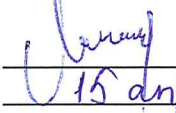


МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Казанский национальный исследовательский технический
университет им. А.Н. Туполева – КАИ»
(КНИТУ – КАИ)

СОГЛАСОВАНО:
Директор ПИШ КАИ


Шабалин Л.П.
15 апреля 2024 г.

УТВЕРЖДАЮ:
Директор корпоративного института


А.В. Гимбицкий
18 апреля 2024 г.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ ПРОГРАММА
ПОВЫШЕНИЯ КВАЛИФИКАЦИИ

«Электромагнитная совместимость технических средств»

1. Основные характеристики программы

Соответствие профессиональным стандартам	Программа составлена с учетом профессионального стандарта: 40.178 «Специалист по проектированию автоматизированных систем управления технологическими процессами», утвержденного приказом Минтруда и социальной защиты РФ от 12.10.2021 №723н.
Категория слушателей	Лица, имеющие и/или получающие высшее или среднее профессиональное образование
Срок обучения	48 часов
Форма обучения	очная, с полным отрывом от производства

Программа дополнительного профессионального образования разработана и реализуется в рамках федерального проекта «Передовые инженерные школы. Комплексная авиационная инженерия».

2. Цель реализации программы:

Целью реализации программы является качественное формирование и развитие профессиональных компетенций у специалистов в области электромагнитной совместимости технических средств, необходимых для выполнения следующих видов профессиональной деятельности в рамках имеющейся квалификации:

- применять методики решения и моделирования задач электромагнитной совместимости технических средств;
- осуществлять измерение параметров электромагнитной совместимости технических средств;
- проводить испытания технических средств на электромагнитную совместимость по стандартным методикам;
- осуществлять разработку способов и технологий обеспечения электромагнитной совместимости технических средств.

3. Требования к результатам обучения

Слушатель, освоивший программу, должен:

3.1. Обладать следующими компетенциями:

способностью обосновывать принимаемые проектные решения по электромагнитной совместимости технических средств, осуществлять постановку и выполнять эксперименты по проверке их корректности и эффективности.

3.2. Знать:

методики решения и моделирования задач электромагнитной совместимости технических средств, оценки их корректности и эффективности, а также способы обеспечения электромагнитной совместимости.

3.3. Уметь:

обосновывать проектные решения в задачах электромагнитной совместимости технических средств, оценке их корректности и эффективности.

3.4. Владеть:

методиками решения и моделирования задач электромагнитной совместимости технических средств, оценки их корректности и эффективности, а также технологиями обеспечения электромагнитной совместимости.

4. Содержание программы

Календарный учебный график.

Образовательный процесс по программе может осуществляться в течение всего календарного года.

Форма обучения	Ауд. часов в день	Общая продолжительность программы (дней, недель, месяцев)
Очная	8	6 дней

УЧЕБНО-ТЕМАТИЧЕСКИЙ ПЛАН

программы повышения квалификации
«Электромагнитная совместимость технических средств»

№	Наименование разделов и тем	Всего часов	Формы контроля		
			лекции	лабораторные работы	Формы контроля
1	Анализ электромагнитной совместимости технических средств	4	2	2	Круглый стол
2	Анализ электромагнитных процессов в межсоединениях технических средств	2	2		
3	Электростатический разряд и технические средства	4	4		
4	Внешние электромагнитные воздействия на технические средства	6	4	2	
5	Электромагнитные излучения от технических средств	2	2		
6	Испытания технических средств на электромагнитную совместимость	10	2	8	
7	Виртуальные испытания технических средств на электромагнитную совместимость	6	2	4	Круглый стол
8	Автоматизация проектирования печатных плат технических средств с учетом критерия электромагнитной совместимости	10	2	8	
9	Электромагнитная совместимость сложных технических систем	2	2		
	Итоговая аттестация	2		2	Круглый стол
	Итого	48	22	26	

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА
курса повышения квалификации
«Электромагнитная совместимость технических средств»

Раздел 1. Анализ электромагнитной совместимости технических средств (4 ч.)

