

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования  
«ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ СИСТЕМ  
УПРАВЛЕНИЯ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ»  
(ТУСУР)



УТВЕРЖДАЮ  
Проректор по учебной работе

Документ подписан электронной подписью

Сертификат: a1119608-cdff-4455-b54e-5235117c185c

Владелец: Семенко Павел Васильевич

Действителен: с 17.09.2019 по 16.09.2024

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

**ЭЛЕКТРОМАГНИТНАЯ СОВМЕСТИМОСТЬ ЭЛЕКТРОННЫХ УСТРОЙСТВ**

Уровень образования: **высшее образование - магистратура**

Направление подготовки / специальность: **11.04.04 Электроника и наноэлектроника**

Направленность (профиль) / специализация: **Электронные приборы и устройства сбора, обработки и отображения информации**

Форма обучения: **очная**

Факультет: **Факультет электронной техники (ФЭТ)**

Кафедра: **Кафедра промышленной электроники (ПрЭ)**

Курс: **1**

Семестр: **2**

Учебный план набора 2021 года

Объем дисциплины и виды учебной деятельности

Виды учебной деятельности	2 семестр	Всего	Единицы
Лекционные занятия	24	24	часов
Практические занятия	18	18	часов
в т.ч. в форме практической подготовки	6	6	часов
Лабораторные занятия	16	16	часов
в т.ч. в форме практической подготовки	6	6	часов
Самостоятельная работа	86	86	часов
Подготовка и сдача экзамена	36	36	часов
Общая трудоемкость	180	180	часов
(включая промежуточную аттестацию)	5	5	з.е.

Формы промежуточной аттестация	Семестр
Экзамен	2

## 1. Общие положения

### 1.1. Цели дисциплины

1. Получение знаний в области обеспечения электромагнитной совместимости (ЭМС) электронных устройств радиоэлектронной аппаратуры, как между собой, так и с любыми преобразователями электрической энергии, находящимися в непосредственной близости или подключенными к общему источнику питания.

### 1.2. Задачи дисциплины

1. – Изучение вопросов обеспечения стойкости устройств к внешним воздействиям наносекундной и микросекундной длительности, а также их стойкости к электростатическим разрядам – Изучение распространения паразитных электромагнитных помех как по цепям питания, управления и нагрузки, так и посредством воздействия электромагнитным полем индукции от преобразователей электрической энергии. – Изучение частотных зависимостей и величины излучаемой энергии базовыми элементами преобразовательных устройств.

## 2. Место дисциплины в структуре ОПОП

Блок дисциплин: Б1. Дисциплины (модули).

Часть блока дисциплин: Часть, формируемая участниками образовательных отношений.

Модуль дисциплин: Модуль направленности (профиля) (major).

Индекс дисциплины: Б1.В.01.07.

Реализуется с применением электронного обучения, дистанционных образовательных технологий.

## 3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с индикаторами достижения компетенций

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций в соответствии с ФГОС ВО и основной образовательной программой (таблица 3.1):

Таблица 3.1 – Компетенции и индикаторы их достижения

Компетенция	Индикаторы достижения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине
<b>Универсальные компетенции</b>		
-	-	-
<b>Общепрофессиональные компетенции</b>		
-	-	-
<b>Профессиональные компетенции</b>		

<p>ПКС-2. Готов формулировать цели и задачи научных исследований в соответствии с тенденциями и перспективами развития электроники и наноэлектроники, а также смежных областей науки и техники, способностью обоснованно выбирать теоретические и экспериментальные методы и средства решения сформулированных задач</p>	<p>ПКС-2.1. Знает основные методы проведения теоретических и экспериментальных исследований</p>	<p>Знает методы проведения экспериментальных и теоретических исследований</p>
	<p>ПКС-2.2. Умеет делать научно-обоснованные выводы по результатам теоретических и экспериментальных исследований, давать рекомендации по совершенствованию устройств и систем, готовить научные публикации и заявки на изобретения</p>	<p>Умеет анализировать результаты исследований, делать обоснованные выводы, на основании которых выдаются рекомендации по совершенствованию устройств. Умеет готовить публикации, заявки на изобретения.</p>
	<p>ПКС-2.3. Владеет навыками подготовки научных публикаций и заявок на изобретения</p>	<p>Владеет навыками подготовки публикаций и заявок на изобретения.</p>
<p>ПКС-4. Готов осваивать принципы планирования и методы автоматизации эксперимента на основе информационно-измерительных комплексов как средства повышения точности и снижения затрат на его проведение, овладевать навыками измерений в реальном времени</p>	<p>ПКС-4.1. Знает принципы планирования и методы автоматизации эксперимента на основе информационно-измерительных комплексов как средства повышения точности и снижения затрат на его проведение</p>	<p>Знает основные принципы и методы планирования экспериментов на основе измерительных комплексов с целью повышения точности и снижения затрат на его проведение.</p>
	<p>ПКС-4.2. Умеет применять принципы планирования и методы автоматизации эксперимента на основе информационно-измерительных комплексов как средства повышения точности и снижения затрат на его проведение</p>	<p>Умеет планировать методики автоматизации эксперимента с целью повышения точности и снижения затрат на его проведение.</p>
	<p>ПКС-4.3. Владеет навыками измерений в реальном времени</p>	<p>Владеет навыками измерений в реальном времени</p>

ПКС-5. Способен к организации и проведению экспериментальных исследований с применением современных средств и методов	ПКС-5.1. Знает современные средства и методы организации и проведения экспериментальных исследований	Знает современные средства и методы организации эксперимента.
	ПКС-5.2. Умеет организовывать и проводить экспериментальные исследования с применением современных средств и методов	Умеет организовывать и проводить экспериментальные исследования с применением современных средств и методов в соответствии с требованиями.
	ПКС-5.3. Владеет навыками применения современных средств и методов организации и проведения экспериментальных исследований	Владеет навыками применения современных средств и методов организации и проведения экспериментальных исследований в соответствии с требованиями.

