

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего
образования
"САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
АЭРОКОСМИЧЕСКОГО ПРИБОРОСТРОЕНИЯ"

Кафедра № 32

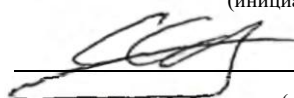
УТВЕРЖДАЮ
Руководитель образовательной программы

К.Т.Н., доц.

(должность, уч. степень, звание)

С.В. Солёный

(инициалы, фамилия)



(подпись)

«18» февраля 2026 г

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Электромагнитная совместимость»
(Наименование дисциплины)

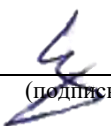
Код направления подготовки/ специальности	13.05.02
Наименование направления подготовки/ специальности	Специальные электромеханические системы
Наименование направленности/ специализации	Электромеханические системы специальных устройств и изделий
Форма обучения	очная
Год приема	2026

Лист согласования рабочей программы дисциплины

Программу составил (а)

доц., к.т.н., доц.

(должность, уч. степень, звание)

 18.02.2026
(подпись, дата)

В.П. Кузьменко

(инициалы, фамилия)

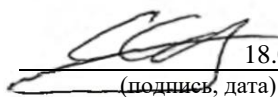
Программа одобрена на заседании кафедры № 32

«18» февраля 2026 г, протокол № 8

Заведующий кафедрой № 32

к.т.н., доц.

(уч. степень, звание)

 18.02.2026
(подпись, дата)

С.В. Солёный

(инициалы, фамилия)

Заместитель директора института №3 по методической работе

доц., к.т.н.

(должность, уч. степень, звание)

 18.02.2026
(подпись, дата)

Н.В. Решетникова

(инициалы, фамилия)

Аннотация

Дисциплина «Электромагнитная совместимость» входит в образовательную программу высшего образования – программу специалитета по направлению подготовки/специальности 13.05.02 «Специальные электромеханические системы» направленности/специализации «Электромеханические системы специальных устройств и изделий». Дисциплина реализуется кафедрой «№32».

Дисциплина нацелена на формирование у выпускника следующих компетенций:

ПК-5 «Способность участвовать в эксплуатации электротехнических и электроэнергетических устройств, специальных электромеханических систем»

ПК-6 «Способность использовать технические средства для измерения и контроля основных параметров электроэнергетического и электромеханического оборудования»

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с изучением общих вопросов электромагнитной совместимости, источников электромагнитных помех (ЭМП) и особенностей их воздействия на электротехнические устройства, каналов и механизмов передачи ЭМП, методов и средств защиты от ЭМП, технико-экспериментального определения помехоустойчивости, принципов обеспечения электромагнитной совместимости (ЭМС), нормативной базы и стандартизации в области ЭМС.

Преподавание дисциплины предусматривает следующие формы организации учебного процесса: лекции, практические занятия, самостоятельная работа обучающегося.

Программой дисциплины предусмотрены следующие виды контроля: текущий контроль успеваемости, промежуточная аттестация в форме зачета (7 семестр).

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

Язык обучения по дисциплине «русский»

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине

1.1. Цели преподавания дисциплины

Целью дисциплины является ознакомление студентов с теоретическими и практическими положениями оценки и расчета условий электромагнитной совместимости электротехнических устройств, а также выбора способов и расчета устройств защиты от электромагнитных помех. Дисциплина входит в состав части, формируемой участниками образовательных отношений, образовательной программы высшего образования (далее – ОП ВО).

1.2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения ОП ВО.

В результате изучения дисциплины обучающийся должен обладать следующими компетенциями или их частями. Компетенции и индикаторы их достижения приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Перечень компетенций и индикаторов их достижения

Категория (группа) компетенции	Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции
Профессиональные компетенции	ПК-5 Способность участвовать в эксплуатации электротехнических и электроэнергетических устройств, специальных электромеханических систем	ПК-5.3.1 знает правила и нормативные документы по эксплуатации электротехнического оборудования
Профессиональные компетенции	ПК-6 Способность использовать технические средства для измерения и контроля основных параметров электроэнергетического и электромеханического оборудования	ПК-6.3.1 знает особенности эксплуатации оборудования в нормальных, аварийных и послеаварийных режимах ПК-6.У.1 умеет проводить контроль режимов работы технологического оборудования; обеспечения безопасного производства

2. Место дисциплины в структуре ОП

Дисциплина может базироваться на знаниях, ранее приобретенных обучающимися при изучении следующих дисциплин:

- «Математика. Математический анализ»;
- «Физика»;
- «Электротехника».

Знания, полученные при изучении материала данной дисциплины, имеют как самостоятельное значение, так и могут использоваться при изучении других дисциплин:

- «Технико-экономические риски при создании новой техники»;
- «Конструирование, расчет и проектирование электромеханических и электроэнергетических устройств»;
- «Надежность электромеханических и электроэнергетических систем и комплексов».

3. Объем и трудоемкость дисциплины

Данные об общем объеме дисциплины, трудоемкости отдельных видов учебной работы по дисциплине (и распределение этой трудоемкости по семестрам) представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Объем и трудоемкость дисциплины

Вид учебной работы	Всего	Трудоемкость по семестрам
		№7
1	2	3
Общая трудоемкость дисциплины, ЗЕ/ (час)	3/ 108	3/ 108
Из них часов практической подготовки	17	17
Аудиторные занятия, всего час.	34	34
в том числе:		
лекции (Л), (час)	17	17
практические/семинарские занятия (ПЗ), (час)	17	17
лабораторные работы (ЛР), (час)		
курсовой проект (работа) (КП, КР), (час)		
экзамен, (час)		
Самостоятельная работа, всего (час)	74	74
Вид промежуточной аттестации: зачет, дифф. зачет, экзамен (Зачет, Дифф. зач, Экз.)	Зачет	Зачет

4. Содержание дисциплины

4.1. Распределение трудоемкости дисциплины по разделам и видам занятий.