Тема 1.1 Задачи анализа электромагнитной совместимости технических средств

- Цель, предмет и задачи программы
- Электромагнитная совместимость технических средств
- Электромагнитные влияния: обратимые и необратимые
- Модели электромагнитного влияния: межсистемное, внутрисистемное
- Особенности межсоединений технических средств
- Параметры кристаллов СБИС

Тема 1.2 Типы электромагнитных помех и помехоустойчивость элементов

- Типы электромагнитных помех
- Абсолютный и относительный уровни помех
- Статическая помехоустойчивость цифровых элементов
- Динамическая помехоустойчивость цифровых элементов

Тема 1.3 Природа электромагнитных влияний, пути их передачи и источники помех

- Природа электромагнитных влияний и пути их передачи
- Источники электромагнитных помех
- Электрически «короткие» и «длинные» линии связи
- Погонные задержки сигналов в межсоединениях: кабель, витая пара, плоский кабель, проводник МПП и т.д.
- Методы повышения ЭМС устройств технических средств
- Методы конструирования межсоединений СБИС и МПП для повышения ЭМС
- Рекомендации по снижению уровней электромагнитных помех

Раздел 2. Анализ электромагнитных процессов в межсоединениях технических средств (2 ч.)

Тема 2.1 Методы анализа электрических параметров межсоединений

- Анализ электрических параметров межсоединений: сопротивлений, емкостей, индуктивностей
- Методы анализа емкостей межсоединений технических средств и их недостатки
- Методы непосредственного определения емкостей
- Метод средних потенциалов
- Метод площадок
- Методы анализа емкостей межсоединений на основе расчета электростатического поля
- Метод конечных разностей
- Метод граничных элементов
- Погрешности определения емкостей межсоединений различными методами
- Анализ индуктивных параметров межсоединений
- Метод участков
- Примеры конструкций плат с повышенной помехоустойчивостью

- Система опорного потенциала конструктива
- Скин-эффект и эффект близости

Тема 2.2 Методы анализа электромагнитных процессов в межсоединениях технических средств

- Основные уравнения распространения волн в межсоединениях технических средств в частотной и временной областях
- Электромагнитные влияния в частотной и временной областях
- Параллельный и антипараллельный режим работы линий
- Отражения и искажения сигналов в длинных линиях связи
- Схемы согласования цепей
- Методы анализа электромагнитных процессов в межсоединениях
- Метод нормальных волн во временной области. Достоинства и недостатки
- Пример применения метода нормальных волн во временной области
- Метод нормальных волн в частотной области. Достоинства и недостатки
- Пример применения метода нормальных волн в частотной области
- Метод функций Грина. Достоинства и недостатки
- Метод продвижения во времени. Достоинства и недостатки
- Пример применения метода продвижения во времени
- Сравнение метода нормальных волн во временной и частотной областях с методом продвижения во времени на задачах моделирования задержек сигналов и перекрестных помех

Раздел 3. Электростатический разряд и технические средства (4 часа)

Тема 3.1 Задачи электромагнитной совместимости электронных средств при электростатическом разряде

- Электростатический разряд (ЭСР). Категории и виды электромагнитных помех.
- Параметры тока ЭСР. Типы ЭСР: воздушный, контактный. Эквивалентные схемы источников ЭСР
- Модели и параметры эквивалентных схем. Формы токов ЭСР: апериодический, колебательный. Изменение тока при разряде тела человека или проводящего предмета. Типовая форма импульса тока ЭСР
- Механизмы воздействия ЭСР на цифровые элементы ЭС
- Непосредственный механизм воздействия ЭСР на цифровые элементы ЭС
- Прямое воздействие ЭСР на корпус ЭС
- Косвенное воздействие ЭСР на ЭС

Тема 3.2 Методы и средства для анализа воздействия электростатического разряда

- Аналитические методы анализа воздействия ЭСР на ЭС
- Численные методы анализа воздействия ЭСР на ЭС на основе теории цепей
- Численные методы анализа воздействия ЭСР на ЭС на основе теории поля

Тема 3.3 Средства для моделирования воздействия электростатического разряда

- Системы для моделирования воздействия ЭСР в области теории цепей
- Системы для моделирования воздействия ЭСР в области теории поля
- Система для электромагнитного моделирования задач ЭСР

Тема 3.4 Модели для анализа воздействия электростатического разряда

- Модели источников ЭСР. Примеры моделирования тока ЭСР
- Модели воздействия ЭСР на основе теории цепей
- Пример анализа воздействия ЭСР на межсоединения печатной платы на основе теории цепей (пример №1)
- Пример анализа помех в печатной плате на основе теории цепей при воздействии ЭСР на вертикальную пластину связи (пример №2)
- Модели для анализа воздействия ЭСР на основе теории поля
- Пример анализа воздействия ЭСР на межсоединения печатной платы на основе теории поля (пример №3)
- Пример анализа воздействия ЭСР на корпус ЭС с прорезью (пример №4)
- Пример анализа воздействия ЭСР на цифровые элементы МПП ЭС (пример №5)

Тема 3.5 Методика анализа воздействия электростатического разряда на функционирование цифровых элементов печатных плат