#### 4. Объем дисциплины в зачетных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем и на самостоятельную работу обучающихся

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 зачетных единиц, 180 академических часов.

Распределение трудоемкости дисциплины по видам учебной деятельности представлено в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Трудоемкость дисциплины по видам учебной деятельности

Виды учебной деятельности	Всего часов	Семестры
		2 семестр
<b>Контактная аудиторная работа обучающихся с преподавателем, всего</b>	58	58
Лекционные занятия	24	24
Практические занятия	18	18
Лабораторные занятия	16	16
<b>Самостоятельная работа обучающихся, в т.ч. контактная внеаудиторная работа обучающихся с преподавателем, всего</b>	86	86
Подготовка к тестированию	38	38
Написание реферата	24	24
Подготовка к лабораторной работе, написание отчета	16	16
Подготовка мультимедийной презентации	8	8
<b>Подготовка и сдача экзамена</b>	36	36
<b>Общая трудоемкость (в часах)</b>	180	180
<b>Общая трудоемкость (в з.е.)</b>	5	5

#### 5. Структура и содержание дисциплины

##### 5.1. Разделы (темы) дисциплины и виды учебной деятельности

Структура дисциплины по разделам (темам) и видам учебной деятельности приведена в таблице 5.1.

Таблица 5.1 – Разделы (темы) дисциплины и виды учебной деятельности

Названия разделов (тем) дисциплины	Лек.	Прак.	Лаб.	Сам.	Всего часов (без экзамена)	Формируемые компетенции
	зан., ч	зан., ч	раб.	раб., ч		

2 семестр						
1 Предмет, цель и структура курса электромагнитной совместимости.	2	-	-	4	6	ПКС-2, ПКС-4, ПКС-5
2 Электромагнитная совместимость технических средств и их ранжирование	4	4	-	4	12	ПКС-2, ПКС-4, ПКС-5
3 Распространение электромагнитных помех	4	4	8	20	36	ПКС-2, ПКС-4, ПКС-5
4 Частотные зависимости базовых элементов схем устройств преобразовательной техники (резисторов, конденсаторов, индуктивностей, механических контактов реле)	2	4	-	4	10	ПКС-2, ПКС-4, ПКС-5
5 Испытательное оборудование на электромагнитную совместимость и помехоустойчивость электронных устройств	2	6	8	22	38	ПКС-2, ПКС-4, ПКС-5
6 Методики и типы испытаний на определение параметров электромагнитной совместимости и помехоустойчивости технических средств	4	-	-	12	16	ПКС-2, ПКС-4, ПКС-5
7 Способы борьбы с электромагнитными помехами	2	-	-	12	14	ПКС-2, ПКС-4, ПКС-5
8 Экранирование магнитных и электрических помеховых полей, а также расчет их эффективности. Экранирование коаксиальных кабелей и их подсоединения.	2	-	-	4	6	ПКС-2, ПКС-4, ПКС-5
9 Фильтрация сетевых цепей питания электронных устройств	2	-	-	4	6	ПКС-2, ПКС-4, ПКС-5
Итого за семестр	24	18	16	86	144	
Итого	24	18	16	86	144	

### 5.2. Содержание разделов (тем) дисциплины

Содержание разделов (тем) дисциплины (в т.ч. по лекциям) приведено в таблице 5.2.

Таблица 5.2 – Содержание разделов (тем) дисциплины (в т.ч. по лекциям)

Названия разделов (тем) дисциплины	Содержание разделов (тем) дисциплины (в т.ч. по лекциям)	Трудоемкость (лекционные занятия), ч	Формируемые компетенции
2 семестр			
1 Предмет, цель и структура курса электромагнитной совместимости.	Основные термины и определения в области электромагнитной совместимости и помехоустойчивости технических средств	2	ПКС-2, ПКС-4, ПКС-5
	Итого	2	

2 Электромагнитная совместимость технических средств и их ранжирование	Электромагнитная совместимость технических средств и их ранжирование по уровням электромагнитных воздействий и по частотным спектрам. Несущие частоты и спектры идеальных и реальных преобразователей электрической энергии. Влияние полосы пропускания на измеряемый уровень радиопомех. Ряды Фурье и расчет амплитудных коэффициентов Фурье.	4	ПКС-2, ПКС-4, ПКС-5
	Итого	4	
3 Распространение электромагнитных помех	Распространение электромагнитных помех по портам питания, управления, нагрузок и посредством индукционных наводок через электромагнитное поле Методики и типы испытаний на определение параметров электромагнитной совместимости и помехоустойчивости технических средств	4	ПКС-2, ПКС-4, ПКС-5
	Итого	4	
4 Частотные зависимости базовых элементов схем устройств преобразовательной техники (резисторов, конденсаторов, индуктивностей, механических контактов реле)	Схемы замещения базовых элементов электронных устройств, их свойства и характеристики	2	ПКС-2, ПКС-4, ПКС-5
	Итого	2	
5 Испытательное оборудование на электромагнитную совместимость и помехоустойчивость электронных устройств	Испытательное оборудование для испытания устройств на воздействие микросекундных помех и электростатических разрядов. Испытательное оборудование для определение параметров электромагнитной совместимости	2	ПКС-2, ПКС-4, ПКС-5
	Итого	2	
6 Методики и типы испытаний на определение параметров электромагнитной совместимости и помехоустойчивости технических средств	Методики испытаний приборов и комплексов в соответствии с ГОСТ и правилами измерительной техники.	4	ПКС-2, ПКС-4, ПКС-5
	Итого	4	

7 Способы борьбы с электромагнитными помехами	Способы борьбы с электромагнитными помехами устройств преобразовательной техники и обеспечение их помехоустойчивости Основные виды схем заземления и способы их подключения	2	ПКС-2, ПКС-4, ПКС-5
	Итого	2	
8 Экранирование магнитных и электрических помеховых полей, а также расчет их эффективности. Экранирование коаксиальных кабелей и их подсоединения.	Методики создания экранов и их расчет	2	ПКС-2, ПКС-4, ПКС-5
	Итого	2	
9 Фильтрация сетевых цепей питания электронных устройств	Сглаживающие фильтры, фильтры дифференциальных и синфазных составляющих помех, энергетические фильтры, фильтры помех	2	ПКС-2, ПКС-4, ПКС-5
	Итого	2	
Итого за семестр		24	
Итого		24	

### 5.3. Практические занятия (семинары)

Наименование практических занятий (семинаров) приведено в таблице 5.3.