Разделы, темы дисциплины и их трудоемкость приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Разделы, темы дисциплины, их трудоемкость

Разделы, темы дисциплины	Лекции (час)	ПЗ (СЗ)	ЛР (час)	КП (час)	СРС (час)
Семестр 7					
Раздел 1. Основные понятия электромагнитной совместимости	4	3			15
Раздел 2. Источники и приемники электромагнитных помех	2	4			15
Раздел 3. Классификация электромагнитных помех. Узкополосные и широко-полосные помехи. Противофазные и синфазные помехи	2	2			15
Раздел 4. Механизмы связи и методы ослабления помех. Гальваническая связь. Ёмкостная связь. Индуктивная связь. Электромагнитная связь	4	4			9
Раздел 5. Количественная оценка электромагнитной совместимости	3	4			10
Раздел 6. Нормативные документы в области электромагнитной совместимости	2	-			10
Итого в семестре:	17	17			74
Итого	17	17	0	0	74

Практическая подготовка заключается в непосредственном выполнении обучающимися определенных трудовых функций, связанных с будущей профессиональной деятельностью.

4.2. Содержание разделов и тем лекционных занятий.

Содержание разделов и тем лекционных занятий приведено в таблице 4.

Таблица 4 – Содержание разделов и тем лекционного цикла

Номер раздела	Название и содержание разделов и тем лекционных занятий
1	<p>Раздел 1. Основные понятия электромагнитной совместимости.</p> <p>Тема 1.1. Введение в электромагнитную совместимость. Лекция-беседа. Предмет и задачи электромагнитной совместимости. Электромагнитная обстановка. Совместная работа технических средств без взаимного недопустимого влияния. Помехоустойчивость и помехоэмиссия. Значение ЭМС для электроэнергетики, автоматизации и эксплуатации электротехнического оборудования.</p> <p>Тема 1.2. Основные термины и определения в области ЭМС. Лекция-визуализация. Электромагнитная помеха. Источник помех. Приемник помех. Канал распространения помех. Электромагнитное излучение. Наводка. Кондуктивные и излучаемые помехи. Уровень помехи. Критерий совместимости.</p> <p>Тема 1.3. Электромагнитная обстановка технического объекта. Лекция-беседа. Электромагнитная среда. Внешние и внутренние электромагнитные воздействия. Рабочие и аварийные режимы оборудования. Влияние коммутационных процессов. Влияние силовых цепей на цепи управления, связи и измерений. Оценка условий эксплуатации технических средств.</p> <p>Тема 1.4. Обеспечение ЭМС на этапах жизненного цикла оборудования. Лекция-визуализация. ЭМС при проектировании. ЭМС при монтаже. ЭМС при наладке. ЭМС при эксплуатации. Выбор оборудования с учетом электромагнитной обстановки. Контроль соответствия требованиям ЭМС. Профилактика нарушений работоспособности технических средств.</p>
2	<p>Раздел 2. Источники и приемники электромагнитных помех.</p> <p>Тема 2.1. Источники электромагнитных помех. Лекция-беседа. Естественные и искусственные источники помех. Силовые электрические сети. Коммутационные аппараты. Преобразователи частоты. Импульсные источники питания. Электродвигатели. Сварочное оборудование. Радиопередающие устройства. Молниевые и атмосферные воздействия.</p> <p>Тема 2.2. Приемники электромагнитных помех. Лекция-визуализация. Чувствительные технические средства. Измерительные цепи. Цепи управления и автоматики. Микропроцессорные устройства. Средства связи и передачи данных. Датчики и исполнительные механизмы. Восприимчивость оборудования к помехам. Нарушение функционирования приемников при электромагнитных воздействиях.</p> <p>Тема 2.3. Пути распространения помех от источника к приемнику. Лекция-беседа. Общая модель «источник - канал связи - приемник». Распространение помех по проводникам. Распространение помех через электромагнитное поле. Влияние монтажных решений. Общие цепи питания и заземления. Кабельные трассы как путь передачи помех. Оценка критических участков системы.</p>
3	<p>Раздел 3. Классификация электромагнитных помех. Узкополосные и широкополосные помехи. Противофазные и синфазные помехи.</p>

	<p>Тема 3.1. Классификация электромагнитных помех. Лекция-визуализация. Классификация помех по способу распространения. Классификация помех по спектральному составу. Классификация помех по длительности воздействия. Импульсные помехи. Периодические помехи. Случайные помехи. Кондуктивные помехи. Излучаемые помехи.</p> <p>Тема 3.2. Узкополосные и широкополосные помехи. Лекция-беседа. Узкополосная помеха. Широкополосная помеха. Спектр электромагнитной помехи. Частотный диапазон помехи. Источники узкополосных помех. Источники широкополосных помех. Влияние спектрального состава помехи на выбор методов защиты.</p> <p>Тема 3.3. Противофазные и синфазные помехи. Лекция-визуализация. Противофазная помеха. Синфазная помеха. Направление протекания помехового тока. Помехи между проводниками линии. Помехи относительно земли. Влияние схемы подключения оборудования. Методы выявления синфазной и противофазной составляющих. Выбор средств подавления помех.</p>
4	<p>Раздел 4. Механизмы связи и методы ослабления помех. Гальваническая связь. Емкостная связь. Индуктивная связь. Электромагнитная связь.</p> <p>Тема 4.1. Общие механизмы связи в системах ЭМС. Лекция-беседа. Понятие связи между источником и приемником помех. Гальваническая связь. Емкостная связь. Индуктивная связь. Электромагнитная связь. Роль частоты, расстояния, сопротивления и взаимного расположения элементов. Выбор метода ослабления помех в зависимости от механизма связи.</p> <p>Тема 4.2. Гальваническая связь и методы ее ослабления. Лекция-визуализация. Общие цепи питания. Общие цепи заземления. Падение напряжения на общих сопротивлениях. Разделение силовых и сигнальных цепей. Организация заземления. Гальваническая развязка. Фильтрация в цепях питания. Применение изолирующих преобразователей и оптронных развязок.</p> <p>Тема 4.3. Емкостная и индуктивная связь. Лекция-визуализация. Паразитная емкость между проводниками. Емкостные наводки. Влияние скорости изменения напряжения. Взаимная индуктивность цепей. Индуктивные наводки. Влияние скорости изменения тока. Разнесение кабелей. Скручивание проводников. Минимизация площади контуров. Правила прокладки силовых и слаботочных линий.</p> <p>Тема 4.4. Электромагнитная связь и технические средства защиты. Лекция-беседа. Излучение электромагнитного поля. Прием электромагнитной энергии проводниками и устройствами. Экранирование оборудования. Экранирование кабелей. Фильтры помех. Ферритовые элементы. Размещение оборудования в шкафах управления. Согласование кабельных вводов. Комплексное применение заземления, экранирования, фильтрации и рациональной компоновки.</p>
5	<p>Раздел 5. Количественная оценка электромагнитной совместимости.</p> <p>Тема 5.1. Показатели и параметры количественной оценки ЭМС. Лекция-визуализация. Уровень электромагнитной помехи. Предельно допустимый уровень помех. Запас электромагнитной совместимости. Уровень помехоустойчивости. Напряженность электрического поля. Напряженность магнитного поля. Напряжение помехи. Ток помехи. Частотный диапазон измерений. Единицы измерения параметров ЭМС.</p> <p>Тема 5.2. Методы измерения параметров ЭМС. Лекция-беседа. Измерение кондуктивных помех. Измерение излучаемых помех. Испытания на</p>

