УТВЕРЖДАЮ
Проректор по НРиИ ТУСУР
д.т.н., профессор
_____С.П. Куксенко
«16» октября 2026 г.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники» (ТУСУР).

Диссертация «Помехозащитные полосковые фильтры в печатном и интегральном исполнениях с магнитодиэлектрическим заполнением» выполнена в ТУСУРе на кафедрах сверхвысокочастотной и квантовой радиотехники (СВЧиКР) и телевидения и управления (ТУ).

Соискатель Иванцов Илья Александрович окончил бакалавриат ТУСУРа по направлению 11.03.01 «Радиотехника», профиль «Аудиовизуальная техника» в 2020 г.

В 2022 г. окончил магистратуру ТУСУРа по направлению 11.04.01 «Радиотехника», программа «Электромагнитная совместимость радиоэлектронной аппаратуры».

В 2026 г. окончил очную аспирантуру ТУСУРа по направлению 2.2.13 «Радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения».

Справка о сдаче кандидатских экзаменов выдана в 2026 г. ТУСУРом.

Научный руководитель – Жечев Евгений, к.т.н., доцент каф. СВЧиКР ТУСУРа.

По итогам обсуждения принято следующее заключение:

Оценка выполненной соискателем работы

Диссертация Иванцова Ильи Александровича является научно-квалификационной работой, в которой содержится решение задачи по совершенствованию помехозащитных полосковых фильтров в печатном и интегральном исполнениях за счёт применения магнитодиэлектрического заполнения для повышения эффективности защиты от импульсных электромагнитных воздействий.

Личное участие автора в получении результатов

Автору принадлежит ключевая роль в получении основных результатов работы. Личный вклад автора в публикациях, выполненных в соавторстве заключается в дополнении и адаптации их замысла, выполнении оптимизации [1–6, 8–15],

квазистатического или полноволнового моделирования [3–6, 8–15, 21, 22], измерений при помощи векторного анализатора цепей [3–8, 10–13], в том числе с использованием зондовой станции [21, 22].

Степень достоверности результатов

Результаты апробированы на конференциях, а достоверность основана на корректном применении теории линий передачи, согласованности результатов, полученных при моделировании квазистатическим и электродинамическим подходами, с результатами измерений, выполненных с использованием поверенных измерительных приборов, а также валидации результатов стандартизированным методом.

Научная новизна диссертации

1. Предложены способы определения комплексных диэлектрической и магнитной проницаемостей образцов материалов в коаксиальной ТЕМ-камере с нерегулярным поперечным сечением: первый основан на исключении влияния переходных участков камеры с последующим извлечением параметров образца, второй основан на многослойном перцептроне, обученном с учетом длины и продольного смещения образца материала.

2. Предложены способы удаленной компоновки и трассировки печатных проводников фильтра с разнесенными сигнальными проводниками, отличающиеся тем, что связывающий проводник, сохраняющий модальное разложение помехи, расположен над ними на слое магнитодиэлектрика.

3. Установлены закономерности распространения мод в зеркально-симметричной структуре с магнитодиэлектрическим заполнением, позволяющие избирательно подавлять основные моды.

Практическая значимость

1. Усовершенствованы методики определения комплексных проницаемостей материалов в коаксиальной ТЕМ-камере.

2. Создан фильтр нижних частот с магнитодиэлектрическим заполнением в корпусе, обеспечивающий сверхширокую полосу подавления.

3. Разработан модуль для поверхностного монтажа из двух печатных плат со связывающим проводником и прослойкой из магнитодиэлектрика.

4. Изготовлена партия из 25 интегральных фильтров на GaAs размером 3,4×1,5 мм со средней частотой среза 480,8 МГц при стандартном отклонении 4,4 МГц.

5. Для технологии на подложке Al_2O_3 разработана библиотека пассивных элементов для технологического комплекта средств проектирования (Process Design Kit, PDK),

Ценность научных работ соискателя

Научные работы соискателя имеют высокую ценность. Она подтверждается многочисленными публикациями их результатов в рецензируемых журналах и материалах конференций, а также их широким использованием:

1. НИР «Комплекс фундаментальных исследований по электромагнитной совместимости» в рамках конкурса научных проектов, выполняемых коллективами исследовательских центров и (или) научных лабораторий образовательных организаций высшего образования. Научно-исследовательская лаборатория фундаментальных исследований по электромагнитной совместимости (НИЛ ФИЭМС), проект FEWM-2020-0041, 2020–2021 гг.

