитать индуктивность печатного монтажа.
3. Рассчитать уровень перекрестных помех.
4. Рассчитать уровень помех по шинам питания.
5. Рассчитать волновое сопротивление линии передачи.
6. Рассчитать эффективность экранирования однородного экрана.
7. Рассчитать эффективности экранирования неоднородного экрана.

### **7.2.3 Примерный перечень заданий для решения прикладных задач**

1. Рассчитать электрическую емкость печатного монтажа.
2. Рассчитать индуктивность печатного монтажа.
3. Рассчитать уровень перекрестных помех.
4. Рассчитать уровень помех по шинам питания.
5. Рассчитать волновое сопротивление линии передачи.
6. Рассчитать эффективность экранирования однородного экрана.
7. Рассчитать эффективности экранирования неоднородного экрана.

### **7.2.4 Примерный перечень вопросов для подготовки к зачету**

1. Проблема ЭМС, ее роль в повышении конкурентоспособности продукции
2. Регулирование в области ЭМС.
3. Система стандартизации в области ЭМС: международные стандарты, региональные стандарты, стандарты РФ, технические регламенты.
4. Стандарты в области функциональной безопасности.
5. Источники помех искусственного и техногенного происхождения
6. Источники преднамеренных помех, рецепторы в виде чувствительной аппаратуры.
7. Механизм проникновения помех в приборы.
8. Основные методы обеспечения ЭМС: зонирование, рациональный монтаж, экранирование, заземление, фильтрация и ограничение.
9. Взаимодействие радиотехнических систем. Типы помеховых сигналов.
10. Международное регулирование в области распределения радиочастот.
11. Таблицы распределения частот, частотные зоны.
12. Элементная база цифровых быстродействующих систем. Излучение от цифровой аппаратуры.
13. Помехи в радиоэлектронной аппаратуре. Аналоговая и цифровая аппаратура. Показатели быстродействия.
14. Поведение проводов и компонентов электронных схем на высоких частотах, их модели на высоких частотах, причины возникновения помех
15. Модели компонентов: резисторов, конденсаторов, индуктивностей. Неидеальное поведение компонентов.
16. Основные типы проводных и кабельных межсоединений в приборах, их электрические характеристики, уровень защиты от внешних помех.
17. Целостность сигнала как задача обеспечения ЭМС.
18. Спектр цифрового сигнала, модель линии передачи в печатной плате, влияние конструкторских факторов на целостность сигнала.
19. Дифференциальная передача сигнала как средство повышения помехозащищенности аппаратуры. Модель, модовый анализ и рекомендации по проектированию.
20. Помехи (перекрестные и отражения) в линиях передачи.
21. Механизм образования помех в шинах питания. Требования к параметрам шин питания, шины питания в многослойных печатных платах (МПП).
22. Развязывающие конденсаторы: выбор и установка
23. Роль экранирования в обеспечении ЭМС приборов. Разновидности задач экранирования.
24. Материалы, применяемые при экранировании.
25. Этапы проектирования экранов.



26. Электростатическое экранирование, магнитостатическое экранирование.

27. Электродинамическое экранирование, расчет электродинамического экрана. Рекомендации по электродинамическому экранированию

28. Неоднородности в экранах. Выполнение точек ввода воздуховодов и коммуникаций.

29. Фильтрация как метод подавления помех в цепях аппаратуры.

30. Классификация фильтров, их конструкции, области применения, рекомендации по выбору и установке.

31. Механизм работы ограничителей перенапряжений. Стабилитроны, варисторы, диоды, газоразрядные приборы – основные характеристики и области применения.

32. Статическое электричество и его влияние на электронику.

33. Методы и средства устранения электростатического разряда в электронной аппаратуре.

34. Измерения помехоэмиссии, измерения помехозащищенности, измерение стойкости к кондуктивным помехам, измерение уровня кондуктивных помех. Условия тестирования и основное оборудование.