	<p>устойчивость к электростатическим разрядам. Испытания на устойчивость к импульсным помехам. Испытания на устойчивость к радиочастотному электромагнитному полю. Измерительные приемники. Антенны. Эквиваленты сети. Условия проведения измерений.</p> <p>Тема 5.3. Оценка соответствия требованиям ЭМС. Лекция-визуализация. Сопоставление измеренных уровней с нормируемыми значениями. Критерии работоспособности технических средств. Анализ результатов испытаний. Оценка запаса по ЭМС. Документирование результатов измерений. Протокол испытаний. Выявление причин несоответствия. Выбор корректирующих мероприятий.</p>
6	<p>Раздел 6. Нормативные документы в области электромагнитной совместимости.</p> <p>Тема 6.1. Система нормативного регулирования в области ЭМС. Лекция-беседа. Назначение нормативных документов по ЭМС. Требования к помехоэмиссии. Требования к помехоустойчивости. Общие и специализированные стандарты. Нормирование условий испытаний. Нормирование методов измерения. Применение требований ЭМС при проектировании, производстве и эксплуатации технических средств.</p> <p>Тема 6.2. Стандарты, техническая документация и оценка соответствия требованиям ЭМС. Лекция-визуализация. Национальные стандарты в области ЭМС. Международные стандарты IEC и CISPR. Технические регламенты и эксплуатационная документация. Паспортные данные оборудования. Протоколы испытаний. Сертификация и декларирование соответствия. Учет требований ЭМС при выборе оборудования и разработке проектной документации.</p>

4.3. Практические (семинарские) занятия

Темы практических занятий и их трудоемкость приведены в таблице 5.

Таблица 5 – Практические занятия и их трудоемкость

№ п/п	Темы практических занятий	Формы практических занятий	Трудоемкость, (час)	Из них практической подготовки, (час)	№ раздела дисциплины
Семестр 7					
1	Использование ЭМС-номограммы при описании импульсных помех	Практическая работа	3	3	1
2	Изучение методов анализа характеристик пассивных помехоподавляющих фильтров для обеспечения электромагнитной совместимости	Практическая работа	4	4	2
3	Оценка коэффициента затухания электромагнитного экрана	Практическая работа	2	2	3

4	Расчет параметров контура заземления группового заземлителя	Практическая работа	4	4	4
5	Расчет параметров электрического поля линии электропередачи высокого напряжения	Практическая работа	4	4	5,6
Всего			17	17	

4.4. Лабораторные занятия

Темы лабораторных занятий и их трудоемкость приведены в таблице 6.

Таблица 6 – Лабораторные занятия и их трудоемкость

№ п/п	Наименование лабораторных работ	Трудоемкость, (час)	Из них практической подготовки, (час)	№ раздела дисциплины
Учебным планом не предусмотрено				
Всего				

4.5. Выполнение курсового проекта/ курсовой работы

Учебным планом не предусмотрено

4.6. Самостоятельная работа обучающихся

Виды самостоятельной работы и ее трудоемкость приведены в таблице 7.

Таблица 7 – Виды самостоятельной работы и ее трудоемкость

Вид самостоятельной работы	Всего, час	Семестр 7, час
1	2	3
Изучение теоретического материала дисциплины (ТО)	70	70
Курсовое проектирование (КП, КР)		
Расчетно-графические задания (РГЗ)		
Выполнение реферата (Р)		
Подготовка к текущему контролю успеваемости (ТКУ)	2	2
Домашнее задание (ДЗ)		
Контрольные работы заочников (КРЗ)		
Подготовка к промежуточной аттестации (ПА)	2	2
Всего:	74	74

5. Перечень учебно-методического обеспечения

для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)

Учебно-методические материалы для самостоятельной работы обучающихся указаны в п.п. разделов 6-11.

6. Перечень печатных и электронных учебных изданий

Перечень печатных и электронных учебных изданий приведен в таблице 8.

Таблица 8— Перечень печатных и электронных учебных изданий

Шифр/ URL адрес	Библиографическая ссылка	Количество экземпляров в библиотеке (кроме электронных экземпляров)
621.31 О-75	В. П. Кузьменко, и др. Основы электромагнитной совместимости в электроэнергетике: учеб.-метод. пособие / В. П. Кузьменко, А. П. Бобрышов, С. А. Сериков, С. В. Солёный. – СПб.: ГУАП, 2022. – 73 с.	5
URL: https://e.lanbook.com/book/118157	Овсянников, А. Г. Электромагнитная совместимость в электроэнергетике : учебник / А. Г. Овсянников, Р. К. Борисов. — Новосибирск : НГТУ, 2017. — 196 с. — ISBN 978-5-7782-3367-6. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — Режим доступа: для авториз. пользователей.	
URL: https://e.lanbook.com/book/141608	Моделирование в электроэнергетике : учебное пособие / И. Н. Воротников, М. А. Мастепаненко, И. К. Шарипов, С. В. Аникуев. — Ставрополь : СтГАУ, 2018. — 128 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/141608 — Режим доступа: для авториз. пользователей.	

