

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФГАОУ ВО «СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»



УТВЕРЖДАЮ

Директор НОЦ «Институт  
непрерывного образования»

*E.V. Mozhikina*  
Е.В. Мошкина

*12* » *февраля* 2024 г.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ ПРОГРАММА  
ПОВЫШЕНИЯ КВАЛИФИКАЦИИ

«Электромагнитная совместимость и электромагнитная обстановка  
радиоэлектронной аппаратуры»

Красноярск 2024

# I. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОГРАММЫ

## 1.1. Аннотация программы

Программа повышения квалификации «Электромагнитная совместимость и электромагнитная обстановка радиоэлектронной аппаратуры» позволит получить базовые знания в области проектирования и испытания радиоэлектронной аппаратуры с учетом современных требований электромагнитной совместимости.

Программа предусматривает знакомство с основными понятиями, нормативной базой и методиками проведения исследований, в которых отражаются причины возникновения, способы воздействия и методы уменьшения помех различного происхождения.

## 1.2. Цель программы

Цель программы повышения квалификации – совершенствование и (или) получение компетенций, необходимых для оптимизации профессиональной деятельности специалистов радиотехнических специальностей.

## 1.3. Компетенции (трудовые функции), формируемые в соответствии с Единым квалификационным справочником должностей руководителей, специалистов и служащих (формирование новых или совершенствование имеющихся)

В соответствии с профессиональным стандартом 06.048 «Инженер-радиоэлектронщик в области радиотехники и телекоммуникаций», утвержденным приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 31.08.2021 № 600н, программа направлена на формирование следующих компетенций (трудовых функций) (6-ой уровень квалификации):

### ***А Изготовление опытных образцов радиоэлектронных средств различного назначения:***

– А/01.6 Подготовка технологической документации и оборудования для изготовления радиоэлектронных средств.

– А/02.6 Изготовление модулей, сборка и регулировка радиоэлектронных средств.

– А/03.6 Проведение приемо-сдаточных, механических и климатических испытаний радиоэлектронных средств.

### ***В Сопровождение при эксплуатации радиоэлектронных средств различного назначения:***

– В/01.6 Проведение авторского надзора в процессе эксплуатации радиоэлектронных средств.

– В/02.6 Проведение технического надзора в процессе эксплуатации радиоэлектронных средств.

– В/03.6 Проведение сервисного обслуживания радиоэлектронных средств в рамках выполнения гарантийных обязательств.

***С Разработка электрических схем и технической документации на радиоэлектронные средства различного назначения:***

– С/01.6 Разработка электрических схем радиоэлектронных средств и их составных частей.

– С/02.6 Разработка эксплуатационной документации на радиоэлектронные средства.

**1.4. Планируемые результаты обучения**

В результате освоения программы слушатели будут способны:

РО1. Систематизировать правовые и нормативно-технические документы, относящиеся к электромагнитной совместимости (А/01.6).

РО2. Понимать причины возникновения помех и их влияние на составные части оборудования (С/02.6).

РО3. Применять оборудование (осциллограф, анализатор спектра, измеритель напряженности электромагнитного поля, измеритель уровней электромагнитных излучений) для выявления помех (В/02.6).

РО4. Выполнять отдельные работы при испытании устойчивости оборудования на воздействия ЭМС (А/03.6).

РО5. Анализировать перспективные технологические решения в сравнении с типовыми технологиями, применяемыми для обеспечения ЭМС (С/02.6).

РО6. Внедрять проектные решения по защите оборудования от воздействия помех (С/01.6).

**1.5. Категория слушателей**

Заместители директоров по учебной работе, заведующие кафедрами; начальники учебных отделов институтов; преподаватели университета; начальники сектора, лаборатории, отдела; главные специалисты, научные сотрудники, ведущие научные сотрудники; ведущие инженеры, инженеры.

**1.6. Требования к уровню подготовки поступающего на обучение**

Среднее профессиональное или высшее образование.

**1.7. Продолжительность обучения**

Повышение квалификации – 72 часа.

**1.8. Форма обучения:** очно-заочная (с использованием электронного обучения и дистанционных образовательных технологий).