2. Х/д «Разработка математического обеспечения и программного модуля для моделирования радиотехнических характеристик антенного элемента» №ДП2021-60 от 15 апреля 2021 г.

3. Проект «Теоретические основы создания перспективных систем автоматизированного проектирования радиоэлектронной аппаратуры, работающей в экстремальных условиях» в рамках конкурса научных проектов, выполняемых коллективами исследовательских центров и (или) научных лабораторий образовательных организаций высшего образования. Проект FEWM-2022-0001 от 14.01.2022, 2022–2023 гг.

4. НИР «Многокритериальная оптимизация порядка переключения после отказов при многократном модальном резервировании цепей», грант РНФ 20-19-00446-П, 2023–2024 гг.

5. НИР «Модальное резервирование электрических цепей критичных радиоэлектронных средств и систем», грант РНФ 19-19-00424-П, 2022–2023 гг.

6. Х/д «Комплексные исследования в интересах создания ключевых элементов технологии расчета и измерения радиотехнических характеристик цифровых антенных решеток с учетом обтекателей для высокоскоростных летательных аппаратов» № ДП2022-78 от 27 июня 2022 г.

7. НИР «Проведение поисковых научных исследований с целью совершенствования модальной фильтрации за счет применения сверхширокополосных радиопоглощающих материалов», грант РНФ 23-29-00486, 2023–2024 гг.

8. НИОКР «Разработка СВЧ ЭКБ на основе кремния и средств проектирования для GaN технологии», грант ФПИ, 2023-2025 гг.

9. ОКР «Разработка среды проектирования и программных модулей базовой версии полного маршрута автоматизированного проектирования СВЧ А3В5 МИС и ГИС», 2025-2026 гг.

9. ОКР «Разработка среды проектирования и программных модулей базовой версии полного маршрута автоматизированного проектирования СВЧ А3В5 МИС и ГИС», 2025-2026 гг.

10. Проект «Исследование путей создания пространственно-распределенных многоцелевых информационно-телекоммуникационных систем радиомониторинга и связи, включающих оптические каналы, их ключевых компонент на основе численных и экспериментальных методов анализа СВЧ и оптических сигналов в процессе их формирования, преобразования и обработки в радиочастотных устройствах, приемных и передающих фотонных интегральных модулях и при распространении в неоднородных средах». Проект FEWM-2023-0014, 2023-2025 гг.

11. Проект «Исследование методов и технологий создания информационно-телекоммуникационных систем радиомониторинга и связи, их компонентов и узлов, на основе численных и экспериментальных методов анализа электромагнитных сигналов и физических явлений в твердом теле». Проект FEWM-2026-0007, 2026–2028 гг.

12. Проект «Методология автоматизированного проектирования радиоэлектронной аппаратуры, функционирующей в условиях деструктивных воздействий». Проект FEWM-2024-0005 от 17.01.2022, 2024–2026 гг.

13. Учебный процесс кафедры телевидения и управления института радиоэлектронной техники ТУСУРа (уровень бакалавриата).

Специальность, которой соответствует диссертация

Диссертационная работа Иванцова Ильи Александровича по своему содержанию соответствует специальности 2.2.13 – «Радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения» в области исследования п. 7 «Разработка и исследование методов обеспечения электромагнитной совместимости радиотехнических систем и устройств, включая системы связи и телевидения, методов обеспечения их стойкости к электромагнитному и ионизирующему излучению, методов разрушения и защиты информации в этих системах» паспорта специальности, а также п. 2 и п. 16

Ценность научных работ соискателя, полнота изложения материалов диссертации в печатных работах.

По теме диссертации опубликовано 24 работы (1 без соавторов): 1 статья в журнале, индексируемом Scopus Q1, 3 статьи в журналах, индексируемых в Web of Science и Scopus, 4 статьи в изданиях из перечня ВАК, 5 докладов в трудах международных конференций, индексируемых в Web of Science и Scopus, и 2 доклада в трудах конференций, индексируемых в РИНЦ. Получены 3 патента Российской Федерации на изобретения, 2 свидетельства о регистрации программ для ЭВМ, 2 свидетельства о регистрации топологий интегральных микросхем и 2 свидетельства о регистрации баз данных.

Диссертация «Помехозащитные полосковые фильтры в печатном и интегральном исполнениях с магнитодиэлектрическим заполнением» Иванцова Ильи Александровича рекомендуется к защите на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.2.13 – «Радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения».