7. Перечень электронных образовательных ресурсов

информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

Перечень электронных образовательных ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины приведен в таблице 9.

Таблица 9 – Перечень электронных образовательных ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

URL адрес	Наименование
https://pro.guap.ru/	Методические рекомендации для самостоятельной подготовки, учебно-методические материалы по темам, мультимедийные презентации по темам, извлечения из нормативно-правовых актов по дисциплине размещены внутри ЭИОС ГУАП «Интегрированная среда обучения»

8. Перечень информационных технологий

8.1. Перечень программного обеспечения, используемого при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.

Перечень используемого программного обеспечения представлен в таблице 10.

Таблица 10– Перечень программного обеспечения

№ п/п	Наименование
1	Python v3.1x (свободно распространяемое)
2	MathWorks MATLAB (договор ГУАП, информация о лицензии представлена по ссылке https://guap.ru/it/system/iso/po)
3	Электронная информационно-образовательная среда ГУАП «Интегрированная среда обучения» (https://pro.guap.ru/) разработана сотрудниками ГУАП (введена в эксплуатацию приказом ГУАП от 06.06.2017 № 05-215/17), перечень модулей и их функциональное назначение изложены по ссылке https://guap.ru/it/system/iso
4	Официальный сайт образовательной организации в сети «Интернет» (https://guap.ru/), разработан сотрудниками ГУАП (введен в эксплуатацию Приказом ГУАП от 23.03.2023 № 05-145/23)
5	Microsoft Office 2019 (договор ГУАП, информация о лицензии представлена по ссылке https://guap.ru/it/system/iso/po)

8.2. Перечень информационно-справочных систем, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Перечень используемых информационно-справочных систем представлен в таблице 11.

Таблица 11– Перечень информационно-справочных систем

№ п/п	Наименование
1	Электронный каталог библиотеки ГУАП с доступом к базе полнотекстовых изданий (https://lib.guap.ru/), доступ через личный кабинет читателя библиотеки ГУАП
2	Научная электронная библиотека «eLIBRARY» (https://elibrary.ru/), доступ через личный кабинет читателя библиотеки ГУАП, а также по IP -адресам ГУАП
3	ЭБС «Лань» (https://e.lanbook.com/), доступ через личный кабинет читателя библиотеки ГУАП, а также по IP -адресам ГУАП
4	ЭБС Znanium (https://znanium.ru/), доступ через личный кабинет читателя библиотеки ГУАП, а также по IP -адресам ГУАП

9. Материально-техническая база

Состав материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине, представлен в таблице 12.

Таблица 12 – Состав материально-технической базы

№ п/п	Наименование составной части материально-технической базы	Номер аудитории (при необходимости)
1	Лаборатория компьютерного моделирования: – специализированная мебель; – технические средства обучения, служащие для представления учебной информации; ПЭВМ - Дисплей интерактивный НТС- 1 шт. Лабораторное оборудование: ПЭВМ – «Место рабочее автоматизированное» – 18 шт. Обеспечен доступ в электронную информационно-образовательную среду ГУАП по локальной вычислительной сети или точке доступа WiFi.	31-04 (ул. Большая Морская, д.67, лит. А)
2	Компьютеры с установленным на них ПО из таблицы 10	31-04 (ул. Большая Морская, д.67, лит. А)

10. Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

10.1. Состав оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине приведен в таблице 13.

Таблица 13 – Состав оценочных средств для проведения промежуточной аттестации

Вид промежуточной аттестации	Перечень оценочных средств
Зачет	Список вопросов; Тесты.

10.2. В качестве критериев оценки уровня сформированности (освоения) компетенций обучающимися применяется 5-балльная шкала оценки сформированности компетенций, которая приведена в таблице 14. В течение семестра может использоваться 100-балльная шкала модульно-рейтинговой системы Университета, правила использования которой, установлены соответствующим локальным нормативным актом ГУАП.

Таблица 14 – Критерии оценки уровня сформированности компетенций

Оценка компетенции	Характеристика сформированных компетенций
5-балльная шкала	
«отлично» «зачтено»	Обучающийся: – глубоко и всесторонне усвоил программный материал; – уверенно, логично, последовательно и грамотно его излагает; – опираясь на знания основной и дополнительной литературы, тесно связывает усвоенные научные положения с практической деятельностью направления; – умело обосновывает и аргументирует выдвигаемые им идеи; – делает выводы и обобщения; – свободно владеет системой специализированных понятий. – правильно выполнил от 90% до 100% тестовых заданий**.
«хорошо» «зачтено»	Обучающийся: – твердо усвоил программный материал, грамотно и по существу излагает его, опираясь на знания основной литературы; – не допускает существенных неточностей; – увязывает усвоенные знания с практической деятельностью направления; – аргументирует научные положения; – делает выводы и обобщения;

Оценка компетенции	Характеристика сформированных компетенций
5-балльная шкала	
	<ul style="list-style-type: none"> – владеет системой специализированных понятий. – правильно выполнил от 70% до 89% тестовых заданий^{**}.
«удовлетворительно» «зачтено»	<ul style="list-style-type: none"> – обучающийся усвоил только основной программный материал, по существу излагает его, опираясь на знания только основной литературы; – допускает несущественные ошибки и неточности; – испытывает затруднения в практическом применении знаний направления; – слабо аргументирует научные положения; – затрудняется в формулировании выводов и обобщений; – частично владеет системой специализированных понятий. – правильно выполнил от 51% до 69% тестовых заданий^{**}.
«неудовлетворительно» «не зачтено»	<ul style="list-style-type: none"> – обучающийся не усвоил значительной части программного материала; – допускает существенные ошибки и неточности при рассмотрении проблем в конкретном направлении; – испытывает трудности в практическом применении знаний; – не может аргументировать научные положения; – не формулирует выводов и обобщений. – правильно выполнил менее 60% тестовых заданий^{**}.