**1.9. Требования к материально-техническому обеспечению, необходимому для реализации дополнительной профессиональной программы повышения квалификации (требования к аудитории, компьютерному классу, программному обеспечению)**

Перечень необходимого программного обеспечения: операционная система Microsoft Windows (или аналогичная); офисный пакет Microsoft Office,

включающий: текстовый редактор Word, электронные таблицы Excel, презентации Power Point; программа просмотра pdf-файлов Adobe Reader, браузер Google Chrome, программное обеспечение Microsoft Teams.

Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по программе повышения квалификации (корпус № 12, ауд. Б303):

- компьютер/ноутбук с предустановленным ПО согласно перечню для индивидуальной работы слушателя; подключение к интернету; наличие работающих камеры, микрофона и колонок – 2 шт.;
- сумматор/разветвитель сигнала (ДМ2А-18-11Р) – 1 шт.;
- генератор ВЧ – 1 шт.;
- осциллограф (MSO5102) – 1 шт.;
- измеритель напряженности электромагнитного поля (ТМ-196) – 1 шт.;
- измеритель уровней электромагнитных излучений (ПЗ-41) – 1 шт.;
- логопериодическая антенна (АС4.225) – 1 шт.;
- испытательный генератор тока промышленной частоты (ИГП 1.1) с индукционной катушкой (ИК 1.1) – 1 шт.;
- имитатор электростатических разрядов (ЭСР-8000К) – 1 шт.;
- имитатор пачек помех (ИГН 4.1м) – 1 шт.;
- испытательный генератор электростатических разрядов (ИГЭ 5МС) – 1 шт.;
- устройство связи/развязки (УСРМ 20.1) – 1 шт.;
- анализатор спектра (DSA832) – 1 шт.;
- эквивалент сети (NNB-111) – 1 шт.;
- эквивалент сети (ЭС-300) – 1 шт.;
- усилитель (МАНW010060-01) – 1 шт.;
- антенна (АИ5-0) – 1 шт.;
- штатив диэлектрический (ШАД-01) – 2 шт.

### **1.10. Особенности (принципы) построения дополнительной профессиональной программы повышения квалификации**

Особенности построения программы повышения квалификации «Электромагнитная совместимость и электромагнитная обстановка радиоэлектронной аппаратуры»:

- программа носит практико-ориентированный характер с использованием современного оборудования;
- в основу проектирования программы положен компетентностный подход;
- выполнение учебных заданий, требующих практического применения знаний и умений, полученных в ходе изучения модулей.

Программа разработана на основе опыта работы с организациями ФГУП «НПП «Радиосвязь» и АО «Информационные спутниковые системы» им. ак. М.Ф. Решетнёва при проведении НИР и НИОКР.

**1.10. Документ об образовании:** удостоверение о повышении квалификации установленного образца.

## II. ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ПРОГРАММЫ

### 2.1. Учебно-тематический план

№	Наименование и содержание разделов и тем программы	Всего ак. часов	В том числе, ак.ч.		СРС, ак. ч	Результаты обучения
			Лекция	Практ./семинар. занятия		
<b>1</b>	<b>Модуль «Основы ЭМС и ЭМО»</b>	<b>12</b>	<b>6</b>	<b>2</b>	<b>4</b>	<b>PO1</b>
1.1	Введение в ЭМС и ЭМО	4	2	-	2	PO1
1.2	Нормативная база	3	2	-	1	PO1
1.3	Проведение испытаний	3	2	-	1	PO1
1.4	<i>Зачет по модулю «Основы ЭМС и ЭМО»</i>	2	-	2	-	<i>PO1</i>
<b>2</b>	<b>Модуль «Оценка ЭМС и ЭМО»</b>	<b>34</b>	<b>12</b>	<b>16</b>	<b>6</b>	<b>PO2–PO3</b>
2.1	Магнитное поле	5	2	2	1	PO2, PO3
2.2	Электрическое поле	5	2	2	1	PO2, PO3
2.3	Электромагнитное поле	5	2	2	1	PO2, PO3
2.4	Помехи в цепях питания, управления и передачи информации	7	2	4	1	PO2, PO3
2.5	Электростатические разряды	5	2	2	1	PO2, PO3
2.6	Импульсные помехи	5	2	2	1	PO2, PO3
2.7	<i>Зачет по модулю «Оценка ЭМС и ЭМО»</i>	2	-	2		<i>PO2, PO3</i>
<b>3</b>	<b>Модуль «Излучение радиоэлектронной аппаратуры»</b>	<b>10</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>2</b>	<b>PO2, PO4</b>
3.1	Контролируемые параметры эфирных сигналов радиослужб	3	2	-	1	PO2
3.2	Напряженность радиопомех в окружающее поле	5	2	2	1	PO2, PO4
3.3	<i>Зачет по модулю «Излучение радиоэлектронной аппаратуры»</i>	2	-	2		<i>PO2, PO4</i>
<b>4</b>	<b>Модуль «Технологии обеспечения ЭМС при разработке РЭС»</b>	<b>14</b>	<b>4</b>	<b>6</b>	<b>4</b>	<b>PO5–PO6</b>
4.1	Схемотехнические методы обеспечения ЭМС	4	2	-	2	PO5
4.2	Экранирование аппаратуры	8	2	4	2	PO6
4.3	<i>Зачет по модулю «Технологии обеспечения ЭМС при разработке РЭС»</i>	2	-	2		<i>PO5–PO6</i>
	<b>Итоговая аттестация</b>	<b>2</b>		<b>2</b>		<b>PO1–PO6</b>
	<b>ИТОГО</b>	<b>72</b>	<b>26</b>	<b>30</b>	<b>16</b>	<b>PO1–PO6</b>

