

УТВЕРЖДАЮ

Исполняющий обязанности директора

федерального государственного бюджетного
научного учреждения «Институт прикладной
математики и механики»,

кандидат физико-математических наук

Данилюк Даниил Анатольевич

«5» мая 2025 г.



Исх. 05.05.2025 № 907/54

На № 30-12/35 от 17.03.2025

ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

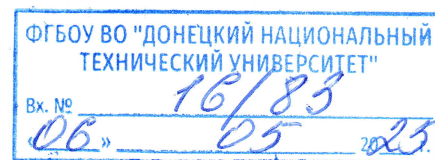
на диссертационную работу Чупахина Александра Сергеевича

**«Математическое моделирование и обоснование параметров оборудования,
создающего электромагнитное поле в киноконцертных комплексах»,** представленную
на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности
1.2.2. – Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ
(технические науки)

Актуальность для науки и практики

На современном этапе развития аудиовизуальной техники и технологий оборудование киноконцертных комплексов представляет собой сложный радиоэлектронный информационный объект, содержащий большое количество источников электромагнитного излучения и расположенных в зоне их влияния чувствительных к воздействию электромагнитных явлений рецепторов. Это приводит к необходимости выполнять прогнозирование электромагнитной обстановки на объектах для зрелищных мероприятий перед размещением в них современной информационной, звукотехнической, силовой и другой аппаратуры с целью обеспечения электромагнитной совместимости.

До настоящего времени задача компоновки оборудования киноконцертных комплексов решается путем подбора в каждом конкретном случае аппаратуры, предназначенной к выполнению требуемых функций, и её размещения на основании имеющегося опыта.



На современном этапе для решения рассматриваемых задач с учетом предлагаемого широкого спектра специализированной аппаратуры целесообразно применять системный подход, включающий применение математического моделирования процессов, описание и анализ связей, совершенствование структуры, архитектуры и организации системы в целом.

В этой связи задача обоснования методов и средств обеспечения электромагнитной совместимости с применением математического моделирования и системного анализа является актуальной для диссертационного исследования и имеет отраслевое значение.

Основные научные результаты и их значимость для науки и производства

Достоверность и обоснованность научных положений подтверждается корректностью применения основных физических законов для формирования детерминированных математических моделей, достаточным объемом аналитических исследований и согласованностью теоретических и экспериментальных результатов (расхождение не превышает 2-15%), достаточным уровнем адекватности разработанных статистических и эмпирических моделей, положительными результатами апробации на конференциях, а также внедрением на предприятиях.

Результаты исследований, представленные в диссертации, достаточно полно и убедительно отражены в 15 научных работах, в том числе: 2 работах в изданиях, входящих в перечень специализированных научных изданий, утвержденный ВАК РФ; 2 работах в изданиях, входящих в международные наукометрические базы данных SCOPUS; 5 работах в изданиях, входящих в перечень специализированных научных изданий, утвержденный ВАК Украины; 6 – по материалам научных конференций.

Научная новизна полученных результатов заключается в следующем.

1. Впервые описаны математические модели процессов и проведен анализ электромагнитной обстановки в локализованном объеме с учетом эмиссии от кинотехнологического оборудования в окружающее пространство, что позволяет выполнять прогнозирование электромагнитных параметров, обеспечивающих выполнение регламентных требований, на стадии проектирования комплекса.

2. Усовершенствованы методики и алгоритмы комплексного анализа электромагнитного поля применительно к исследованию электромагнитной обстановки в помещениях аппаратной киноконцертного комплекса с учетом вариации параметров размещенных источников и рецепторов.

3. Впервые показано, что источниками низкочастотных электромагнитных помех являются металлические элементы радиоэлектронной аппаратуры, создающие механические колебания при постоянном или низкочастотном магнитном поле, и определены способы устранения их отрицательного влияния.

4. Установлено, что при механических колебаниях ферромагнитных экранов электромагнитного поля при наличии постоянного магнитного поля в них из-за обратного магнитострикционного эффекта возникает переменная во времени намагниченность, которая означает, что вибрирующие ферромагнитные элементы радиоэлектронной аппаратуры становятся источниками низкочастотного магнитного поля, которые следует учитывать при формировании математических моделей.

5. Показано, что разработанная методология расчета резонансного контура и пиковых значений тока в силовых полупроводниковых ключах позволяет упростить задачу разработки энергоэффективного усилителя класса Д уже на стадии проектирования и уменьшить коммутационные помехи в разрабатываемом усилителе, что обеспечивает значительное (на 10 – 15%) сокращение времени расчетов по сравнению с другими методиками и достижения достаточной точности расчетов (погрешность в пределах $\pm 5\%$).

Теоретическая значимость работы заключается в раскрытии закономерностей формирования электромагнитной обстановки в культурно-зрелищных комплексах с учетом действующего излучения от функциональных аппаратных узлов и их использовании для обоснования способов обеспечения условий электромагнитной совместимости.

Практическая значимость работы заключается в следующем.