Таблица 5.3 – Наименование практических занятий (семинаров)

Названия разделов (тем) дисциплины	Наименование практических занятий (семинаров)	Трудоемкость, ч	Формируемые компетенции
<b>2 семестр</b>			
2 Электромагнитная совместимость технических средств и их ранжирование	Несущие частоты и спектры идеальных и реальных преобразователей электрической энергии.	4	ПКС-2, ПКС-4, ПКС-5
	Итого	4	
3 Распространение электромагнитных помех	Распространение электромагнитных помех по портам питания	4	ПКС-2, ПКС-4, ПКС-5
	Итого	4	
4 Частотные зависимости базовых элементов схем устройств преобразовательной техники (резисторов, конденсаторов, индуктивностей, механических контактов реле)	Частотные зависимости базовых элементов схем устройств, обоснование параметров и возникновение новых свойств.	4	ПКС-2, ПКС-4, ПКС-5
	Итого	4	

5 Испытательное оборудование на электромагнитную совместимость и помехоустойчивость электронных устройств	Испытательное оборудование на электромагнитную совместимость, основные параметры исследуемых объектов.	6	ПКС-2, ПКС-4, ПКС-5
	Итого	6	
Итого за семестр		18	
Итого		18	

#### 5.4. Лабораторные занятия

Наименование лабораторных работ приведено в таблице 5.4.

Таблица 5.4 – Наименование лабораторных работ

Названия разделов (тем) дисциплины	Наименование лабораторных работ	Трудоемкость, ч	Формируемые компетенции
<b>2 семестр</b>			
3 Распространение электромагнитных помех	Исследование на эмиссию промышленных помех электрической машины последовательного возбуждения.	4	ПКС-2, ПКС-4, ПКС-5
	Исследование на эмиссию промышленных помех источника питания ЭВМ по цепям питания	4	ПКС-2, ПКС-4, ПКС-5
	Итого	8	
5 Испытательное оборудование на электромагнитную совместимость и помехоустойчивость электронных устройств	Испытания устройств электронной техники на устойчивость к импульсным помехам малой длительности	4	ПКС-2, ПКС-4, ПКС-5
	Испытание устройств на воздействие электростатических разрядов	4	ПКС-2, ПКС-4, ПКС-5
	Итого	8	
Итого за семестр		16	
Итого		16	

#### 5.5. Курсовой проект / курсовая работа

Не предусмотрено учебным планом

#### 5.6. Самостоятельная работа

Виды самостоятельной работы, трудоемкость и формируемые компетенции представлены в таблице 5.6.

Таблица 5.6 – Виды самостоятельной работы, трудоемкость и формируемые компетенции

Названия разделов (тем) дисциплины	Виды самостоятельной работы	Трудоемкость, ч	Формируемые компетенции	Формы контроля
<b>2 семестр</b>				



1 Предмет, цель и структура курса электромагнитной совместимости.	Подготовка к тестированию	4	ПКС-2, ПКС-4, ПКС-5	Тестирование
	Итого	4		
2 Электромагнитная совместимость технических средств и их ранжирование	Подготовка к тестированию	4	ПКС-2, ПКС-4, ПКС-5	Тестирование
	Итого	4		
3 Распространение электромагнитных помех	Написание реферата	8	ПКС-2, ПКС-4, ПКС-5	Реферат
	Подготовка к тестированию	4	ПКС-2, ПКС-4, ПКС-5	Тестирование
	Подготовка к лабораторной работе, написание отчета	8	ПКС-2, ПКС-4, ПКС-5	Лабораторная работа
	Итого	20		
4 Частотные зависимости базовых элементов схем устройств преобразовательной техники (резисторов, конденсаторов, индуктивностей, механических контактов реле)	Подготовка к тестированию	4	ПКС-2, ПКС-4, ПКС-5	Тестирование
	Итого	4		
5 Испытательное оборудование на электромагнитную совместимость и помехоустойчивость электронных устройств	Написание реферата	8	ПКС-2, ПКС-4, ПКС-5	Реферат
	Подготовка к тестированию	6	ПКС-2, ПКС-4, ПКС-5	Тестирование
	Подготовка к лабораторной работе, написание отчета	8	ПКС-2, ПКС-4, ПКС-5	Лабораторная работа
	Итого	22		
6 Методики и типы испытаний на определение параметров электромагнитной совместимости и помехоустойчивости технических средств	Написание реферата	8	ПКС-2, ПКС-4, ПКС-5	Реферат
	Подготовка к тестированию	4	ПКС-2, ПКС-4, ПКС-5	Тестирование
	Итого	12		
7 Способы борьбы с электромагнитными помехами	Подготовка мультимедийной презентации	8	ПКС-2, ПКС-4, ПКС-5	Мультимедийная презентация
	Подготовка к тестированию	4	ПКС-2, ПКС-4, ПКС-5	Тестирование
	Итого	12		

8 Экранирование магнитных и электрических помеховых полей, а также расчет их эффективности. Экранирование коаксиальных кабелей и их подсоединения.	Подготовка к тестированию	4	ПКС-2, ПКС-4, ПКС-5	Тестирование
	Итого	4		
9 Фильтрация сетевых цепей питания электронных устройств	Подготовка к тестированию	4	ПКС-2, ПКС-4, ПКС-5	Тестирование
	Итого	4		
Итого за семестр		86		
	Подготовка и сдача экзамена	36		Экзамен
Итого		122		

### 5.7. Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов учебной деятельности

Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов учебной деятельности представлено в таблице 5.7.