- Методика расчёта параметров ЭСР, повреждающего полупроводниковую структуру цифрового элемента (пример №6)
- Пример оценки воздействия ЭСР на корпус цифрового элемента и переход эмиттер-база (пример №7)
- Методика анализа функционирования цифровых элементов при прямом и косвенном воздействии ЭСР на корпус ЭС
- Пример по применению методики анализа функционирования цифровых элементов при прямом и косвенном воздействии ЭСР на корпус ЭС (пример №8)

Тема 3.6 Меры по защите от воздействия электростатического разряда

- Активные меры по защите от электростатического разряда
- Пассивные меры по защите от электростатического разряда
- Метод встроенной защиты. Схемы защиты
- Рекомендации по применению методов защиты влияния ЭСР

Раздел 4. Внешние электромагнитные воздействия на технические средства (6 часов)

Тема 4.1 Опасный фактор внешних электромагнитных воздействий на технические системы

- Классификация источников внешних электромагнитных воздействий
- Поля высокой интенсивности
- Радиолокационные станции и мощные радиопередающие средства
- Мощные импульсные источники электромагнитного поля
- Механизмы внешних электромагнитных воздействий на технические системы

Тема 4.2 Методология исследования электромагнитной совместимости технических систем при внешних электромагнитных воздействиях

- Основные этапы методологии исследования электромагнитной совместимости технических средств при внешних электромагнитных воздействиях
- Методы и средства прогнозирования электромагнитной совместимости при внешних электромагнитных воздействиях
- Методы и средства обеспечения электромагнитной совместимости при внешних электромагнитных воздействиях

- Примеры исследования электромагнитной совместимости технических средств при внешних электромагнитных воздействиях

Раздел 5. Электромагнитные излучения от технических средств (2 часа)

Тема 5.1 Проблема электромагнитного излучения от электронных средств и их компонентов

- Электромагнитное излучение (ЭМИ) в электронных средствах, его классификация
- Аспекты ЭМИ: аспект ЭМС; биоЭМС; защиты информации.
- Стандартизация в области электромагнитного излучения. Нормирование ЭМИ

Тема 5.2 Методы анализа электромагнитного излучения от электронных средств и их компонентов

- Аналитические методы анализа ЭМИ
- Численные методы анализа ЭМИ. Поглощающие граничные условия
- Методы для решения задач прогнозирования ЭМИ
- Сравнение численных методов анализа ЭМИ
- Системы электромагнитного моделирования задач ЭМИ
- Структура решения задачи прогнозирования ЭМИ
- Результаты прогнозирования ЭМИ методом конечных элементов

Тема 5.3 Экспериментальные методы исследования электромагнитного излучения от электронных средств

- Метод непосредственных измерений
- Сравнительные характеристики типов измерительных приборов, применяемых для исследований ЭМИ
- Особенности экспериментальных исследований ЭМИ

Тема 5.4 Прогнозирование электромагнитного излучения от электронных средств на основе генетического алгоритма

- Подход, основанный на представлении объекта исследования набором эквивалентных излучателей. Методы поиска и генетический алгоритм
- Основные этапы подхода к прогнозированию ЭМИ и математическая формулировка задачи
- Примеры прогнозирования ЭМИ от печатной платы ЭС на основе генетического алгоритма.
- Выводы по применению подхода к прогнозированию ЭМИ ЭС на основе генетического алгоритма

Раздел 6. Испытания технических средств на электромагнитную совместимость (10 часов)

Тема 6.1 Испытания технических средств на электромагнитную совместимость по гражданским стандартам

- Основы стандартизации в области электромагнитной совместимости
- Классификация гражданских стандартов на испытания технических средств
- Гражданские стандарты на восприимчивость технических систем
- Гражданские стандарты на эмиссию электромагнитных помех

- Оборудование для испытаний технических систем на электромагнитную совместимость

Тема 6.2 Испытания технических средств на электромагнитную совместимость по военным стандартам

- Стандартизация в области ЭМС для военной техники
- Испытания кондуктивное эмиссии электромагнитных помех от технических средств
- Испытания кондуктивной восприимчивости технических средств
- Испытания излучаемой эмиссии электромагнитных помех от технических средств
- Испытания излучаемой восприимчивости технических средств

Раздел 7. Виртуальные испытания технических средств на электромагнитную совместимость (6 часов)

Тема 7.1 Виртуальные испытания электронных средств на электромагнитную совместимость

- Виртуальные испытания
- Анализ процедуры сертификационных испытаний, требований к условиям их проведения и задействованным измерительным средствам
- Оценка возможности использования современных систем для решения задач виртуальной сертификации
- Методы и средства виртуальных испытаний
- Методика виртуальных испытаний электронных средств на электромагнитную совместимость
- Примеры проведения виртуальных испытаний