Заключение принято на объединенном заседании кафедр ТУ и СВЧиКР.

Присутствовало на заседании 29 чел. Результаты голосования: «за» – 29 чел., «против» – 0 чел., «воздержалось» – 0 чел., протокол № 8 от 09 октября 2026 г.

Председатель,
д.т.н., и.о. заведующего каф. СВЧиКР _____ М.Е. Комнатнов

Секретарь,
к.т.н., доцент каф. СВЧиКР _____ А.Д. Безпалый

Список публикаций соискателя Иванцова Ильи Александровича

Статьи в журналах из перечня ВАК по специальности 2.2.13 (2)

1. Жечев Е. С., **Иванцов И. А.**, Козинец А. С. Анализ и систематизация способов трассировки печатных проводников на основе симметричных структур с модальной фильтрацией. Доклады Томского государственного университета систем управления и радиоэлектроники. – 2022. – т. 25. № 1. – С. 24– 36.

2. **Иванцов И. А.** Модальное разложение помехи в связанной микрополосковой линии при удалении сигнальных проводников друг от друга. Системы управления, связи и безопасности. – 2023. – №. 3. – С. 124-133

Статьи в других журналах из перечня ВАК по смежной специальности (2)

3. Микола П.В., **Иванцов И.А.**, Суровцев Р.С., Жечев Е.С. Экспериментальное подтверждение перспективности применения структур со ступенчатым импедансом для подавления сверхширокополосных помех. Электромагнитные волны и электронные системы. – 2022. –С.49-60.

4. Калашников Ю.В., **Иванцов И.А.**, Жечев Е.С., Суровцев Р.С. Полосно-пропускающий фильтр на основе микрополосковых резонансных структур, покрытых магнитодиэлектрическим поглотителем. Журнал радиоэлектроники. – 2026. – № 2. https://doi.org/10.30898/1684- 1719.2026.2.9.

Публикации в журналах, индексируемых

в международных базах данных Web of Science и/или Scopus (4)

5. Zhechev Y.S. **Ivantsov I.A.**, Zabolotsky A.M. Multicriteria optimization of a four-layer reflection-symmetric modal filter parameters for ESD protection. Journal of Physics: Conference Series. 2021. vol. 1862, № 1. p. 012023–012028.

6. R. S. Surovtsev, P. V. Mikola, S. Karri and **I. A. Ivantsov**. Using Reflections in a Meander Line Turn of Two Segments for Suppressing UWB Excitations. IEEE Electromagnetic Compatibility Magazine, vol. 13, no. 1, pp. 51-60, 1st Quarter 2024, doi: 10.1109/MEMC.2024.10534251.

7. Y. S. Zhechev, A. A. Kokolov and **I. A. Ivantsov**. Impact of Ultra-Wideband Electromagnetic Interference on the Performance of a Passive Frequency Doubler. IEEE Access, vol. 12, pp. 195145-195151, 2024, doi: 10.1109/ACCESS.2024.3520834.

8. **I. A. Ivantsov**, S. V. Vlasov, Y. S. Zhechev & R. S. Surovtsev. Protection against UWB pulses in hybrid quasi-reflectionless structures based on coupled lines and t-Resonators. Russ Phys J (2026). https://doi.org/10.1007/s11182-026-03757-4.

Доклады в трудах конференций, индексируемых WoS и/или Scopus (5)

9. **I. A. Ivantsov** and Y. S. Zhechev. Four-Layer Reflection-Symmetric Structure with Electromagnetic Absorber. 2022 IEEE International Multi-Conference on Engineering, Computer and Information Sciences (SIBIRCON), Yekaterinburg, Russian Federation, 2022, pp. 140-143, doi: 10.1109/SIBIRCON56155.2022.10017032.

10. **I. A. Ivantsov**, P. V. Mikola and R. S. Surovtsev. Reflections in a Meander Line Turn of Two Segments as a Resource for Suppressing UWB Excitations. 2023 IEEE 24th International Conference of Young Professionals in Electron Devices and Materials (EDM), Novosibirsk, Russian Federation, 2023, pp. 410-413, doi: 10.1109/EDM58354.2023.10225165.

11. **I. A. Ivantsov**, Y. V. Kalashnikov and Y. S. Zhechev. Resonators in Modal Filter as a Resorse for Improving its Characteristics. 2023 IEEE 24th International Conference of Young Professionals in Electron Devices and Materials (EDM), Novosibirsk, Russian Federation, 2023, pp. 550-554, doi: 10.1109/EDM58354.2023.10225187.

