



УТВЕРЖДАЮ

Проректору по НРИИ

д.т.н., профессор

Куксенко С.П.

«25» 06 2026 г.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

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

Диссертация «Моделирование и экспериментальное исследование поглощающих фильтров СВЧ на основе секций связанных полосковых линий с неоднородным диэлектрическим заполнением» выполнена в ТУСУРе на кафедре конструирования узлов и деталей радиоэлектронной аппаратуры (КУДР).

Соискатель Арутюнян Артуш Арсенович обучается в очной аспирантуре ТУСУРа.

В 2020 г. окончил бакалавриат ТУСУРа по направлению «Конструирование и технология электронных средств», профиль 11.03.03 – «Проектирование и технология электронно-вычислительных средств».

В 2022 г. окончил магистратуру по направлению 11.04.04 – «Электроника и наноэлектроника», профиль «Приборы, технология контроля качества и диагностики».

Удостоверение о сдаче кандидатских экзаменов выдано в 2026 г. ТУСУРом.

Научный руководитель – Малютин Николай Дмитриевич, д.т.н., профессор.

По итогам обсуждения принято следующее заключение:

Оценка выполненной соискателем работы

Диссертация Арутюняна Артуша Арсеновича является научно квалифицированной работой, в которой содержатся исследования поглощающих фильтров СВЧ на основе секций связанных полосковых линий с неоднородным диэлектрическим заполнением.

Личный вклад автора в полученные результаты

Автору принадлежит ключевая роль в получении основных результатов работы. Личный вклад автора в публикациях, выполненных в соавторстве: [10, 18, 24] – квазистатическое моделирование; [1–5, 11–14] – электродинамическое моделирование; [1–24] – разработка и верификация аналитических моделей; [1–6, 10–22] – анализ, обобщение и интерпретация полученных результатов.

Степень достоверности результатов

Проведенные расчеты по построенным математическим моделям предложенных поглощающих фильтров, результаты электродинамического моделирования в COMSOL Multiphysics разработанных устройств подтверждаются качественно и количественно

экспериментальными измерениями и сравнением характеристик с аналогами поглощающих фильтров на сосредоточенных элементах.

Научная новизна диссертации

1. Установлено, что буферные резонансные нагрузки, выполненные в виде отрезков несимметричных полосковых линий, нагруженных на согласованное сопротивление, на поверхности полосок которых размещены отрезки брусчатых полосковых линий, образующих с отрезками несимметричных полосковых линий секции связанных полосковых линий с неоднородным диэлектрическим заполнением, обладают разреженным спектром резонансных частот секций с зависимостью входного импеданса, близкого к значениям согласованных нагрузок в полосе частот пропускания БРН как четырехполюсника, а в полосе запирания стремящегося к минимальному (порядка $10^{-1} - 10^{-2}$) или максимальному значению (порядка $10^3 - 10^4$ Ом) в зависимости от схемы соединения полоски брусчатой полосковой линии с токонесущей полоской несимметричной полосковой линии.

2. Показана идентичность частотных характеристик волновых параметров в ограниченном частотном диапазоне отрезка полосковой квази-планарной трехпроводной связанной линии с характеристиками связанных двухпроводных линий, если центральный проводник трехпроводной связанной линии не нагружен, находится под плавающим потенциалом и связан электромагнитно с двумя другими токонесущими полосками.

3. Разработаны электродинамические модели буферных резонансных нагрузок и трехпроводных связанных линий, позволяющие проводить анализ частотных характеристики новых конструкций поглощающих фильтров на основе двухпроводных и трехпроводных связанных линий, осуществлять проектирование поглощающих фильтров по заданным параметрам конструкций и материалов.

Практическая значимость

Предложены и разработаны макеты полосковых поглощающих полосно-пропускающих фильтров, выполненных как с использованием трехпроводных структур, так и с использованием двухпроводных структур. Разработана математическая модель, позволяющая рассчитывать частотные характеристики поглощающих фильтров СВЧ при известных погонных параметрах полосковых линий.

Предложена новая конструкции буферных резонансных нагрузок поглощающих фильтров, которая является замещением RLC-цепей и позволяющая увеличить центральную частоту полосы пропускания при сохранении поглощающих свойств.

Разработанные поглощающие полосно-пропускающие фильтры используются в интеграции с антеннами, образуя новый класс устройств – антенн-фильтров, в которых достигается подавление отраженных волн при передаче и приеме сигналов.