Раздел 8. Автоматизация проектирования печатных плат технических средств с учетом критерия электромагнитной совместимости (10 часов)

Тема 8.1 Задачи автоматизации проектирования печатных плат технических средств

- Задача автоматизированной компоновки элементов схем технических средств по модулям
- Критерии и ограничения задачи компоновки элементов схем технических средств по модулям для обеспечения электромагнитной совместимости и целостности сигналов
- Методы и алгоритмы задачи компоновки элементов схем технических средств по модулям
- Задача автоматизированного размещения элементов на печатных платах технических средств
- Критерии и ограничения задачи размещения элементов на печатных платах технических средств для обеспечения электромагнитной совместимости и целостности сигналов
- Методы и алгоритмы задачи размещения элементов на печатных платах технических средств
- Задача автоматизированной трассировки межсоединений печатных плат технических средств

- Критерии и ограничения задачи трассировки межсоединений печатных плат технических средств для обеспечения электромагнитной совместимости и целостности сигналов
- Методы и алгоритмы задачи трассировки межсоединений печатных плат технических средств

Тема 8.2 Методики автоматизированного проектирования печатных плат технических средств с учетом требований по обеспечению электромагнитной совместимости и целостности сигналов

- Обзор современных систем автоматизированного проектирования печатных плат технических средств
- Функциональные возможности систем автоматизированного проектирования печатных плат технических средств по обеспечению электромагнитной совместимости и целостности сигналов
- Методика автоматизированной компоновки и размещения элементов на печатных платах технических средств, с учетом требований по обеспечению электромагнитной совместимости и целостности сигналов
- Рекомендации по настройке правил автоматизированной компоновки и размещения элементов на печатных платах технических средств для обеспечения электромагнитной совместимости и целостности сигналов
- Методика автоматизированной трассировки межсоединений печатных плат технических средств, с учетом требований по обеспечению электромагнитной совместимости и целостности сигналов
- Рекомендации по настройке правил трассировки межсоединений печатных плат технических средств, с учетом требований по обеспечению электромагнитной совместимости и целостности сигналов

Раздел 9. Электромагнитная совместимость сложных технических систем (2 часа)

Тема 9.1 Электромагнитная совместимость электронных систем перспективного авиационного комплекса

- Актуальность проблемы
- Задачи исследования электромагнитной совместимости перспективного авиационного комплекса
- Этапы и ожидаемые результаты исследования электромагнитной совместимости перспективного авиационного комплекса
- Методы исследования электромагнитной совместимости
- Методы повышения и обеспечения электромагнитной совместимости

Перечень лабораторных занятий

Раздел	Номер темы	Наименование лабораторного занятия	Кол-во часов
1	1.1-1.3	Измерение параметров электромагнитной совместимости технических средств в условиях безэховой камеры	2
4	4.1	Исследование помехоустойчивости технической системы при внешнем электромагнитном воздействии	2
6	6.1-6.2	Испытания технических средств на электромагнитную совместимость	8

7	7.1	Виртуальные испытания электронных средств на электромагнитную совместимость	4
8	8.1-8.2	Проектирование быстродействующих печатных плат технических средств в системах автоматизированного проектирования	8

Перечень круглых столов

Раздел	Номер темы	Наименование круглого стола	Кол-во часов
1	1.1-1.3	Круглый стол: Обсуждение потенциальных задач и проектов предприятий по теме «Электромагнитная совместимость технических средств»	
3-7	3.1,4.1,4.2, 6.1,6.2,7.1	Круглый стол: Разработка плана мероприятий по обеспечению электромагнитной совместимости технического средства	
1-9		Круглый стол: Защита слушателями «Проектного решения» по электромагнитной совместимости технического средства	

5. Материально-технические условия реализации программы

Наименование специализированных аудиторий кабинетов, лабораторий (адрес)	Вид занятий	Наименование оборудования/программного обеспечения
Аудитория 217/7 уч. зд. ул. Б.Красная, 55	Лекции, круглые столы	Компьютер, мультимедийный проектор, экран, доска
Аудитория 235/7 уч. зд.ул. Б. Красная, 55	Лекции, круглые столы	Компьютер, мультимедийный проектор, экран, доска
Лаборатория «Электромагнитной совместимости электронных систем», 001А/7 уч. зд. ул. Б. Красная, 55	Лабораторные занятия	Безэховая камера, измерительное и испытательное оборудование
Лаборатория «Информационные технологии электронных средств», 516/7 уч. зд. ул. Б. Красная, 55	Лабораторные занятия	Компьютеры, программное обеспечение, мультимедийный проектор, экран, доска
Лаборатория «Системы автоматизированного проектирования», 516 А/7 уч. зд. ул. Б. Красная, 55	Лабораторные занятия	Компьютеры, программное обеспечение, мультимедийный проектор, экран, доска