## 2.2. План учебной деятельности

Результаты обучения	Учебные действия / формы текущего контроля	Используемые ресурсы/ инструменты/технологии
PO1. Систематизировать правовые и нормативно-технические документы, относящиеся к электромагнитной совместимости	Лекции. Изучение нормативной базы, основных понятий ЭМС и ЭМО. Тестирование	Аудиторные лекционные (видеоконференции в Microsoft Teams).
PO2. Понимать причины возникновения помех и их влияние на составные части оборудования	Лекции. Изучение методов оценки ЭМС и источников возникновения помех. Выполнение заданий по исследованию воздействия помех на РЭС. Тестирование	Аудиторные лекционные (видеоконференции в Microsoft Teams) и практические занятия.
PO3. Применять оборудование (осциллограф, анализатор спектра, измеритель напряженности электромагнитного поля, измеритель уровней электромагнитных излучений) для выявления помех	Лекции. Формирование представлений об основных принципах и правилах проведения измерений помех. Рассмотрение рабочего места и изучение настроек оборудования. Выполнение заданий по исследованию излучения РЭС. Тестирование	Аудиторные лекционные (видеоконференции в Microsoft Teams) и практические занятия.
PO4. Выполнять отдельные работы при испытании устойчивости оборудования на воздействия ЭМС	Лекции. Оценка ЭМО Формирование представлений об основных принципах и правилах проведения измерений помех. Калибровка испытательного оборудования и подготовка рабочего места. Тестирование	Аудиторные лекционные (видеоконференции в Microsoft Teams) и практические занятия.
PO5. Анализировать перспективные технологические решения в сравнении с типовыми технологиями, применяемыми для обеспечения ЭМС	Лекции. Разбор применяемых средств для обеспечения ЭМС. Обсуждение задач, которые могут быть решены с помощью применения технологий ЭМС. Тестирование	Аудиторные лекционные (видеоконференции в Microsoft Teams) и практические занятия.
PO6. Внедрять проектные решения по защите оборудования от воздействия помех	Лекции. Разбор применяемых схемотехнических методов для обеспечения ЭМС. Выполнение задания по исследованию защиты РЭС от помех. Тестирование	Аудиторные лекционные (видеоконференции в Microsoft Teams) и практические занятия.

### III. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ

#### 3.1. Учебно-методическое обеспечение, в т.ч. электронные ресурсы в корпоративной сети СФУ и сети Интернет

##### *Основная литература*

1. Акбашев Б.Б., Балюк Н.В., Кечиев Л.Н. Защита объектов телекоммуникаций от электромагнитных воздействий. – М.: Грифон, 2014. – 472 с.
2. Кечиев Л.Н., Акбашев Б.Б., Степанов П.В. Экранирование технических средств и экранирующие системы. – М., 2010.
3. Логинов Н.А. Актуальные вопросы радиоконтроля в Российской Федерации. – Электромагнитная совместимость. – М.: Радио и связь, 2000.
4. Уильямс Т. ЭМС для разработчиков продукции. – М.: Издательский Дом «Технологии», 2003.