1. Получены количественные результаты анализа электромагнитной обстановки в реальном помещении аппаратного киноконцертного комплекса, которые могут быть использованы при проектировании новых или реконструкции существующих киноконцертных комплексов, а также служат методической базой для разработки комплекса мероприятий и практических рекомендаций, направленных на создание благоприятной электромагнитной обстановки при решении задач электромагнитной совместимости на этапе проектирования.

2. Разработаны алгоритм и программное обеспечение прогнозирования электромагнитной обстановки в функционально насыщенных помещениях киноконцертного комплекса.

3. Разработаны методики и модели электродинамического анализа источников в помещении, составляющие базис для создания системы автоматизированного анализа электромагнитной обстановки в помещениях.

4. Предложены технические решения обеспечения электромагнитной совместимости аудиовизуального оборудования как при локальном применении, так и в составе комплекса различных звукотехнических средств.

Рекомендации по использованию результатов и выводов диссертации.

Рекомендации по обеспечению электромагнитной совместимости оборудования внедрены при реконструкции кинотеатра «КиноМир» г. Шахтёрск, выполненной ООО «ТехЛаб» (акт внедрения от 31.07.2023 г., утвержденный дирекцией предприятия ООО «ТехЛаб»);

Рекомендации внедрены в производственную деятельность ООО «ЧЕРНОМОРСПЕЦСТРОЙ» при проектировании и техническом оснащении культурно-зрелищных объектов, выполненных предприятием (акт внедрения №4 от 23.04.2024 г., утвержденный генеральным директором предприятия ООО «ЧЕРНОМОРСПЕЦСТРОЙ»);

Результаты работы использованы в учебном процессе ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ДОНЕЦКОЙ НАРОДНОЙ РЕСПУБЛИКИ «ШАХТЁРСКИЙ КОЛЛЕДЖ КИНО И ТЕЛЕВИДЕНИЯ ИМЕНИ А.А. ХАНЖОНКОВА» при подготовке по специальностям 11.02.05 «Аудиовизуальная техника» и 55.02.01 «Театральная и аудиовизуальная техника (по видам)» (акт № 725/1 от 02.12.2024 г., утвержденный директором ГБПОУ ДНР «ШКК И ТВ ИМ. А.А. ХАНЖОНКОВА»).

Структура и объем диссертации.

Диссертационная работа содержит 216 страниц машинописного текста и состоит из введения, 4 разделов, заключения, списка литературы из 139 источников на 23 страницах и 4 приложений на 35 страницах. Основной текст, изложенный на 158 страницах, иллюстрируется 55 рисунками и содержит 14 таблиц.

Оценка содержания диссертации.

Содержание диссертации логически структурировано и включает введение, четыре раздела, каждый из которых последовательно раскрывает этапы научного исследования.

Введение содержит общую характеристику работы. Обоснована актуальность темы, сформулирована цель и поставлены задачи исследований, изложены: научная новизна, теоретическая значимость и практическая ценность результатов работы, приведены сведения об апробации.

В первом разделе «Анализ применяемых способов обеспечения электромагнитной совместимости оборудования киноконцертных залов. Цель и задачи исследования» проведен анализ состояния вопроса. Показано, что до настоящего времени не выполнены работы по комплексному исследованию электромагнитной обстановки, вызванной источниками помех в кондуктивных цепях и в окружающей среде, созданию условий для прогнозирования уровней и полос частот электромагнитных помех и рациональному выбору средств и мероприятий обеспечения электромагнитной совместимости киноконцертного оборудования с другой электронной аппаратурой и электрической сетью.

Во втором разделе «Математическое моделирование процесса формирования электромагнитного поля с учётом параметров механических возмущений» выполнен анализ источников и типов механических возмущений, влияющих на электромагнитное поле. Представлены математические модели процесса эмиссии электромагнитного поля вибрирующим металлическим стержнем и ферромагнитным диском, сформулированы краевые задачи на базе уравнений Максвелла для конкретных граничных условий, раскрыт физический смысл обратного магнитострикционного эффекта, а также предложен метод оценки наведённых помех на печатных платах. Полученные зависимости позволяют количественно оценивать параметры источников низкочастотных помех и являются основой для формирования практических рекомендаций по обеспечению электромагнитной совместимости в киноконцертных комплексах.

Третий раздел «Математическое моделирование процесса формирования электромагнитной обстановки с учетом влияния параметров функционирующих радиоэлектронных устройств киноконцертного комплекса» посвящён разработке алгоритмов и программных средств анализа электромагнитной обстановки в функционально насыщенных помещениях киноконцертного комплекса. Особое внимание уделено использованию модели ITU-R P.1238, адаптированной к условиям внутренних пространств. Полученные результаты моделирования предоставляют разработчикам предварительные данные для принятия обоснованных решений о необходимости применения дополнительных технических средств и организационных мероприятий с целью обеспечения электромагнитной совместимости.