### **7.2.5 Методика выставления оценки при проведении промежуточной аттестации**

Зачет проводится по тест-билетам, каждый из которых содержит 3 вопроса, по одному по каждой из тем, и 3 задачи, по одной по каждой из тем. Каждый правильный ответ на вопрос в тесте оценивается 1 баллом, задача оценивается в 5 баллов, при допуске арифметической ошибки – 4 балла, при правильном ходе незаконченного решения – 3 балла, при продвижении в решении – 2 балла. Максимальное количество набранных баллов – 18.

1. Оценка «Неудовлетворительно» ставится в случае, если студент набрал менее 6 баллов.

2. Оценка «Удовлетворительно» ставится в случае, если студент набрал от 6 до 9 баллов

3. Оценка «Хорошо» ставится в случае, если студент набрал от 10 до 15 баллов.

4. Оценка «Отлично» ставится, если студент набрал от 16 до 18 баллов

### **7.2.6 Паспорт оценочных материалов**

№ п/п	Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Код контролируемой компетенции	Наименование оценочного средства
1	Введение. Основные понятия, термины и определения в области ЭМС	ПК-5	Тест
2	Нормативно-техническая документация в области ЭМС и функциональной	ПК-5	Тест

	безопасности. Международная система стандартизации. Сертификация продукции.		
3	Источники и рецепторы помех. Механизм передачи помех.	ПК-5	Тест
4	Межсистемная ЭМС. Параметры передатчиков и приемников, влияющие на параметры ЭМС.	ПК-5	Тест
5	Распределение частот. Международные таблицы распределения частот.	ПК-5	Тест
6	Спектральные характеристики сигналов. Особенности цифровых сигналов.	ПК-5	Тест
7	Внутрисистемная ЭМС. Особенности создания помехозащищенной аппаратуры.	ПК-5	Тест
8	Неидеальное поведение компонентов	ПК-5	Тест
9	Провода и кабели в конструкциях приборов	ПК-5	Тест
10	Целостность сигнала как задача обеспечения ЭМС	ПК-5	Тест
11	Понятие линии передачи. Модель элементарного отрезка. Помехи в печатном монтаже. Помехи по шинам питания и заземления	ПК-5	Тест
12	Экранирование и заземление, экранирование статических полей, электродинамическое экранирование	ПК-5	Тест
13	Фильтрация помех и ограничители перенапряжений	ПК-5	Тест
14	Защита от электростатического разряда	ПК-5	Тест
15	Испытания и измерения в области ЭМС	ПК-5	Тест

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

Тестирование осуществляется, с использованием выданных тест-заданий на бумажном носителе фронтальным способом в аудитории. Не разрешается пользоваться интернетом, разрешается – калькулятором. Время тестирования 90 мин. Затем осуществляется проверка теста экзаменатором и выставляется оценка согласно методики выставления оценки при проведении промежуточной аттестации. В тест включается также решение стандартных задач и решение прикладных задач.

## **8. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

## **8.1 Перечень учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины**

1. Ромащенко М.А. Основы внутриаппаратурной электромагнитной совместимости: учеб. пособие [Электронный ресурс]. – электрон. текстовые и граф. данные (8,42 Мб) / М. А. Ромащенко. – Воронеж: ФГБОУ ВПО «Воронежский государственный технический университет», 2020.
2. Быховский М.А. Управление радиочастотным спектром и электромагнитная совместимость радиосистем. – М.: Эко-Трендз, 2006, – 376 с.
3. Уилльямс Т. ЭМС для разработчиков продукции. □ М.: Издательский дом "Технологии", 2004. □ 540 с.
4. Кечиев Л.Н., Пожидаев Е.Д. Защита электронных средств от воздействия статического электричества. Учебное пособие для вузов. М.: Издательский Дом "Технологии", 2005. – 352 с.
5. ЭМС для систем и установок/Т. Уилльямс, К. Армстронг □ М.: Издательский Дом "Техноло-гии", 2004 г. □ 508 с.
6. Кечиев Л.Н., Степанов П.В. ЭМС и информационная безопасность в системах телекоммуникаций. □ М.: Издательский Дом "Технологии", 2005. – 320 с.
7. Кечиев Л.Н., Акбашев Б.Б., Степанов П.В. Экранирование технических средств и экранирующе-щие системы. – М.: ООО «Группа ИДТ», 2010. – 470 с.
8. Функциональная безопасность. Простое руководство по применению стандартов МЭК 61508 и связанных с ним стандартов/Д.Дж. Смит, К.Дж. Симпсон. – М.:Издательский Дом «Техноло-гии», 2004. – 208 с.
9. Henry W. Ott. Electromagnetic Compatibility Engineering. – John Wiley & Sons, 2009. – 862 p.
10. Paul C.R. Introduction to Electromagnetic Compatibility, 2nd ed., □ A JOHN WILEY & SONS, INC. PUBLICATION, 2006 □ 1013.