##### *Дополнительная литература*

1. Бородич С. В. ЭМС наземных и космических служб. – М.: Радио и связь, 1990.
2. Воршевский А.А., Гальперин В.Е. Электромагнитная совместимость судовых технических средств: учеб. пособие. – СПб.: Санкт-Петербургский госуд. морской техн. ун-т, 1988. – 52 с.
3. Государственная комиссия по радиочастотам [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://digital.gov.ru/ru/activity/advisories/7/>.
4. Иванов В.А. Электромагнитная совместимость радиоэлектронных средств / В.А. Иванов, Л.Я. Ильинский, М.И. Фузик. – К.: Техника, 1983.
5. Ott, Henry W., Electromagnetic compatibility engineering, 2009.

### IV. ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ОСВОЕНИЯ ПРОГРАММЫ

#### 4.1. Формы аттестации, оценочные материалы, методические материалы

Обучение на программе повышения квалификации предполагает выполнение практических заданий.

Методические материалы, необходимые для выполнения заданий, представлены в соответствующих разделах практических заданиях и включают описание задания, методические рекомендации по его выполнению, критерии оценивания.

Материалы по лекциям, необходимые для выполнения тестов для каждого модуля представлены в конспекте теоретического материала.

Программа предусматривает проведение текущей и итоговой аттестации. Текущая аттестация слушателей проводится на основе оценки выполнения аудиторных практических заданий, работу в электронном обучающем курсе, выполнения индивидуальных текущих заданий.

Форма аттестации по модулю «Основы ЭМС и ЭМО» — выполненные теста к лекциям, при условии набора не менее 66% из 100.

Форма аттестации по модулям «Оценка ЭМС и ЭМО», «Излучение радиоэлектронной аппаратуры», «Технологии обеспечения ЭМС при разработке» — выполненные на положительную оценку практические задания и выполненные тесты к лекциям, при условии набора не менее 66 % из 100.

#### 4.2. Требования и содержание итоговой аттестации

Основанием для аттестации слушателя по данной программе является получение зачета по каждому модулю.

##### Перечень заданий и/или контрольных вопросов

###### *Практические задания модуля «Оценка ЭМС и ЭМО»*

1. Магнитное поле.
2. Электрическое поле.
3. Электромагнитное поле.
4. Электростатические разряды.
5. Помехи в цепях питания.
6. Помехи в цепях управления и передачи информации.
7. Импульсные помехи.

###### *Практические задания модуля «Излучение радиоэлектронной аппаратуры»*

1. Напряженность радиопомех в окружающем поле.

###### *Практические задания модуля «Технологии обеспечения ЭМС при разработке РЭС»*

1. Экранирование от магнитостатического поля.
2. Экранирование от высокочастотного электромагнитного поля.

##### Критерии оценивания заданий и/или контрольных вопросов

Оценка	Критерий
Неудовлетворительно	Задание не выполнено
	Задание выполнено частично, требует серьезной доработки. Получен не полный ответ на вопрос
Удовлетворительно	Задание выполнено частично, требует серьезной доработки. Получен исчерпывающий ответ на вопрос
	Задание выполнено, но требует некоторой доработки. Получен не полный ответ на вопрос
	Задание выполнено полностью, не требует доработки. Не полный ответ на вопрос
Хорошо	Задание выполнено, но требует некоторой доработки. Получен исчерпывающий ответ на вопрос
	Задание выполнено полностью, не требует доработки. Получен не полный ответ на вопрос
Отлично	Задание выполнено полностью, не требует доработки

## Пример практического задания

### Задание 1. Магнитное поле.

*Цель задания:* исследование воздействия магнитного поля на радиоэлектронную аппаратуру.

*Инструкция:*

Шаг 1. Провести воздействие магнитным полем.

Шаг 2. Провести анализ полученных результатов.

Шаг 3. Ответить на контрольный вопрос

Обратную связь по выполненной работе слушатель получит напрямую. Некоторые работы будут прокомментированы на практическом задании.