Получены результаты экспериментальных исследований частотных характеристик полосковых поглощающих фильтров, которые составляют базу данных реальных параметров ПФ.

Ценность научных работ соискателя

Научные работы соискателя имеют высокую ценность. Они подтверждаются многочисленными публикациями их результатов в рецензируемых журналах и материалах конференций, а также их широким использованием: в составе отчетов по выполнению госзаданий по проектам FEWM-2020-0039 от 01.03.2020, FEWM-2023-0014 от 16.01.2023 Министерства науки и высшего образования РФ. Разработанные конструкции и модели использованы при проведении исследований в НИР по хозяйственному договору 14/22 с АО «НПФ «Микран» от 01.06.2022.

Специальность, которой соответствует диссертация

Диссертационная работа Арутюняна Артуша Арсеновича по своему содержанию соответствует специальности 2.2.14 – «Антенны, СВЧ-устройства и их технологии» в области исследования «Решение внешних и внутренних дифракционных задач электродинамики для анализа и синтеза высокоэффективных антенн и микроволновых устройств, определения их предельно-достижимых характеристик, возможных путей построения и т. д.». «Исследование характеристик антенн и микроволновых устройств для их оптимизации и модернизации, что позволяет осваивать новые частотные диапазоны, обеспечивать электромагнитную совместимость, создавать высокоэффективную технологию и т. д.», «Исследование и разработка новых антенных систем, активных и пассивных микроволновых устройств, в том числе управляющих, фазирующих, экранирующих и других, с существенно улучшенными параметрами» паспорта специальности.

Ценность научных работ соискателя, полнота изложенных материалов диссертации в печатных работах

По материалам диссертации опубликовано 24 работы (2 без соавторов): 5 статей в журналах из перечня ВАК; 7 докладов в трудах конференций, индексируемых в WoS и Scopus; получено 5 патентов на изобретение; 1 свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ; 4 доклада в трудах международных конференций; 2 монографии.

Диссертация «Моделирование и экспериментальное исследование поглощающих фильтров СВЧ на основе секций связанных полосковых линий с неоднородным диэлектрическим заполнением» Арутюняна Артуш Арсеновича рекомендуется к защите на соискание ученой степени кандидат технических наук по специальности 2.2.14 – «Антенны, СВЧ-устройства и их технологии».

**Заключение принято на объединённом научно-техническом семинаре кафедры
КУДР, ТУ и КСУП**

Присутствовало на заседании 11 чел., в том числе 4 доктора наук, 2 кандидата наук.
Результаты голосования: «за» – 11 чел., «против» 0 чел., «воздержалось» – 0 чел., протокол №
265, от «25» 06 2026 г.

Председатель

д.т.н., доцент

Секретарь

к.т.н., доцент каф. КУДР


Суровцев Р.С.


Бомбизов А.А.

Список публикаций соискателя Арутюняна Артуша Арсеновича

Публикации в журналах из перечня ВАК

1. Частотные характеристики полосковых модулей формирования квазихаотических сигналов на основе объемных нелинейно-оптических кристаллов / **А. А. Арутюнян**, Н. Д. Малютин, Г. А. Малютин [и др.] // Ural Radio Engineering Journal. – 2023. – Т. 7, № 3. – С. 227-249. – DOI 10.15826/urej.2023.7.3.001.
2. **Арутюнян, А. А.** Полосковый резонатор СВЧ с объемным кристаллом: экспериментальные характеристики и определение эффективной диэлектрической проницаемости / **А. А. Арутюнян**, Н. Д. Малютин // Журнал радиоэлектроники. – 2024. – № 7. – DOI 10.30898/1684-1719.2024.7.8.
3. **Арутюнян А. А.** Моделирование и экспериментальное исследование фильтра неотражающего типа на основе полосковой трехпроводной связанной линии / **А. А. Арутюнян** // Доклады ТУСУР. – 2025. – Т. 28, № 2. – С. 55–61. DOI: 10.21293/1818-0442-2025-28-2-55-61.
4. Характеристики антенн, нагруженных на отражающие и неотражающие частотно-селективные цепи / Н. Д. Малютин, М. О. Коноваленко, Г. А. Малютин, **А. А. Арутюнян**, Е. И. Тренкаль, Т. А. Чепко // Журнал радиоэлектроники. – 2025. – № 11. – DOI 10.30898/1684-1719.2025.11.31.
5. **Арутюнян, А. А.** Моделирование и экспериментальное исследование неотражающего полоскового фильтра на основе трехпроводной меандровой связанной линии / **А. А. Арутюнян**, Н. Д. Малютин // Журнал радиоэлектроники. – 2026. – № 1. – DOI 10.30898/1684-1719.2026.1.6.