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение программы

6.1 Основная и дополнительная учебная литература

1. Ефанов В.И. Электромагнитная совместимость радиоэлектронных средств и систем: Учебное пособие / Ефанов В.И., Тихомиров А.А. — Томск: Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники (ТУСУР), 2012. — 228 с. режим доступа – свободный: (<http://e.lanbook.com/book/5459>)

2. Костиков В. Г. Электромагнитная совместимость в электронной аппаратуре. [Электронный ресурс]/ В. Г. Костиков, Р. В. Костиков, В. А. Шахнов. – Электрон. дан. – М.: МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2012. – 125 с. – Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/52371>

3. Электромагнитная совместимость радиоэлектронных средств: учебное пособие / Ю.Е. Седельников, Д. А. Веденькин; КГТУ им. А.Н. Туполева. - Казань: Новое знание, 2016. - 344 с.
4. Информационная безопасность и электромагнитная совместимость технических средств/ В. И. Петровский, В. В. Петровский. – Казань: Изд-во КГТУ им. А. Н. Туполева, 2005. – 388 с.
5. Уильямс Т. ЭМС для разработчиков продукции. - М.: Издательский дом "Технологии", 2003. - 540 с.
6. Кечиев Л. Н., Пожидаев Е. Д. Защита электронных средств от воздействия статического электричества: учебное пособие. – М.: Издательский дом «Технологии», 2005. - 328 с.
7. Кечиев Л. Н., Степанов П. В. ЭМС и информационная безопасность в системах телекоммуникаций. – М.: Издательский дом «Технологии», 2005. – 320 с.
8. Кириллов В. Ю. Электромагнитная совместимость летательных аппаратов/ В. Ю.Кириллов.-М.: Изд-во МАИ, 2012.-162 с.
9. Электромагнитная совместимость технических средств подвижных объектов / Н. В. Балюк, В. Г. Болдырев, В. П. Булеков, и др.; Под ред. В. П. Булекова. – М.: Изд-во МАИ, 2004. – 648 с.
10. Кечиев Л.Н., Николаев П.А. Электромагнитная совместимость автотранспортных средств. – М.: Грифон, 2015. - 448 с.
11. Гайнутдинов Р.Р., Чермошенцев С.Ф. Методология обеспечения внутрисистемной электромагнитной совместимости бортового оборудования беспилотных летательных аппаратов // Известия высших учебных заведений. Авиационная техника. - 2016. - № 4. - С. 3-8.
12. Электромагнитная совместимость радиоэлектронных средств и непреднамеренные помехи / Д.Р.Ж. Уайт. - М.: Сов. радио, 1977 – 378 с.
13. Henry W. Ott Electromagnetic Compatibility Engineering: – New Jersey: Published by John Wiley & Sons, Inc., 2009. – 862 p.
14. Paul C.R. Introduction to Electromagnetic Compatibility: - New Jersey: Published by John Wiley & Sons, Inc., 2006. – 1013 p.
15. Paul C. R. Analysis of Multiconductor Transmission Lines. - New Jersey: Published by John Wiley & Sons, Inc., 2007. – 623 p.
16. Christopoulos C. Principles and Techniques of Electromagnetic Compatibility: Taylor & Francis Group, LLC, 2007. –507 p.
17. Кечиев Л. Н., Балюк Н. В. Зарубежные военные стандарты в области ЭМС. - М.: Грифон, 2014. - 448 с.
18. Кечиев Л.Н., Акбашев Б.Б., Степанов П.В. Экранирование технических средств и экранирующие системы. – М.: Издательский Дом «Технологии», 2010. – 470 с.
19. Седельников Ю.Е. Электромагнитная совместимость радиоэлектронных средств. – Казань: ЗАО «Новое знание», 2006. – 304 с.
20. Кириллов В.Ю., Марченко М.В., Томилин М.М. Электромагнитная совместимость бортовой кабельной сети летательных аппаратов. — М.: Изд-во МАИ, 2014. — 172 с.
21. Rakov V. A., Uman M. A. Lightning: Physics and Effects. - Cambridge: Cambridge Univ. Press, 2003. – 342 p.