## Примеры вопросов к практическим заданиям

1. Что такое магнитное поле.
2. Что такое напряжённость магнитного поля.
3. Линии магнитной индукции, их свойства.
4. Принцип работы измерителя магнитного поля.
5. Единица индуктивности и ее определение.
6. Определение и единица магнитного потока.
7. Определение явления самоиндукции.
8. Что называют электромагнитной индукцией.
9. Условия возникновения индукционного тока.

## Примеры тестовых заданий к лекциям

### Модуль 1 «Основы ЭМС и ЭМО»

1. Основные составляющие ЭМС:
  - а) источник (эмиттер);
  - б) канал передачи (воздействия);
  - в) приемник рецептор (рецептор).
2. Какие существуют виды помех по происхождению?
  - а) естественные;
  - б) искусственные;
  - в) динамические;
  - г) термические.
3. Ухудшает ли ЭМС возрастание общего числа одновременно действующих радиотехнических устройств?
  - а) да;
  - б) нет;
  - в) не влияет.
4. Ухудшает ли ЭМС повышение мощности радиопередающих устройств?
  - а) да;
  - б) нет;
  - в) не влияет.
5. Ухудшает ли ЭМС увеличение числа электронных средств автоматического управления?

- а) да;
  - б) нет;
  - в) не влияет.
6. Какой из перечисленных объектов является источниками естественных помех?
- а) Луна;
  - б) Кассиопея А;
  - в) солнце;
  - г) грозные разряды

## **Модуль 2 «Оценка ЭМС и ЭМО»**

1. Основные источники электромагнитного поля:
  - а) электротранспорт;
  - б) сотовая связь;
  - в) электропроводка;
  - г) персональные компьютеры.
2. Ухудшает ли ЭМС увеличение оснащенности подвижных объектов средствами радиоэлектроники?
  - а) да;
  - б) нет;
  - в) не влияет.
3. Основные источники магнитного поля:
  - а) электротранспорт;
  - б) сотовая связь;
  - в) грозные разряды;
  - г) персональные компьютеры.
4. Основные источники электрического поля:
  - а) электротранспорт;
  - б) сотовая связь;
  - в) электротранспорт;
  - г) бытовая техника.
5. Основные источники помех в цепях питания, управления и передачи информации:
  - а) отсутствие заземления;
  - б) прямое воздействие оператора;
  - в) взаимное влияние элементов ТС;
  - г) индуктивные помехи.
6. Основные источники электростатических разрядов:
  - а) разность потенциалов;
  - б) прямое воздействие оператора;
  - в) отсутствие заземления;
  - г) импульсные помехи.
7. Основные источники импульсных помех:
  - а) разность потенциалов;
  - б) прямое воздействие оператора;

- в) отсутствие заземления;
- г) индуктивные помехи.

### **Модуль 3 «Излучение радиоэлектронной аппаратуры»**

1. Ухудшает ли ЭМС расширение полосы рабочих частот радиопередающих устройств?
  - а) да;
  - б) нет;
  - в) не влияет.
2. Ухудшает ли ЭМС увеличение загрузки диапазонов радиочастот?
  - а) да;
  - б) нет;
  - в) не влияет.
3. Какой вид аппаратуры не производит электромагнитные поля помех?
  - а) радиотехнический;
  - б) электротехнический;
  - в) электронный;
  - г) никакой.

### **Модуль 4 «Технологии обеспечения ЭМС при разработке РЭС»**

1. Ухудшает ли ЭМС увеличивается плотность компоновки аппаратуры?
  - а) да;
  - б) нет;
  - в) не влияет.
2. Как ранее решалась проблема ЭМС при разработке аппаратуры?
  - а) совершенствование конструктивных решений;
  - б) совершенствование схем;
  - в) планирование распределения частот.
3. Как проблема ЭМС при разработке аппаратуры решается сейчас?
  - а) использование системного подхода;
  - б) учет ЭМС на всех стадиях жизненного цикла;
  - в) увеличение плотности компоновки элементов.
4. Какой вид аппаратуры не принимает электромагнитные помехи?
  - а) радиотехнический;
  - б) электротехнический;
  - в) электронный;
  - г) никакой.

Программу составили:

Старший преподаватель кафедры радиотехники  
ИИФиРЭ СФУ



---

А.А. Абдулхаков

Руководитель программы:

Старший преподаватель кафедры радиотехники  
ИИФиРЭ СФУ



---

А.Н. Верещагин