Таблица 5.7 – Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов занятий

Формируемые компетенции	Виды учебной деятельности				Формы контроля
	Лек. зан.	Прак. зан.	Лаб. раб.	Сам. раб.	
ПКС-2	+	+	+	+	Лабораторная работа, Реферат, Тестирование, Экзамен, Мультимедийная презентация
ПКС-4	+	+	+	+	Лабораторная работа, Реферат, Тестирование, Экзамен, Мультимедийная презентация
ПКС-5	+	+	+	+	Лабораторная работа, Реферат, Тестирование, Экзамен, Мультимедийная презентация

### 6. Рейтинговая система для оценки успеваемости обучающихся

#### 6.1. Балльные оценки для форм контроля

Балльные оценки для форм контроля представлены в таблице 6.1.

Таблица 6.1 – Балльные оценки

Формы контроля	Максимальный балл на 1-ую КТ с начала семестра	Максимальный балл за период между 1КТ и 2КТ	Максимальный балл за период между 2КТ и на конец семестра	Всего за семестр
<b>2 семестр</b>				
Лабораторная работа	10	10	10	30
Реферат	0	0	10	10
Тестирование	5	10	5	20
Мультимедийная презентация	0	0	10	10

Экзамен				30
Итого максимум за период	15	20	35	100
Нарастающим итогом	15	35	70	100

### 6.2. Пересчет баллов в оценки за текущий контроль

Пересчет баллов в оценки за текущий контроль представлен в таблице 6.2.

Таблица 6.2 – Пересчет баллов в оценки за текущий контроль

Баллы на дату текущего контроля	Оценка
≥ 90% от максимальной суммы баллов на дату ТК	5
От 70% до 89% от максимальной суммы баллов на дату ТК	4
От 60% до 69% от максимальной суммы баллов на дату ТК	3
< 60% от максимальной суммы баллов на дату ТК	2

### 6.3. Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку

Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку представлен в таблице

6.3.

Таблица 6.3 – Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку

Оценка	Итоговая сумма баллов, учитывает успешно сданный экзамен	Оценка (ECTS)
5 (отлично) (зачтено)	90 – 100	A (отлично)
4 (хорошо) (зачтено)	85 – 89	B (очень хорошо)
	75 – 84	C (хорошо)
	70 – 74	D (удовлетворительно)
3 (удовлетворительно) (зачтено)	65 – 69	E (посредственно)
	60 – 64	
2 (неудовлетворительно) (не зачтено)	Ниже 60 баллов	F (неудовлетворительно)

## 7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### 7.1. Основная литература

1. Электромагнитная совместимость радиоэлектронных средств и систем: Учебное пособие / А. А. Тихомиров, В. И. Ефанов - 2012. 229 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: <https://edu.tusur.ru/publications/748>.

### 7.2. Дополнительная литература

1. Электромагнитная совместимость устройств промышленной электроники : Учебное пособие / А. Н. Селяев ; Федеральное агентство по образованию, Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, Кафедра промышленной электроники. - Томск : ТУСУР, 2007. - 245 с. : ил., табл. - Библиогр.: с. 238-245. (наличие в библиотеке ТУСУР - 75 экз.).

2. Электромагнитная совместимость: преднамеренные силовые электромагнитные воздействия: Учебное пособие / А. М. Заболоцкий, Т. Р. Газизов, С. П. Куксенко - 2018. 114 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: <https://edu.tusur.ru/publications/8163>.

### 7.3. Учебно-методические пособия

#### 7.3.1. Обязательные учебно-методические пособия

1. Селяев А.Н., Скворцов В.А. Башкиров В.Н. Загородских Е.В. Электромагнитная совместимость электронных устройств. Руководство к организации самостоятельной работы. — Томск: Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2016. — 45 с (данные методические указания используются при проведении практических занятий) [Электронный ресурс] [Электронный ресурс]: — Режим доступа: [https://ie.tusur.ru/docs/sva/ems\\_s.rar](https://ie.tusur.ru/docs/sva/ems_s.rar).

2. Скворцов В.А. Башкиров В.Н. Загородских Е.В. Электромагнитная совместимость электронных устройств. Методические указания к выполнению лабораторных работ 2016 (данные методические указания используются при проведении практических занятий): [Электронный ресурс] [Электронный ресурс]: — Режим доступа: [http://ie.tusur.ru/docs/sva/ems\\_1.rar](http://ie.tusur.ru/docs/sva/ems_1.rar).

### **7.3.2. Учебно-методические пособия для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов**

Учебно-методические материалы для самостоятельной и аудиторной работы обучающихся из числа лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов предоставляются в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации.

**Для лиц с нарушениями зрения:**

- в форме электронного документа;
- в печатной форме увеличенным шрифтом.

**Для лиц с нарушениями слуха:**

- в форме электронного документа;
- в печатной форме.

**Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:**

- в форме электронного документа;
- в печатной форме.

### **7.4. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы**

1. При изучении дисциплины рекомендуется обращаться к современным базам данных, информационно-справочным и поисковым системам, к которым у ТУСУРа открыт доступ: <https://lib.tusur.ru/ru/resursy/bazy-dannyh>.

## **8. Материально-техническое и программное обеспечение дисциплины**

### **8.1. Материально-техническое и программное обеспечение для лекционных занятий**

Для проведения занятий лекционного типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации используется учебная аудитория с достаточным количеством посадочных мест для учебной группы, оборудованная доской и стандартной учебной мебелью. Имеются мультимедийное оборудование и учебно-наглядные пособия, обеспечивающие тематические иллюстрации по лекционным разделам дисциплины.

### **8.2. Материально-техническое и программное обеспечение для практических занятий**

Лаборатория электромагнитной совместимости: учебная аудитория для проведения занятий практического типа, учебная аудитория для проведения занятий лабораторного типа; 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 74, 030 ауд.