22. Fisher F. A., Plumer J. A., Perala R. A. Lightning Protection of Aircraft: Pittsfield. - Massachusetts: Lightning Technologies Inc., 1990. – 564 p.
23. Джоввет Ч.Э. Статическое электричество в электронике / Пер. с англ. В.А. Воронинского, В.А. Каверзнева. – М.: Энергия, 1980. – 135 с.
24. Boxleither W. Electrostatic discharge and electronic equipment: a practical guide for designing to prevent ESD problems. – New York: IEEE press, 1988. – 118 p.
25. Хабигер Э. Электромагнитная совместимость. Основы её обеспечения в технике / Пер. с нем. И. П. Кужекина; Под ред. Б. К. Максимова. – М.: Энергоатомиздат, 1995. – 295 с.
26. Шваб А. Электромагнитная совместимость / Пер. с нем. В. Д. Мазина и С.А. Спектора, 2-е изд., перераб. и доп.; Под ред. И. П. Кужекина. – М.: Энергоатомиздат, 1998. – 480 с.
27. Kaiser K.L. Electrostatic Discharge: Taylor & Francis Group, LLC, 2006. – 328 p.
28. Кравченко В.И. Грозозащита радиоэлектронных средств. Справочник. - М.: Радио и связь, 1991. - 264 с.
29. Кравченко В.И., Болотов Е.А., Летунова Н.И. Радиоэлектронные средства и мощные электромагнитные помехи / Под ред. В. И. Кравченко. – М.: Радио и связь, 1987. – 256 с.
30. Балюк Н.В., Кечиев Л.Н., Степанов П.В. Мощный электромагнитный импульс: воздействие на электронные средства и методы защиты. – М.: ООО «Группа ИДТ», 2007. – 479 с.
31. Мырова Л.О., Чепиженко А.В. Обеспечение стойкости аппаратуры связи к ионизирующим и электромагнитным излучениям. – М.: Радио и связь, 1988. – 296 с.
32. Лоборев В.М. Физика ядерного взрыва. Развитие взрыва / В.М. Лоборев, Б.В. Замышляев, Е.П. Маслин, Б.А.Шилобреев. - М.: Физматлит, 1997. – 127 с.
33. Электромагнитный терроризм на рубеже тысячелетий / М. Бакстром, К.И. Баум, Р. Борисов и др.; Под ред. Т.Р. Газизова. – Томск: Изд-во ТГУ, 2002.– 206 с.
34. Mansson D. Intentional Electromagnetic Interference (IEMI). Susceptibility investigations and classification of civilian systems and equipment // Dissertation from the Faculty of Science and Technology. – Uppsala, 2008. - 127 p.
35. Голубев И. С., Янкевич Ю. И. Основы устройства, проектирования, конструирования и производства летательных аппаратов. – М.: Изд-во МАИ, 2006. – 528 с.
36. Кучерявый А.А. Бортовые информационные системы: Курс лекций/А. А. Кучерявый; под. ред. В.А. Мишина и Г.И. Ключева.- 2-е изд., перераб. и доп. – Ульяновск: УлГТУ, 2004. – 504 с.
37. Moir I., Seabridge A. Aircraft systems : mechanical, electrical, and avionics subsystems integration. Wiley, –2008. –536 p.
38. Уилльямс Т., Армстронг К. ЭМС для систем и установок. – М.: Издательский Дом "Технологии", 2004 – 508 с.
39. Калантаров П. Л., Цейтлин Л. А. Расчёт индуктивностей: Справочная книга. – 3-е изд. перераб. и доп. Л.: Энергоатомиздат, 1986. – 488 с.
40. Норенков, И. П. Основы автоматизированного проектирования: учеб. для ВУЗов / И. П. Норенков. – Изд. 2–е, перераб. и доп. – М.: Изд-во Мос. гос. техн. ун-та им. Н. Э. Баумана, 2002. – 336 с.