10.3. Типовые контрольные задания или иные материалы.

Вопросы (задачи) для экзамена представлены в таблице 15.

Таблица 15 – Вопросы (задачи) для экзамена

№ п/п	Перечень вопросов (задач) для экзамена	Код индикатора
	Учебным планом не предусмотрено	

Вопросы для зачета представлены в таблице 16.

Таблица 16 – Вопросы для зачета

№ п/п	Перечень вопросов для зачета	Код индикатора
	<ol style="list-style-type: none"> 1. Основные понятия электромагнитной совместимости. Электромагнитная совместимость. Электромагнитная помеха. Электромагнитная обстановка. Источник помех. Влияние помехи. Допустимая помеха. Недопустимая помеха. Приемлемая помеха. Уровень помехи. 2. Механизмы связи источников и приемников помех. 3. Источники помех. Функциональные и нефункциональные источники помех. 4. Приемники (рецепторы) электромагнитных воздействий. 5. Особенности планирования работ по обеспечению электромагнитной совместимости. 6. Стандарты РФ в области электромагнитной совместимости. Показатели качества электроэнергии. 7. Стандартизация в области электромагнитной совместимости на международном уровне (МЭК, ТК77, CISPR, CCITT, UNIPED, CENELEC, ETSI). 8. Количественная оценка электромагнитной совместимости. Степень передачи. помехоподавление. 9. Измерение уровней помех в децибелах и неперлах. 	ПК-5.3.1

	10. Классификация электромагнитных помех. Узкополосные и широкополосные помехи. 11. Количественная оценка узкополосности. Ширина полосы энергетического спектра. 12. Характеристика основных источников узкополосных помех.	
	18. Электромагнитный импульс ядерного взрыва как источник электромагнитных помех. 19. Классификация электромагнитных помех. Противофазные и синфазные помехи. 20. Преобразование синфазной помехи в противофазную. Коэффициент преобразования синфазной помехи в противофазную. 21. Гальваническая связь через цепи питания. Способы уменьшения напряжения помехи. 22. Мероприятия для снижения гальванической связи через цепи питания. 23. Гальваническая связь через контур заземления. Способы уменьшения гальванического влияния. 24. Мероприятия по снижению гальванического влияния в цепях заземления.	ПК-6.3.1
	25. Ёмкостная связь и способы ее ослабления. 26. Ёмкостная связь в контурах с общим проводом системы опорного потенциала. 27. Методы борьбы с помехами в контурах с большой емкостью относительно земли. 28. Индуктивная связь и способы ее ослабления. 29. Воздействие электромагнитного излучения. Защита от электромагнитных помех.	ПК-6.У.1

Перечень тем для выполнения курсового проекта/ курсовой работы представлены в таблице 17.

Таблица 17 – Перечень тем для выполнения курсового проекта / курсовой работы

№ п/п	Примерный перечень тем для выполнения курсового проекта/ курсовой работы
	Учебным планом не предусмотрено

Вопросы для проведения промежуточной аттестации в виде тестирования представлены в таблице 18.

Таблица 18 – Примерный перечень вопросов для тестов

№ п/п	Примерный перечень вопросов для тестов	Код индикатора
<p>1 тип. Задание комбинированного типа с выбором одного верного ответа из четырех предложенных и обоснованием выбора</p> <p>Инструкция: Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа</p>		
1	<p>Что из перечисленного является основным понятием электромагнитной совместимости?</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Частотная модуляция 2. Электромагнитное излучение 3. Электромагнитная совместимость 4. Электрическая проводимость 	ПК-4.3.1
2	Какой из перечисленных объектов является источником электромагнитных помех?	<p>ПК-5.3.1</p> <p>ПК-5.У.1</p>

	<div>1. Резистор</div> <div>2. Конденсатор</div> <div>3. Электродвигатель</div> <div>4. Диод</div>									
<div>2 тип. Задание комбинированного типа с выбором нескольких вариантов ответа из предложенных и развернутым обоснованием выбора</div> <div>Инструкция: Прочитайте текст, выберите правильные варианты ответа и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов</div>										
3	<div>Какие из следующих характеристик относятся к электромагнитной совместимости? (выберите два варианта)</div> <div><div>1. Устойчивость к внешним электромагнитным помехам</div><div>2. Эффективность электромагнитного экранирования</div><div>3. Высокая частотная модуляция</div><div>4. Низкое электрическое сопротивление</div></div>	ПК-4.3.1								
4	<div>Какие из перечисленных устройств являются приемниками электромагнитных помех? (выберите два варианта)</div> <div><div>1. Радиоприемник</div><div>2. Осциллограф</div><div>3. Трансформатор</div><div>4. Вольтметр</div></div>	ПК-5.3.1 ПК-5.У.1								
<div>3 тип. Задание закрытого типа на установление соответствия</div> <div>Инструкция: Прочитайте текст и установите соответствие. К каждой позиции, данной в левом столбце, подберите соответствующую позицию в правом столбце</div>										
5	<div>Установите соответствие между понятием и его определением.</div> <table><tr><td>1. Электромагнитное излучение</td><td>- А) Энергия, излучаемая электромагнитными волнами</td></tr><tr><td>2. Электромагнитная совместимость</td><td>- В) Способность оборудования работать без помех</td></tr><tr><td>3. Электрическая проводимость</td><td>- С) Способность материала проводить электрический ток</td></tr><tr><td>4. Частотная модуляция</td><td>- D) Изменение частоты сигнала для передачи информации</td></tr></table>	1. Электромагнитное излучение	- А) Энергия, излучаемая электромагнитными волнами	2. Электромагнитная совместимость	- В) Способность оборудования работать без помех	3. Электрическая проводимость	- С) Способность материала проводить электрический ток	4. Частотная модуляция	- D) Изменение частоты сигнала для передачи информации	ПК-4.3.1
1. Электромагнитное излучение	- А) Энергия, излучаемая электромагнитными волнами									
2. Электромагнитная совместимость	- В) Способность оборудования работать без помех									
3. Электрическая проводимость	- С) Способность материала проводить электрический ток									
4. Частотная модуляция	- D) Изменение частоты сигнала для передачи информации									
6	<div>Установите соответствие между устройством и его ролью в электромагнитной совместимости.</div> <table><tr><td>1. Радиоприемник</td><td>- А) Приемник помех</td></tr><tr><td>2. Электродвигатель</td><td>- В) Источник помех</td></tr><tr><td>3. Конденсатор</td><td>- С) Средство подавления помех</td></tr><tr><td>4. Трансформатор</td><td>- D) Передача энергии</td></tr></table>	1. Радиоприемник	- А) Приемник помех	2. Электродвигатель	- В) Источник помех	3. Конденсатор	- С) Средство подавления помех	4. Трансформатор	- D) Передача энергии	ПК-5.3.1 ПК-5.У.1
1. Радиоприемник	- А) Приемник помех									
2. Электродвигатель	- В) Источник помех									
3. Конденсатор	- С) Средство подавления помех									
4. Трансформатор	- D) Передача энергии									
<div>4 тип. Задание закрытого типа на установление последовательности</div> <div>Инструкция: Прочитайте текст и установите последовательность. Запишите соответствующую последовательность букв слева направо</div>										
7	<div>Расположите этапы проверки электромагнитной совместимости в правильной последовательности.</div> <div>А) Определение источников помех</div> <div>В) Оценка уровня помех</div> <div>С) Тестирование оборудования</div>	ПК-4.3.1								