Описание имеющегося оборудования:

- Источник постоянного тока 0-30 В, 0-3 А;
- Трансформатор 220-240 В. 16 А, 3000 Вт;
- Осциллограф цифровой Tektronix;
- Испытательный генератор микросекундных импульсных помех;
- Испытательный генератор наносекундных импульсных помех;
- Испытательный генератор электростатических разрядов;
- Радиоизмерительный комплект с антеннами;
- Измеритель импеданса цифровой;
- Персональный компьютер (2 шт.);
- Измеритель LCR (5 шт.);
- Анализатор спектра AgilentTechnologies;

- ВЧ генератор сигналов;
  - Источник питания постоянного тока (2 шт.);
  - Усилитель широкополосный (2 шт.);
  - Комплект специализированной учебной мебели;
  - Рабочее место преподавателя.
- Программное обеспечение:
- Google Chrome;
  - Microsoft Windows;
  - OpenOffice;

### **8.3. Материально-техническое и программное обеспечение для лабораторных работ**

Лаборатория электромагнитной совместимости: учебная аудитория для проведения занятий практического типа, учебная аудитория для проведения занятий лабораторного типа; 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 74, 030 ауд.

Описание имеющегося оборудования:

- Источник постоянного тока 0-30 В, 0-3 А;
- Трансформатор 220-240 В. 16 А, 3000 Вт;
- Осциллограф цифровой Tektronix;
- Испытательный генератор микросекундных импульсных помех;
- Испытательный генератор наносекундных импульсных помех;
- Испытательный генератор электростатических разрядов;
- Радиоизмерительный комплект с антеннами;
- Измеритель импеданса цифровой;
- Персональный компьютер (2 шт.);
- Измеритель LCR (5 шт.);
- Анализатор спектра AgilentTechnologies;
- ВЧ генератор сигналов;
- Источник питания постоянного тока (2 шт.);
- Усилитель широкополосный (2 шт.);
- Комплект специализированной учебной мебели;
- Рабочее место преподавателя.

Программное обеспечение:

- Google Chrome;
- Microsoft Windows;
- OpenOffice;

### **8.4. Материально-техническое и программное обеспечение для самостоятельной работы**

Для самостоятельной работы используются учебные аудитории (компьютерные классы), расположенные по адресам:

- 634050, Томская область, г. Томск, Ленина проспект, д. 40, 233 ауд.;
- 634045, Томская область, г. Томск, ул. Красноармейская, д. 146, 201 ауд.;
- 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 47, 126 ауд.;
- 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 74, 207 ауд.

Описание имеющегося оборудования:

- учебная мебель;
- компьютеры;
- компьютеры подключены к сети «Интернет» и обеспечивают доступ в электронную информационно-образовательную среду ТУСУРа.

Перечень программного обеспечения:

- Microsoft Windows;
- OpenOffice;
- Kaspersky Endpoint Security 10 для Windows;
- 7-Zip;
- Google Chrome.

## 8.5. Материально-техническое обеспечение дисциплины для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Освоение дисциплины лицами с ограниченными возможностями здоровья и инвалидами осуществляется с использованием средств обучения общего и специального назначения.

При занятиях с обучающимися с **нарушениями слуха** предусмотрено использование звукоусиливающей аппаратуры, мультимедийных средств и других технических средств приема/передачи учебной информации в доступных формах, мобильной системы преподавания для обучающихся с инвалидностью, портативной индукционной системы. Учебная аудитория, в которой занимаются обучающиеся с нарушением слуха, оборудована компьютерной техникой, аудиотехникой, видеотехникой, электронной доской, мультимедийной системой.

При занятиях с обучающимися с **нарушениями зрения** предусмотрено использование в лекционных и учебных аудиториях возможности просмотра удаленных объектов (например, текста на доске или слайда на экране) при помощи видеоувеличителей для комфортного просмотра.

При занятиях с обучающимися с **нарушениями опорно-двигательного аппарата** используются альтернативные устройства ввода информации и другие технические средства приема/передачи учебной информации в доступных формах, мобильной системы обучения для людей с инвалидностью.

## 9. Оценочные материалы и методические рекомендации по организации изучения дисциплины

### 9.1. Содержание оценочных материалов для текущего контроля и промежуточной аттестации

Для оценки степени сформированности и уровня освоения закрепленных за дисциплиной компетенций используются оценочные материалы, представленные в таблице 9.1.

Таблица 9.1 – Формы контроля и оценочные материалы

Названия разделов (тем) дисциплины	Формируемые компетенции	Формы контроля	Оценочные материалы (ОМ)
1 Предмет, цель и структура курса электромагнитной совместимости.	ПКС-2, ПКС-4, ПКС-5	Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
		Экзамен	Перечень экзаменационных вопросов
2 Электромагнитная совместимость технических средств и их ранжирование	ПКС-2, ПКС-4, ПКС-5	Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
		Экзамен	Перечень экзаменационных вопросов
3 Распространение электромагнитных помех	ПКС-2, ПКС-4, ПКС-5	Лабораторная работа	Темы лабораторных работ
		Реферат	Примерный перечень тем для рефератов
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
		Экзамен	Перечень экзаменационных вопросов
4 Частотные зависимости базовых элементов схем устройств преобразовательной техники (резисторов, конденсаторов, индуктивностей, механических контактов реле)	ПКС-2, ПКС-4, ПКС-5	Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
		Экзамен	Перечень экзаменационных вопросов