12. **I. A. Ivantsov**, Y. V. Kalashnikov and Y. S. Zhechev. The Influence of Electromagnetic Absorber on Crosstalk and Signal Integrity of Coupled Transmission Lines. 2023 IEEE XVI International Scientific and Technical Conference Actual Problems of Electronic Instrument Engineering (APEIE), Novosibirsk, Russian Federation, 2023, pp. 710-713, doi: 10.1109/APEIE59731.2023.10347618.

13. **I. A. Ivantsov**, N. S. Pavlov, Y. V. Kalashnikov, V. A. Semenyuk and Y. S. Zhechev. Extraction of Complex Permittivity and Permeability in a Coaxial TEM-Cell Using a Multilayer Perceptron. 2026 IEEE 27th International Conference of Young Professionals in Electron Devices and Materials (EDM), Novosibirsk, Russian Federation, 2026, pp. 1-5, doi: 10.1109/EDM69524.2026.11631893.

Доклады в трудах отечественных конференций (2)

14. **Иванцов И.А.**, Черникова Е.Б., Белоусов А.О. Оптимизация параметров 8-проводного зеркально-симметричного модального фильтра квадратной конфигурации. ЭСиСУ. Материалы докладов Международной научно-практической конференции. ФБГОУ высшего образования ТУСУР. 2020. № 1–1. с. 262–265.

15. **Иванцов И.А.**, Жечев Е.С. Многокритериальная оптимизация параметров четырехслойного зеркально-симметричного модального фильтра для защиты от электростатического разряда. ЭСиСУ. Материалы докладов Международной научно-практической конференции. ФГБОУ высшего образования ТУСУР. 2020. № 1–1. с. 282–285.

Патенты на способ (3)

16. Патент № 2801688, заявка 06.12.2022, опубликован 14.08.2023, бюл. № 23. Газизов Т.Р., **Иванцов И.А.** Способ удаленной трассировки печатных проводников цепей с однократным модальным резервированием.

17. Патент № 2801830, заявка 08.12.2022, опубликован 16.08.2023, бюл. № 23. Газизов Т.Р., **Иванцов И.А.** Способ удаленной компоновки печатных проводников цепей с трехкратным модальным резервированием.

18. Патент № 2813609, заявка 24.03.2023, опубликован 13.02.2024, бюл. № 5. Микола П., Суровцев Р.С., **Иванцов И.А.** Усовершенствованная микрополосковая линия задержки из двух отрезков, защищающая от сверхкоротких импульсов.

Программы для ЭВМ (2)

19. Жечев Е.С., Козинец А.С., **Иванцов И.А.**, Заболоцкий А.М. Анализ многослойных зеркально-симметричных структур. Программа для ЭВМ №2022616144; заявл. 29.03.2022; опубл. 05.04.2022.

20. Мурманский М.С., **Иванцов И.А.**, Жечев Е., Заболоцкий А.М. Программный код для аналитического вычисления характеристик симметричной связанной микрополосковой линии передачи. Программа для ЭВМ №2025696921; дата регистрации: 11.12.2025; дата публикации: 22.12.2025.

Свидетельства о регистрации топологий интегральных микросхем (2)

21. Жечев Е., **Иванцов И. А.** Микросхема фильтра MF001. Топология интегральной микросхемы №2024630108 РФ; дата поступления 24.06.2024; дата публикации 27.06.2024.

22. **Иванцов И.А.**, Жечев Е., Малютин Н.Д., Калашников Ю. Микросхема квази-неотражающего ФНЧ. Топология интегральной микросхемы №2025630297; дата поступления 11.09.2025; дата публикации 16.09.25.

Свидетельства о регистрации баз данных (2)

23. Квасников А. А., Газизов Т. Р., Медведев А. В., Белоусов А. О., Алхадж Хасан А. Ф., **Иванцов И. А.**, Черникова Е. Б., Самойличенко М. А., Сагиева И. База данных типовых структур с однократным модальным резервированием. Свидетельство о государственной регистрации базы данных №2024620068 РФ; заявка № 2023624611; дата поступления 06.12.2023; зарегистрировано в реестре 09.01.2024.

24. Коколов А.А., Помазанов А.В., **Иванцов И.А.**, Павлов Н.С., Шутов Е.А., Бабак Л.И. Средства проектирования СВЧ ЭКБ на основе GaN. Свидетельство о государственной регистрации базы данных №2025624891; дата регистрации 26.08.2025; дата публикации 05.11.2025.