	D) Анализ результатов	
8	Расположите этапы идентификации источников электромагнитных помех в правильной последовательности. A) Определение наличия помех B) Анализ спектра помех C) Локализация источника D) Оценка воздействия на оборудование	ПК-5.3.1 ПК-5.У.1
5 тип. Задание открытого типа с развернутым ответом		
Инструкция: Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ или напишите пропущенное слово/словосочетание		
9	Опишите основные принципы электромагнитной совместимости и их значение для эксплуатации электротехнического оборудования.	ПК-4.3.1
10	Опишите методы минимизации электромагнитных помех в электроэнергетическом оборудовании и их значимость.	ПК-5.3.1 ПК-5.У.1

Примечание:

1-й тип. Задание комбинированного типа с выбором одного верного ответа из четырех предложенных и обоснованием выбора считается верным, если правильно указана цифра и приведены конкретные аргументы, используемые при выборе ответа.

Полное совпадение с верным ответом – 1 балл.

Неверный ответ или его отсутствие – 0 баллов.

2-й тип. Задание комбинированного типа с выбором нескольких вариантов ответа из предложенных и развернутым обоснованием выбора считается верным, если правильно указаны цифры и приведены конкретные аргументы, используемые при выборе ответов.

Полное совпадение с верным ответом – 1 балл.

Если допущены ошибки или ответ отсутствует – 0 баллов.

3-й тип. Задание закрытого типа на установление соответствия считается верным, если установлены все соответствия (позиции из одного столбца верно сопоставлены с позициями другого столбца).

Полное совпадение с верным ответом – 1 балл.

Неверный ответ или его отсутствие – 0 баллов.

4-й тип. Задание закрытого типа на установление последовательности считается верным, если правильно указана вся последовательность цифр.

Полное совпадение с верным ответом – 1 балл.

Если допущены ошибки или ответ отсутствует – 0 баллов.

5-й тип. Задание открытого типа с развернутым ответом считается верным, если ответ совпадает с эталонным по содержанию и полноте.

Правильный ответ за задание оценивается в 3 балла.

Если допущена одна ошибка\неточность\ответ правильный, но не полный – 1 балл.

Если допущено более 1 ошибки\ответ неправильный\ответ отсутствует – 0 баллов.

Перечень тем контрольных работ по дисциплине обучающихся заочной формы обучения, представлены в таблице 19.

Таблица 19 – Перечень контрольных работ

№ п/п	Перечень контрольных работ
	Не предусмотрено

10.4. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания индикаторов, характеризующих этапы формирования компетенций, содержатся в локальных нормативных актах ГУАП, регламентирующих порядок и процедуру проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся ГУАП.

11. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

11.1. Методические указания для обучающихся по освоению лекционного материала.

Основное назначение лекционного материала – логически стройное, системное, глубокое и ясное изложение учебного материала. Назначение современной лекции в рамках дисциплины не в том, чтобы получить всю информацию по теме, а в освоении фундаментальных проблем дисциплины, методов научного познания, новейших достижений научной мысли. В учебном процессе лекция выполняет методологическую, организационную и информационную функции. Лекция раскрывает понятийный аппарат конкретной области знания, её проблемы, дает цельное представление о дисциплине, показывает взаимосвязь с другими дисциплинами.

Планируемые результаты при освоении обучающимися лекционного материала:

- получение современных, целостных, взаимосвязанных знаний, уровень которых определяется целевой установкой к каждой конкретной теме;
- получение опыта творческой работы совместно с преподавателем;
- развитие профессионально-деловых качеств, любви к предмету и самостоятельного творческого мышления.
- появление необходимого интереса, необходимого для самостоятельной работы;
- получение знаний о современном уровне развития науки и техники и о прогнозе их развития на ближайшие годы;
- научиться методически обрабатывать материал (выделять главные мысли и положения, приходить к конкретным выводам, повторять их в различных формулировках);
- получение точного понимания всех необходимых терминов и понятий.

Лекционный материал может сопровождаться демонстрацией слайдов и использованием раздаточного материала при проведении коротких дискуссий об особенностях применения отдельных тематик по дисциплине.

Структура предоставления лекционного материала описана в таблице 4.

11.2. Методические указания для обучающихся по участию в семинарах.

Учебным планом не предусмотрено.

11.3. Методические указания для обучающихся по прохождению практических занятий.