5 Испытательное оборудование на электромагнитную совместимость и помехоустойчивость электронных устройств	ПКС-2, ПКС-4, ПКС-5	Лабораторная работа	Темы лабораторных работ
		Реферат	Примерный перечень тем для рефератов
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
		Экзамен	Перечень экзаменационных вопросов
6 Методики и типы испытаний на определение параметров электромагнитной совместимости и помехоустойчивости технических средств	ПКС-2, ПКС-4, ПКС-5	Реферат	Примерный перечень тем для рефератов
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
		Экзамен	Перечень экзаменационных вопросов
7 Способы борьбы с электромагнитными помехами	ПКС-2, ПКС-4, ПКС-5	Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
		Экзамен	Перечень экзаменационных вопросов
		Мультимедийная презентация	Примерный перечень тем для мультимедийных презентаций
8 Экранирование магнитных и электрических помеховых полей, а также расчет их эффективности. Экранирование коаксиальных кабелей и их подсоединения.	ПКС-2, ПКС-4, ПКС-5	Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
		Экзамен	Перечень экзаменационных вопросов
9 Фильтрация сетевых цепей питания электронных устройств	ПКС-2, ПКС-4, ПКС-5	Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
		Экзамен	Перечень экзаменационных вопросов

Шкала оценки сформированности отдельных планируемых результатов обучения по дисциплине приведена в таблице 9.2.

Таблица 9.2 – Шкала оценки сформированности планируемых результатов обучения по дисциплине

Оценка	Баллы за ОМ	Формулировка требований к степени сформированности планируемых результатов обучения		
		знать	уметь	владеть
2 (неудовлетворительно)	< 60% от максимальной суммы баллов	отсутствие знаний или фрагментарные знания	отсутствие умений или частично освоенное умение	отсутствие навыков или фрагментарные применение навыков
3 (удовлетворительно)	от 60% до 69% от максимальной суммы баллов	общие, но не структурированные знания	в целом успешно, но не систематически осуществляемое умение	в целом успешное, но не систематическое применение навыков

4 (хорошо)	от 70% до 89% от максимальной суммы баллов	сформированные, но содержащие отдельные проблемы знания	в целом успешное, но содержащие отдельные пробелы умение	в целом успешное, но содержащие отдельные пробелы применение навыков
5 (отлично)	≥ 90% от максимальной суммы баллов	сформированные систематические знания	сформированное умение	успешное и систематическое применение навыков

Шкала комплексной оценки сформированности компетенций приведена в таблице 9.3.  
Таблица 9.3 – Шкала комплексной оценки сформированности компетенций

Оценка	Формулировка требований к степени компетенции
2 (неудовлетворительно)	Не имеет необходимых представлений о проверяемом материале или Знать на уровне <b>ориентирования</b> , представлений. Обучающийся знает основные признаки или термины изучаемого элемента содержания, их отнесенность к определенной науке, отрасли или объектам, узнает в текстах, изображениях или схемах и знает, к каким источникам нужно обращаться для более детального его усвоения.
3 (удовлетворительно)	Знать и уметь на <b>репродуктивном</b> уровне. Обучающихся знает изученный элемент содержания репродуктивно: произвольно воспроизводит свои знания устно, письменно или в демонстрируемых действиях.
4 (хорошо)	Знать, уметь, владеть на <b>аналитическом</b> уровне. Зная на репродуктивном уровне, указывать на особенности и взаимосвязи изученных объектов, на их достоинства, ограничения, историю и перспективы развития и особенности для разных объектов усвоения.
5 (отлично)	Знать, уметь, владеть на <b>системном</b> уровне. Обучающийся знает изученный элемент содержания системно, произвольно и доказательно воспроизводит свои знания устно, письменно или в демонстрируемых действиях, учитывая и указывая связи и зависимости между этим элементом и другими элементами содержания дисциплины, его значимость в содержании дисциплины.

### 9.1.1. Примерный перечень тестовых заданий

1. Параметры импульсных сигналов: Варианты ответов
  - а). Амплитуда, частота.
  - б). Длительность, скважность импульсов.
  - в). Относительная длительность импульсов, частота, время фронта
  - г). Амплитуда, длительность, время фронтов, спад вершин
2. Частотный диапазон работы усилителя постоянного тока: Варианты ответов
  - а).  $f_n = 0$ ,  $f_v = f_1$
  - б).  $f_n = f_1$ ,  $f_v = f_2$ .
  - в).  $f_n = f_v = f$ .
  - г).  $f_n = 0$ ,  $f_v = 0$
3. Задачи, решаемые стабилизатором напряжения: Варианты ответов
  - а). Компенсирует выходное напряжение при изменении сопротивления нагрузки
  - б). Поддерживает неизменным выходное напряжение при изменении входного
  - в). Обеспечивает неизменность выходной мощности
  - г). Обеспечивает постоянство сопротивления нагрузки



4. Свойство избирательного усилителя: Варианты ответов
  - а). Усиливает по постоянному току.
  - б). Ослабляет сигнал в заданном диапазоне частот.
  - в). Обладает коэффициентом усиления на заданной частоте
  - г). Повторяет входной сигнал .
5. Частотный диапазон работы избирательного усилителя: Варианты ответов
  - а).  $f_n = 0$   $f_v = f_1$
  - б).  $f_n = f_1$  ,  $f_v = f_2$
  - в).  $f_n = f_v = f$
  - г).  $f_n = 0$  ,  $f_v = 0$
6. Параметры обеспечиваемые эквивалентом сети: Варианты ответов
  - а). Сопротивление сети
  - б). Мощность сети
  - в). Импеданс сети
7. Частотный диапазон эквивалента сети NNB-12: Варианты ответов:
  - а) 50 Гц-150 кГц.
  - б) 150 кГц-30 МГц
  - в) 30 МГц-3 ГГц
8. Частотный диапазон работы селективного микро вольтметра SMV - 11: Варианты ответов:
  - а) 50 Гц-150 кГц.
  - б) 150 кГц-30 МГц
  - в) 30 МГц-3 ГГц
  - г) 9 кГц - 30 МГц
9. Измерительный импеданс эквивалента сети NNB -12: Варианты ответов:
  - а) 150 Ом
  - б) 75 Ом
  - в) 50 Ом
10. В каком частотном диапазоне проводится измерение квазипиковых импульсных напряжений радиопомех QPI:
  - а) 50 Гц-150 кГц.
  - б) 150 кГц-30 МГц
  - в) 30 МГц-3 ГГц
  - г) 10 кГц - 150 кГц
11. В каком частотном диапазоне проводится измерение квазипиковых импульсных напряжений радиопомех QPII :
  - а) 50 Гц-150 кГц.
  - б) 150 кГц-30 МГц
  - в) 30 МГц-3 ГГц
  - г) 10 кГц - 150 кГц
12. Измерения уровня помехи проводится на всём частотном диапазоне в каких единицах? Варианты ответов
  - а). Ом
  - б). В
  - в). дБ
  - г). А
13. Для проведения испытаний на стойкость электронной аппаратуры к электростатическим разрядам используются генераторы, имитирующие высоковольтный электростатический разряд. Варианты ответов
  - а). ИГЭ 15.2
  - б). SMV 11
  - в). NNB-12
  - г). ИГМ 4.1
14. Для проведения испытаний на стойкость электронной аппаратуры используются имитационные генераторы высоковольтных импульсных помех, которые обладают возможностью введения кондуктивных помех на порты электропитания. Варианты ответов