В четвёртом разделе «Комплексная реализация результатов решения задач обеспечения регламентируемых значений параметров электромагнитной обстановки в киноконцертном зале и рекомендации по их практическому применению» представлены практические рекомендации по улучшению электромагнитной обстановки в киноконцертном комплексе.

Представлена методология расчета резонансного контура и пиковых значений тока в силовых полупроводниковых ключах, позволяющая упростить задачу разработки энергоэффективного резонансного полумостового усилителя класса Д на этапе проектирования и уменьшить уровень коммутационных помех в разрабатываемом устройстве. Подтверждена высокая степень соответствия расчётных данных и экспериментальных результатов (погрешность не превышает $\pm 5\%$).

Предложен вычислительный алгоритм, реализованный в среде MATLAB, который на основании анализа электромагнитных и физических параметров материалов позволяет определить показатели их эффективности по экранированию электромагнитных полей в диапазоне частот от 50 Гц до 100 кГц. Исследовано четыре варианта отечественных материалов: 79НМ, 50Н, АМАГ-170, М00К.

Представлены программные средства по проектированию помехоподавляющих фильтров.

В приложениях приведены тексты программ и акты внедрения результатов диссертационной работы.

Таким образом, содержание диссертации свидетельствует о достаточно высоком уровне выполнения научного исследования, обоснованности полученных результатов и их прикладной значимости для проектирования технически сложных объектов с высокой насыщенностью электронных средств.

Соответствие автореферата основным положениям диссертации.

Автореферат оформлен в соответствии с требованиями и отражает основные положения диссертации.

Общие замечания

Замечания к диссертационной работе:

1. Автор вводит понятие «кондуктивные цепи», которое обычно применяют к помехам, в то время как цепи бывают электротехнические, электрические, магнитные, радиотехнические и пр.

2. В предложенной программе исследуются только когерентные волны, но не рассмотрены возможные другие типы волн.
3. Для обеспечения экранирования рассмотрены только 4 типа материалов, другие возможные материалы не упоминаются.
4. Для выбора эффективного помехоподавляющего фильтра использована только одна библиотека фильтров, другие библиотеки не рассмотрены.
5. При формировании матрицы «источник-рецептор» рассмотрено ограниченное количество возможных источников и рецепторов, возможность расширения не рассмотрена.
6. При исследовании вибрирующего ферромагнитного стержня в постоянном магнитном поле автор не затрагивает возможные средства обеспечения электромагнитной совместимости.
7. Автор работы указывает на расхождение между теоретическими и экспериментальными данными в пределах 2–15%, но не детализирует условия измерений и возможные источники погрешностей.
8. Не обсуждаются пределы применимости моделей для сверхвысоких частот или нелинейных сред, что важно для дальнейшего развития темы работы.
9. Отсутствует анализ экономической эффективности предложенных решений при наличии успешных кейсов внедрения.

Несмотря на отмеченные недостатки, работа в целом заслуживает положительной оценки.

Заключение

Диссертация «Математическое моделирование и обоснование параметров оборудования, создающего электромагнитное поле в киноконцертных комплексах» является законченной научно-исследовательской работой, в которой даны теоретическое обобщение и новое решение актуальной научно-технической задачи, имеющей важное отраслевое значение, состоящее в развитии методов и средств обеспечения электромагнитной совместимости оборудования в культурно-зрелищных объектах с помощью поиска рациональных параметров аппаратуры на основе математического моделирования процессов и разработки программного комплекса.

Диссертация отвечает требованиям «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 г. № 842 (с изменениями и дополнениями), предъявляемых к кандидатским диссертациям, а именно,

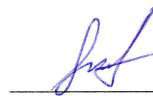
пунктам 9, 10, 11, 13, 14, а ее автор Чупахин Александр Сергеевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 1.2.2. – Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ (технические науки).

Отзыв обсужден и одобрен на научном семинаре отдела теории управляющих систем в федеральном государственном бюджетном научном учреждении «Институт прикладной математики и механики» «25» апреля 2025 г., протокол № 1 заседания отдела теории управляющих систем.

Заведующий отделом теории управляющих
систем ФГБНУ ИПММ,

кандидат физико-математических наук

(01.01.09 Математическая кибернетика)



Максименко Игорь Иванович

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Институт прикладной математики и механики», 283048, Российская Федерация, Донецкая Народная Республика, г. Донецк, ул. Розы Люксембург, д. 74

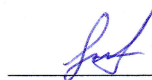
Тел.: 7 (856) 3110391, факс: 7 (856) 3110175,

e-mail: ipmm.science@mail.ru, math.ipmm@mail.ru,

официальный сайт: <http://iamm.su/>, <http://ипмм.рф/>

Я, Максименко Игорь Иванович, даю согласие на автоматизированную обработку персональных данных, указанных в отзыве, и размещение их на сайте ФГБОУ ВО «ДонНТУ».

05.05.2025 г.



Максименко И.И.

(подпись)

Заверено:

И.о. директора ФГБНУ ИПММ



Данилюк Д.А.



МП

(подпись)

05.05.2025 г.