Практическое занятие является одной из основных форм организации учебного процесса, заключающаяся в выполнении обучающимися под руководством преподавателя комплекса учебных заданий с целью усвоения научно-теоретических основ учебной дисциплины, приобретения умений и навыков, опыта творческой деятельности.

Целью практического занятия для обучающегося является привитие обучающимся умений и навыков практической деятельности по изучаемой дисциплине.

Планируемые результаты при освоении обучающимися практических занятий:

- закрепление, углубление, расширение и детализация знаний при решении конкретных задач;

- развитие познавательных способностей, самостоятельности мышления, творческой активности;
- овладение новыми методами и методиками изучения конкретной учебной дисциплины;
- выработка способности логического осмысления полученных знаний для выполнения заданий;
- обеспечение рационального сочетания коллективной и индивидуальной форм обучения.

Требования к проведению практических занятий

Примерные формулировки практических заданий, в соответствии с таблицей 5.

ПЗ №1 «Использование эмс-номограммы при описании импульсных помех»

Задание: смоделировать и построить импульс напряжения, прошедшего через фильтр, переход из частотной области во временную для исходного импульса и для импульса, прошедшего через фильтр.

1. Получить исходные данные импульсной помехи, используя ПО MatLab или Python разработать программу обработки и реализации импульса.
2. Определить параметры амплитуды, длительности, времени нарастания, крутизны фронта импульса помехи после его прохождения через канал передачи. Произвести построение графика импульса в системе координат U, t .
3. Построить график частотной плотности распределения амплитуд импульса помехи.
4. Построить кусочно-линейную аппроксимацию огибающей спектральной плотности распределения амплитуд.
5. Построить огибающую спектральной плотности распределения амплитуд после прохождения импульса через канал передачи, имеющий амплитудно-частотную характеристику с коэффициентом затухания согласно варианту задания;
6. Произвести исследование влияния изменения параметров импульса помехи на вид частотной плотности распределения амплитуд.
7. Сравнить полученные результаты и написать выводы.

ПЗ №2 «Пассивные помехоподавляющие фильтры»

Задание: изучить устройство и принцип работы электрических фильтров, методы анализа характеристик пассивных помехоподавляющих фильтров для обеспечения электромагнитной совместимости. Освоить моделирование амплитудно-частотных характеристик фильтра и исследовать их характеристики.

1. Получить исходные данные пассивного частотного фильтра. Составить принципиальную электрическую схему фильтра и обозначить на ней номиналы элементов.
2. Используя ПО MatLab или Python разработать программу, обеспечивающую расчет зависимости коэффициента затухания фильтра от частоты. Построить АЧХ фильтра и произвести вывод данных на экран монитора. Рекомендуемые для расчета значения частот: 10, 100, 200, 500 Гц, 1, 2, 5, 10, 20, 50, 100 кГц. Масштаб по оси частот – логарифмический.
3. По графику АЧХ фильтра определить частоту среза, которая соответствует спаду АЧХ на –3 дБ от максимального значения коэффициента пропускания фильтра.

4. Произвести расчет крутизны спада АЧХ в полосе подавления и определить по нему порядок фильтра (крутизну спада АЧХ определять на линейном участке АЧХ в децибелах при двойном (одна октава) или десятикратном (одна декада) изменении частоты).
5. Определить частоты, на которых исходный синусоидальный сигнал будет ослаблен фильтром в 100 и 1000 раз.
6. Рассчитать и построить АЧХ при заданном изменении номиналов элементов фильтра (при заданном увеличении или уменьшении емкости C или индуктивности L согласно варианту задания).

ПЗ №3 «Оценка коэффициента затухания электромагнитного экрана»

Задание: изучить принцип действия электромагнитных экранов и основных способов расчета коэффициента затухания.

1. Получить исходные данные параметров плоского экрана. Составить принципиальную электрическую схему фильтра и обозначить на ней номиналы элементов.
2. Рассчитать характеристические сопротивления воздуха полю элементарного электрического излучателя и полю элементарного магнитного излучателя в ближней зоне на расстоянии $0,05 \cdot \lambda$ от источника помех. Определить характеристическое сопротивление воздуха для дальней зоны и характеристическое сопротивление материала экрана.
3. Построить зависимость характеристического сопротивления среды (воздуха) от расстояния в ближней и дальней зонах для электрической и магнитной составляющих поля.
4. Используя метод полных сопротивлений рассчитать общие коэффициенты затухания электромагнитного экрана для электрического и магнитного полей, а также их составляющие, в ближней зоне на расстоянии, равном $0,05 \cdot \lambda$ от излучателя помех.
5. Рассчитать коэффициент экранирования в дальней зоне и его составляющие. Построить зависимости от частоты для общего коэффициента затухания электрического поля в ближней и дальней зонах, а также его составляющих: коэффициента затухания вследствие отражения и коэффициента затухания из-за поглощения в стенке экрана.
6. Определить частоты, на которых эффективность экранирования минимальна для поля ближней и дальней зоны. Определить величины напряженностей электрического и магнитного полей внутри экрана для ближней и дальней зон.
7. Сравнить полученные результаты и написать выводы.

ПЗ №4 «Расчет параметров контура заземления группового заземлителя»

Задание: изучить теоретическую часть принципа работы заземляющего устройства. Произвести моделирование и теоретические расчеты проводимости и сопротивления металлических частей группового заземлителя, рассчитать коэффициент использования и парциальный вклад стержней в пропускание тока. Смоделировать и построить суммарную потенциальную кривую группового заземлителя. Найти наибольшее шаговое напряжение для заданного тока I и предельный ток для заданного шагового напряжения.

1. Получить исходные данные для контура группового заземлителя в виде n стержней, расположенных в ряд. Рассчитать проводимости электродов, общую проводимость и сопротивление контура заземления, коэффициент использования проводимости и процентный вклад заземляющих стержней в пропускание тока.
2. Построить потенциальные кривые для каждого заземляющего стержня и суммарную потенциальную кривую контура заземления. Найти наибольшее шаговое напряжение для заданного тока I и предельный ток.