41. КТ–160D. Квалификационные требования. Условия эксплуатации и окружающей среды для бортового авиационного оборудования (внешние воздействующие факторы). Требования, нормы и методы испытаний. – М. : АРМАК, 2005. – 324 с.
42. ГОСТ Р 50397-92 Совместимость технических средств электромагнитная. Термины и определения. – М.: Стандартинформ, 1992. – 64 с.
43. ГОСТ Р 51275-2007 Защита информации. Объект информатизации. Факторы, воздействующие на информацию. Общие положения. – М.: Стандартинформ, 2007. – 10 с.
44. ГОСТ Р 51317.1.5-2009 Совместимость технических средств электромагнитная. Воздействия электромагнитные большой мощности на системы гражданского назначения. Основные положения. – М.: Стандартинформ, 2009. – 40 с.
45. Мырова Л.О., Чепиженко А.В. Обеспечение стойкости аппаратуры связи к ионизирующим и электромагнитным излучениям. – М.: Радио и связь, 1988. – 296 с.
46. Газизов Т.Р. Электромагнитная совместимость и безопасность радиоэлектронной аппаратуры: Учебное пособие. – Томск: «ТМЛ-Пресс», 2007. – 256 с.
47. Петровский В.И., Петровский В.В. Помехи в технологии обеспечения информационной безопасности. – Казань: Изд-во Казан. гос. техн. ун-та, 2004. – 282 с.
48. Сахаров К.Ю. Излучатели сверхкоротких электромагнитных импульсов и методы измерения их параметров. – М.: Изд-во МИЭМ, 2006. – 160 с.
49. Чермошенцев С.Ф. Информационные технологии электромагнитной совместимости электронных средств. – Казань: Изд-во Казан. гос. техн. ун-та, 2000. – 152 с.
50. Джонсон Г., Грэхем М. Высокоскоростная передача цифровых данных: высший курс черной магии.: Пер. с англ. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2005. – 1024 с.
51. Семенов А.Б., Стрижаков С.К., Сунчилай И.Р. Структурированные кабельные системы. 4 –е изд., перераб. и доп. – М.: ДМК Пресс, 2002. – 640 с.
52. Барнс Дж. Электронное конструирование: Методы борьбы с помехами / Пер. с англ. – М.: Мир, 1990. – 238 с.
53. Уильямс Т., Армстронг К. ЭМС для систем и установок. – М.: Издательский Дом «Технологии», 2004. – 508 с.
54. Кечиев Л.Н. Проектирование печатных плат для быстродействующей аппаратуры. – М.: Издательский Дом «Технологии», 2007. – 616 с.
55. Медведев А.М. Печатные платы. Конструкции и материалы. – М.: Техносфера, 2005. – 304 с.
56. Пирогова Е.В. Проектирование и технология печатных плат. – М.: Инфра-М, 2005. – 560 с.
57. Риккетс Л., Бриджес Дж., Майлетта Дж. Электромагнитный импульс и методы защиты: Пер. с англ. / Под ред. Н. А. Ухина. – М.: Атомиздат, 1979. – 328 с.
58. ГОСТ Р 511318.24-99 (СИСПР24-97) Совместимость технических средств электромагнитная. Устойчивость оборудования информационных технологий к электромагнитным помехам. Требования и методы испытания. – М.: ИПК Издательство стандартов, 2000. – 20 с.
59. ГОСТ Р 51317.4.3-2006 (МЭК 61000-4-3:2006) Совместимость технических средств электромагнитная. Устойчивость к радиочастотному электромагнитному полю. Требования и методы испытаний. – М.: Стандартинформ, 2007. – 51 с.
60. Гизатуллин З.М. Помехоустойчивость средств вычислительной техники внутри зданий при широкополосных электромагнитных воздействиях. – Казань: Изд-во Казан. гос. техн. ун-та, 2012. – 254 с.

6.2 Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

1. Официальный сайт Министерства науки и образования Российской Федерации.
2. Федеральный портал «Российское образование» <http://www.edu.ru>
3. Сайт КНИТУ-КАИ.
4. Ссылка на инструкции по использованию информационных ресурсов на сайте КНИТУ-КАИ (<http://kai.ru>)
5. Ссылка на Документацию и инструкции на сайте ЭОР КНИТУ-КАИ (<http://e.kai.ru>), bb.kai.ru
6. EMC Laboratory, Missouri University of Science & Technology, Rolla: [Electronic resource]. Miner Circle, Rolla. URL: <https://emclab.mst.edu/> (Дата обращения: 18. 11.2016).
7. Clemson Vehicular Electronics Laboratory (CVEL): [Electronic resource]. Clemson University. Clemson, South Carolina 29634. URL: <http://www.cvel.clemson.edu/> (Дата обращения: 18. 11.2016).
8. Electromagnetic Compatibility Laboratory (EMC Lab) of the Swiss Federal Institute of Technology: [Electronic resource]. EPFL, CH-1015 Lausanne. URL: <http://emc.epfl.ch/> (Дата обращения: 18. 11.2016).
9. University of L'Aquila EMC Laboratory: [Electronic resource]. URL: http://orlandi.ing.univaq.it/uaq_laboratory/index.html (Дата обращения: 18. 11.2016).
10. Institute of Electrical Power and Energy Technology of Hamburg Technology University: [Electronic resource]. URL: <https://www.tuhh.de/alt/mt/research/electromagnetic-compatibility/fields-of-research.html> (Дата обращения: 18. 11.2016).
11. Chair for EMC, Otto-von-Guericke University: [Electronic resource]. URL: <http://www.emv.ovgu.de/> (Дата обращения: 18. 11.2016).
12. Institute for Electromagnetic Compatibility, University of Braunschweig: [Electronic resource]. URL: <https://www.tu-braunschweig.de/emv/institut> (Дата обращения: 18. 11.2016).
13. Department of Electronics, University of York, England: [Electronic resource]. URL: <http://www.emc.york.ac.uk> (Дата обращения: 18. 11.2016).
14. Laboratory of Electromagnetic Compatibility (LKE), Wrocław University of Technology: [Electronic resource]. URL: <http://www.ktt.pwr.wroc.pl/emc.lab> (Дата обращения: 18. 11.2016).
15. Military EMC Testing: [Electronic resource]. Copyright © 2016 MET Laboratories, Inc. URL: <http://www.metlabs.com> (Дата обращения: 18. 11.2016).
16. Monttna technology sa route de montena: [Electronic resource]. © 2017 montena. URL: <http://www.montena.com/system/home/> (Дата обращения: 18. 11.2016).
17. Летно-исследовательский институт имени М.М. Громова: [Электронный ресурс]. АО «ЛИИ им. М.М. Громова». URL: <http://www.lii.ru/> (Дата обращения: 18. 11.2016).
18. Применение беспилотных летательных аппаратов в гражданских целях [Электронный ресурс] / Режим доступа: http://www.uav.ru/articles/civil_uav_th.pdf.
19. Хамзатов М. Особенности развития беспилотной авиации в современных условиях [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://uav.ru/articles/hmm.pdf>.
20. Ерохин Е., Федутин Д. Широкая номенклатура [Электронный ресурс] / Режим доступа: http://uav.ru/articles/rus_uavs_2009.pdf/
21. Ерохин Е., Коломиец А. Мультикоптеры: новый вид [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://uav.ru/articles/multicopters.pdf>
22. Слюсар В. Передача данных с борта БПЛА: стандарты НАТО [Электронный ре-