- а). ИГЭ 15.2
  - б). SMV 11
  - в). NNB-12
  - г). ИГМ 4.1
15. Устройство необходимое для того, чтобы избежать попадания помех на оборудование, не подлежащее испытаниям, которое может быть подключено к тем же линиям электропитания. Варианты ответов
- а). УСР
  - б). ИТС
  - в). МИП
  - г). ФИ
16. Анализатор качества энергоснабжения МТ-1010 предназначен для измерения мощности, тока, напряжения, частоты, энергии, фазового сдвига, гармонических искажений. Укажите максимальное значение измеряемых гармоник. Варианты ответов
- а). 10
  - б). 40
  - в). 60
17. Результаты испытаний на стойкость к внешним воздействиям классифицируются, исходя из прекращения выполнения функций или ухудшения качества функционирования в сравнении с установленным уровнем. Укажите самый жесткий критерий качества функционирования -
- а). А
  - б). В
  - в). С
  - г). D
18. Параметры импульсной последовательности: Варианты ответов
- а). Амплитуда, частота.
  - б). Длительность, скважность импульсов.
  - в) Относительная длительность импульсов, частота, время фронта
  - г). Амплитуда, длительность, время фронтов, спад вершин
19. Что за помехи, которые представляют собой токи, текущие по проводящим конструкциям и земле. Варианты ответов:
- а). Кондуктивные помехи
  - б). Микросекундные импульсные помехи
  - в). Индуктивные помехи
  - г). Электромагнитные помехи
20. Что такое коммутационные переходные процессы? Варианты ответов
- а). Переключения в мощных системах электроснабжения
  - б). Резонансные колебания в электрических сетях
  - в). Дуговые разряды в электрических установках

### **9.1.2. Перечень экзаменационных вопросов**

1. Защиты контактов механического ключа для снижения искрения .
2. Что такое промышленная радиопомеха?
3. Что означает порт между ТС и внешней электромагнитной средой. Какими параметрами характеризуется качество электрической энергии?
4. Какая частота является граничной между НЧ и ВЧ помехой?
5. Дать определение нежелательному радиоизлучению.
6. Что такое избирательность радио устройства
7. Что такое фликкер и доза фликкера?
8. Чем отличаются симметричная и несимметричная электромагнитные помехи?
9. Эквивалентная глубина проникновения электромагнитного поля в материал экрана
10. Особенность экранов от магнитных полей низкочастотного диапазона.
11. Типы фильтров от радиопомех.
12. Помехоэмиссия от кабелей питания устройств промышленной электроники.
13. Частотные зависимости модуля и фазы импеданса реальных резисторов.
14. Возникновение ВЧ-помех в транзисторных широтно-импульсных преобразователях.

15. Электрическая (емкостная) связь между системами.
16. Электромагнитная связь через общее сопротивление между системами.
17. Магнитная (индуктивная) связь между системами
18. Фильтр сетевого питания. Что такое синфазный дроссель и для чего он предназначен
19. Диодная защита для индуктивной нагрузки полупроводниковых преобразователей электрической энергии.
20. Электромагнитная совместимость систем и пути распространения помех между источником и рецептором
21. Волновое сопротивление электромагнитного поля в ближней и дальней зоне излучения.
22. Чем характеризуется высокоомное и низкоомное поле в ближней зоне излучения.
23. Схемы замещения транзисторных широтно-импульсных преобразователей с учетом паразитных параметров
24. Влияние полосы пропускания приемников на измеряемый уровень радиопомех
25. Виды испытаний технических средств на помехоустойчивость.
26. В каких полосах частот измеряются напряжения и токи радиопомех, а в каких напряженности электрической и магнитной составляющих поля радиопомех
27. Что такое безэховая камера и для чего она необходима?
28. Чем характеризуется симметричная полосовая линия и для чего она нужна?
29. Для чего необходим эквивалент сети и какие они бывают.
30. Дать определение электромагнитной совместимости электротехнического оборудования
31. Дать определения квазипикового и пикового детекторов.