## **8.2 Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень лицензионного программного обеспечения, ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем**

программный комплекс ELCUT

программный комплекс Altium designer (учебная лицензия)

Интернет-ресурс <https://cecas.clemson.edu/cvel/>

Интернет-ресурс <http://www.tet.tuhh.de/messtechnik/spektrumanalyse/>

Интернет-ресурс <https://www.emtest.com/home.php>

Интернет-ресурс <https://emclab.mst.edu/>

Интернет-ресурс <http://emc-center.org/>

## **9 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ БАЗА, НЕОБХОДИМАЯ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА**

Специализированная лекционная аудитория, оснащенная оборудованием для лекционных демонстраций и проекционной аппаратурой

Компьютерный класс, оснащенный ПЭВМ с установленным программным обеспечением

## **10. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

Приведены в Методических указаниях к самостоятельной работе по дисциплине "Электромагнитные процессы в электронных средствах" для студентов направления магистерской подготовки 12.03.01 «Приборостроение» очной и заочной формы обучения / ФГБОУ ВПО «Воронежский государственный технический университет»; сост. М.А. Ромащенко. Воронеж, 2018. 26 с.

## **АННОТАЦИЯ**

к рабочей программе дисциплины  
«Электромагнитная совместимость приборов»

**Направление подготовки** 12.03.01 – Приборостроение

**Профиль** Приборостроение

**Квалификация выпускника** Бакалавр

**Нормативный период обучения** 4 года / 5 лет

**Форма обучения** Очная / Заочная

**Год начала подготовки** 2020 г.

### **Цели дисциплины**

Ознакомить студента с методами и средствами обеспечения электромагнитной совместимости (ЭМС) при конструировании приборов, приобретение компетенций для решения задач надежного функционирования в условиях действия на аппаратуру преднамеренных и непреднамеренных электромагнитных помех и работы аппаратуры в сложных электромагнитных средах.

### **Задачи освоения дисциплины**

В результате освоения дисциплины студент должен:

знать: содержание проблемы ЭМС приборов, перспективные методы обеспечения ЭМС на стадии концепции и создания элементов и узлов приборов, технические средства обеспечения ЭМС, номенклатуру помехоподавляющих компонентов; методики оценки показателей ЭМС в приборах, основные сведения в области испытаний и измерений в области ЭМС, стандарты и нормативно-техническую документацию в области ЭМС и функциональной безопасности;

уметь: проводить анализ элементов и узлов приборов на соответствие требованиям ЭМС, проводить конструкторские расчеты уровней помех в элементах приборов, разрабатывать рекомендации по повышению помехозащищенности электронных средств и снижению уровня помехоэмиссии от них;

иметь навыки (приобрести опыт) экспериментальных исследований элементов и узлов приборов для определения их помехоустойчивости и помехозащищенности, написания программ испытаний и отчетов об их проведении, отладки элементов и узлов приборов по параметрам ЭМС и функциональной безопасности.

### **Перечень формируемых компетенций**

ПК-5 - способность выполнять математическое моделирование процессов и объектов на базе стандартных пакетов автоматизированного проектирования и исследований

**Общая трудоемкость дисциплины ЗЕТ:** 6 з.е.

**Форма итогового контроля по дисциплине:** курсовой проект, экзамен