сурс] / Режим доступа: <http://www.electronics.ru/journal/article/53>.

23. Кириллов В.Ю., Клыков А.В., Нгуен В.Х. Моделирование воздействия мощных электромагнитных помех на электротехнический комплекс самолета // Электронный журнал «Труды МАИ», Выпуск №71, 2013. URL: www.mai.ru/science/trudy/

24. The Clemson Vehicular Electronics Laboratory [Электронный ресурс]: официал. сайт. – Электрон. дан. – Clemson: Clemson University, [201–]. Режим доступа: <http://www.cvel.clemson.edu>. – Загл. с экрана.

25. CST – Computer Simulation Technology [Электронный ресурс]: официал. сайт. – Электрон. дан. – Darmstadt: CST, [201–]. Режим доступа: www.cst.de. – Загл. с экрана.

26. Интернет ресурс: www.moose-hill.com/pulse.htm – официальный сайт ООО «PULSE SESTEM GRUP».

27. Интернет ресурс: <http://dvoika.net/education/tkm/lec/lect5.htm> - образовательный ресурс свободного доступа.

6.3 Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по программе

1. Демонстрация презентаций в ходе чтения лекции.
2. Интерактивная доска.
3. Образовательные ресурсы сети Интернет (компьютерный класс).

7. Оценка качества освоения программы

Итоговая работа слушателей предполагает разработку «Проектного решения» в области электромагнитной совместимости технических средств для конкретного предприятия и обсуждение данного проектного решения на «Круглом столе».

Варианты тем проектных решений в области электромагнитной совместимости технических средств для слушателей курсов повышения квалификации могут быть, например, следующими:

- Разработка требований технического задания по электромагнитной совместимости для конкретного электронного средства.
- Разработка комплекса рекомендаций по обеспечению электромагнитной совместимости радиоэлектронного средства.
- Выбор и обоснование процедур по оценке электромагнитной совместимости электротехнического средства при внешних электромагнитных воздействиях.
- Выбор и обоснование рекомендаций по электромагнитной совместимости для этапа проектирования сверхбыстродействующих многослойных печатных плат.
- Разработка конструктивных требований к сверхбыстродействующим многослойным печатным платам по обеспечению целостности сигнала.

Основные положения разработанного слушателем «Проектного решения» представляются им на «Круглом столе». Окончательная оценка качества освоения программы выполняется после изучения материалов проектного решения и выражается в его зачете или незачете. Слушатель считается аттестованным, если имеет оценку «зачтено».

8. Кадровые условия реализации программы

В реализации программы принимают участие ведущие преподаватели КНИТУ-КАИ

9. Разработчики и составители программы

1. Чермошенцев С. Ф., д.т.н., профессор, заведующий кафедрой «Системы автоматизированного проектирования», руководитель лаборатории «Электромагнитная совместимость электронных систем»

2. Гайнутдинов Р. Р., к.т.н., доцент кафедры «Системы автоматизированного проектирования», заместитель руководителя лаборатории «Электромагнитная совместимость электронных систем».