3. Построить объемный график распределения потенциала на поверхности земли и соответствующую систему эквипотенциальных линий. Построить карандашом на графике эквипотенциальных линий перпендикулярную им систему линий тока.
4. Произвести расчет составляющих плотности электрического тока и построения векторного поля плотности тока в вертикальной плоскости.
5. Согласовать с преподавателем исходные данные для контура группового заземлителя в виде n стержней, расположенных по заданному контуру.
6. Сравнить полученные результаты и написать выводы.

ПЗ №5 «Расчет параметров электрического поля линии электропередачи высокого напряжения»

Задание: изучить основные принципы расчета параметров электрического поля линий электропередач высокого и сверхвысокого напряжения. Произвести расчеты эквивалентного радиуса, потенциальных коэффициентов, комплексных действующих значения линейной плотности заряда. Изучить принципы построения векторных диаграмм потенциалов на поверхности эквивалентных фазных проводов и линейных плотностей заряда.

1. Получить исходные данные для расчета комплексных действующих значений линейной плотности заряда. Рассчитать эквивалентный радиус, расстояния, потенциальные коэффициенты, линейные плотности зарядов.
2. Произвести расчет поля, комплексных действующих значений электрического потенциала и напряжения электрического поля, по ранее рассчитанным плотностям зарядов.
3. Построить график действующего значения вертикальной составляющей электрического поля вблизи поверхности земли.
4. Произвести расчет максимумов и точек пересечения кривой с уровнями напряженности электрического поля 1 и 5 кВ/м.
5. Сравнить полученные результаты и написать выводы.

11.4. Методические указания для обучающихся по выполнению лабораторных работ.

Учебным планом не предусмотрено.

11.5. Методические указания для обучающихся по прохождению курсового проектирования/выполнения курсовой работы.

Учебным планом не предусмотрено.

11.6. Методические указания для обучающихся по прохождению самостоятельной работы

В ходе выполнения самостоятельной работы, обучающийся выполняет работу по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия.

Для обучающихся по заочной форме обучения выполнение контрольных работ является элементом текущего контроля успеваемости и самостоятельной работы.

В процессе выполнения самостоятельной работы у обучающегося формируется целесообразное планирование рабочего времени, которое позволяет ему развивать умения и навыки в усвоении и систематизации приобретаемых знаний, обеспечивает высокий

уровень успеваемости в период обучения, помогает получить навыки повышения профессионального уровня.

Методическими материалами, направляющими самостоятельную работу обучающихся являются:

- учебно-методический материал по дисциплине;
- методические указания по выполнению контрольных работ (для обучающихся по заочной форме обучения);
- нормативные документы в области электромагнитной совместимости;
- расчетные примеры, схемы распространения помех, материалы по экранированию, заземлению, фильтрации и защите цепей;
- индивидуальные задания и рекомендации преподавателя.

Если методические указания по прохождению самостоятельной работы имеются в изданном виде, размещены в электронных ресурсах библиотеки ГУАП, системе LMS, на ресурсах кафедры или в иных электронных образовательных средах, обучающимся предоставляется соответствующая ссылка или URL-адрес. При отсутствии отдельного опубликованного издания самостоятельная работа выполняется на основании материалов дисциплины, выданных преподавателем.

11.7. Методические указания для обучающихся по прохождению текущего контроля успеваемости.

Текущий контроль успеваемости предусматривает контроль качества знаний обучающихся, осуществляемого в течение семестра с целью оценивания хода освоения дисциплины.

В ходе текущего контроля оценивается знание основных понятий электромагнитной совместимости, видов электромагнитных помех, причин их возникновения в электроэнергетических системах, особенностей узкополосных и широкополосных воздействий, противофазных и синфазных помех, а также методов ослабления помех при гальванической, емкостной, индуктивной и электромагнитной связи. Дополнительно проверяется умение выполнять качественную и количественную оценку электромагнитной совместимости, выбирать меры защиты и применять требования нормативных документов.

Формами текущего контроля могут являться устный опрос, письменный опрос, тестирование, выполнение практических заданий, решение расчетных задач, анализ схем распространения электромагнитных помех, защита контрольной работы для обучающихся по заочной форме обучения, а также разбор ситуационных задач по обеспечению электромагнитной совместимости электроэнергетического оборудования.

При подготовке к текущему контролю обучающемуся рекомендуется повторить материалы лекций, изучить классификацию электромагнитных помех, разобраться в различиях между синфазными и противофазными помехами, освоить принципы анализа гальванической, емкостной, индуктивной и электромагнитной связи, а также понимать назначение основных технических мер защиты: заземления, экранирования, фильтрации, развязки цепей, рациональной прокладки кабелей и ограничения уровней помех.

Результаты текущего контроля учитываются при проведении промежуточной аттестации. Успешное выполнение практических заданий, контрольных работ, тестов и участие в обсуждении ситуационных задач подтверждают готовность обучающегося к прохождению промежуточной аттестации по дисциплине. При наличии неудовлетворительных результатов текущего контроля обучающемуся могут быть выданы дополнительные задания для устранения пробелов в освоении материала.

11.8. Методические указания для обучающихся по прохождению промежуточной аттестации.

Промежуточная аттестация обучающихся предусматривает оценивание промежуточных и окончательных результатов обучения по дисциплине. Она включает в себя:

– зачет – это форма оценки знаний, полученных обучающимся в ходе изучения учебной дисциплины в целом или промежуточная (по окончании семестра) оценка знаний обучающимся по отдельным разделам дисциплины с аттестационной оценкой «зачтено» или «не зачтено».

Промежуточная аттестация проводится в форме зачета. Зачет проводится в устной форме по билетам в виде подготовки и изложения развёрнутого ответа. Время на подготовку ответа - 30 минут.

Лист внесения изменений в рабочую программу дисциплины

Дата внесения изменений и дополнений. Подпись внесшего изменения	Содержание изменений и дополнений	Дата и № протокола заседания кафедры	Подпись зав. кафедрой