### **9.1.3. Темы лабораторных работ**

1. Исследование на эмиссию промышленных помех электрической машины последовательного возбуждения.
2. Исследование на эмиссию промышленных помех источника питания ЭВМ по цепям питания
3. Испытания устройств электронной техники на устойчивость к импульсным помехам малой длительности
4. Испытание устройств на воздействие электростатических разрядов

### **9.1.4. Примерный перечень тем для рефератов**

1. Испытательное оборудование для определения параметров электромагнитной совместимости.
2. Способы борьбы с электромагнитными помехами в устройствах преобразовательной техники малой мощности.
3. Испытательное оборудование для испытания устройств на воздействие микросекундных помех и электростатических разрядов
4. Частотные зависимости базовых элементов схем устройств преобразовательной техники (резисторов, конденсаторов индуктивностей, механических контактов реле)
5. Методики и типы испытаний на определение параметров электро-магнитной совместимости и помехоустойчивости технических средств.
6. Влияние полосы пропускания на измеряемый уровень радиопомех. Ряды Фурье

### **9.1.5. Примерный перечень тем для мультимедийных презентаций**

1. Несущие частоты и спектры идеальных и реальных преобразователей электрической энергии.
2. Распространение электромагнитных помех по портам питания Физические основы распространения помех.
3. Схемы замещения резисторов - базовых компонентов электронных схем. Частотные зависимости резисторов - базовых компонентов электронных схем.
4. Схемы замещения индуктивностей - базовых компонентов электронных схем. Частотные зависимости индуктивностей - базовых компонентов электронных схем
5. Схемы замещения конденсаторов - базовых компонентов электронных схем. Частотные зависимости конденсаторов - базовых компонентов электронных схем .

## **9.2. Методические рекомендации**

Учебный материал излагается в форме, предполагающей самостоятельное мышление студентов, самообразование. При этом самостоятельная работа студентов играет решающую роль в ходе всего учебного процесса.

Начать изучение дисциплины необходимо со знакомства с рабочей программой, списком учебно-методического и программного обеспечения. Самостоятельная работа студента включает работу с учебными материалами, выполнение контрольных мероприятий, предусмотренных учебным планом.

В процессе изучения дисциплины для лучшего освоения материала необходимо регулярно обращаться к рекомендуемой литературе и источникам, указанным в учебных материалах; пользоваться через кабинет студента на сайте Университета образовательными ресурсами электронно-библиотечной системы, а также общедоступными интернет-порталами, содержащими научно-популярные и специализированные материалы, посвященные различным аспектам учебной дисциплины.

При самостоятельном изучении тем следуйте рекомендациям:

- чтение или просмотр материала осуществляйте со скоростью, достаточной для индивидуального понимания и освоения материала, выделяя основные идеи; на основании изученного составить тезисы. Освоив материал, попытаться соотнести теорию с примерами из практики;

- если в тексте встречаются незнакомые или малознакомые термины, следует выяснить их значение для понимания дальнейшего материала;

- осмысливайте прочитанное и изученное, отвечайте на предложенные вопросы.

Студенты могут получать индивидуальные консультации, в т.ч. с использованием средств телекоммуникации.

По дисциплине могут проводиться дополнительные занятия, в т.ч. в форме вебинаров. Расписание вебинаров и записи вебинаров публикуются в электронном курсе / электронном журнале по дисциплине.

### **9.3. Требования к оценочным материалам для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов**

Для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов предусмотрены дополнительные оценочные материалы, перечень которых указан в таблице 9.2.

Таблица 9.2 – Дополнительные материалы оценивания для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Категории обучающихся	Виды дополнительных оценочных материалов	Формы контроля и оценки результатов обучения
С нарушениями слуха	Тесты, письменные самостоятельные работы, вопросы к зачету, контрольные работы	Преимущественно письменная проверка
С нарушениями зрения	Собеседование по вопросам к зачету, опрос по терминам	Преимущественно устная проверка (индивидуально)
С нарушениями опорно-двигательного аппарата	Решение дистанционных тестов, контрольные работы, письменные самостоятельные работы, вопросы к зачету	Преимущественно дистанционными методами
С ограничениями по общемедицинским показаниям	Тесты, письменные самостоятельные работы, вопросы к зачету, контрольные работы, устные ответы	Преимущественно проверка методами, определяющимися исходя из состояния обучающегося на момент проверки

### **9.4. Методические рекомендации по оценочным материалам для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов**

Для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов предусматривается доступная форма предоставления заданий оценочных средств, а именно:

- в печатной форме;
- в печатной форме с увеличенным шрифтом;
- в форме электронного документа;
- методом чтения ассистентом задания вслух;
- предоставление задания с использованием сурдоперевода.

Лицам с ограниченными возможностями здоровья и инвалидам увеличивается время на подготовку ответов на контрольные вопросы. Для таких обучающихся предусматривается доступная форма предоставления ответов на задания, а именно:

- письменно на бумаге;
- набор ответов на компьютере;
- набор ответов с использованием услуг ассистента;
- представление ответов устно.

Процедура оценивания результатов обучения лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов по дисциплине предусматривает предоставление информации в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

**Для лиц с нарушениями зрения:**

- в форме электронного документа;
- в печатной форме увеличенным шрифтом.

**Для лиц с нарушениями слуха:**

- в форме электронного документа;
- в печатной форме.

**Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:**

- в форме электронного документа;
- в печатной форме.

При необходимости для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов процедура оценивания результатов обучения может проводиться в несколько этапов.

## ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Рассмотрена и одобрена на заседании кафедры ПрЭ  
протокол № 12 от «14» 12 2020 г.

### СОГЛАСОВАНО:

Должность	Инициалы, фамилия	Подпись
Заведующий выпускающей каф. ПрЭ	С.Г. Михальченко	Согласовано, 706957f1-d2eb-4f94- b533-6139893cfd5a
Заведующий обеспечивающей каф. ПрЭ	С.Г. Михальченко	Согласовано, 706957f1-d2eb-4f94- b533-6139893cfd5a
Начальник учебного управления	Е.В. Саврук	Согласовано, fa63922b-1fce-4aba- 845d-9ce7670b004c

### ЭКСПЕРТЫ:

Профессор, каф. ПрЭ	Н.С. Легостаев	Согласовано, 6332ca5f-c16e-4579- bbc4-ee49773dfd8d
Доцент, каф. ПрЭ	Д.О. Пахмурин	Согласовано, ce9e048a-2a49-44a0- b2ab-bc9421935400

### РАЗРАБОТАНО:

Старший преподаватель, каф. ПрЭ	В.Н. Башкиров	Разработано, d915ccac-f16f-44fd- 9263-481885eaf50c
---------------------------------	---------------	--