Патенты на изобретение

6. Патент № 2803456 С1 Российская Федерация, МПК G01S 7/38, H04K 3/00. Модуль формирования квазихаотического сигнала сверхвысоких частот: № 2022124041: заявл. 12.09.2022: опубл. 13.09.2023 / А. В. Дворкович, Н. Д. Малютин, А. Г. Лошилов, **А. А. Арутюнян**, Л. Я. Серебренников, Г. А. Малютин; заявитель ФГБОУ ВО "ТУСУР".
7. Патент № 2837988 С1 Российская Федерация, МПК H01P 1/36. Способ подавления отражённых волн на внеполосных частотах СВЧ тракта: заявл. 05.11.2024: опубл. 07.04.2025 / Н. Д. Малютин, Л. Я. Серебренников, Г. А. Малютин, **А. А. Арутюнян**, Т. А. Чепко; заявитель ФГАОУ ВО "ТУСУР".
8. Патент № 2 848 681 С1 Российская Федерация, МПК H01P 1/203. Неотражающий полосковый фильтр, совмещающий разнесенные по частоте полосу пропускания и полосу заграждения: заявл. 22.04.2025: опубл. 21.10.2025 / **А.А. Арутюнян**, Г.А. Малютин, Н.Д. Малютин, Т.А. Чепко; заявитель ФГАОУ ВО "ТУСУР".
9. Патент № 2 848 917 С1 Российская Федерация, МПК H01P 1/203, H01P 5/18. Неотражающий полосно-пропускающий фильтр на связанных квази-планарных полосковых линиях: заявл.

13.05.2025: опублик. 21.10.2025 / **А.А. Арутюнян**, Г.А. Малютин, Н.Д. Малютин, Т.А. Чепко; заявитель ФГАОУ ВО "ТУСУР".

10. Патент № 2 862 899 С1 Российская Федерация, МПК H01P 1/203. Неотражающий полосно-пропускающий фильтр: заявл. 10.02.2026: опублик. 26.05.2026 / **А. А. Арутюнян**, Н. Д. Малютин, Ю. В. Янковская; заявитель ФГАОУ ВО "ТУСУР".

Свидетельства о государственной регистрации программы для ЭВМ

11. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2023681254 Российская Федерация. Программа анализа влияния экрана на частотные характеристики модуля формирования квази-хаотического сигнала на основе копланарной линии и нелинейно-оптического кристалла в СВЧ диапазоне: № 2023680643: заявл. 10.10.2023: опублик. 11.10.2023 / **А. В. Артамонов, А. А. Арутюнян**; заявитель ФГБОУ ВО "ТУСУР".

Доклады в трудах конференций, индексируемых в Scopus и Web of Science

12. **A. A. Arutyunyan** and G. A. Malyutin, "Experimental Research of the Scattering Parameters of the Module Based on a Coplanar Strip Line Segment With a Lithium Niobate Crystal and its Possible Use," 2022 IEEE 23rd International Conference of Young Professionals in Electron Devices and Materials (EDM), Altai, Russian Federation, 2022, pp. 168-171, doi: 10.1109/EDM55285.2022.9855037.

13. **A. A. Arutyunyan**, G. A. Malyutin and N. D. Malyutin, "The Effect of Quasi-Chaotic Oscillations Formation in Devices Based on Strip Structures Containing Bulk LiNbO₃ Crystals," 2022 International Siberian Conference on Control and Communications (SIBCON), Tomsk, Russian Federation, 2022, pp. 1-6, doi: 10.1109/SIBCON56144.2022.10003019.

14. **A. A. Arutyunyan**, N. D. Malyutin, S. N. Podzyvalov and N. N. Yudin, "Investigation of Stripline Modules at the Formation of Quasi-Chaotic Signals in the Transmitting-Receiving Path," 2023 IEEE 24th International Conference of Young Professionals in Electron Devices and Materials (EDM), Novosibirsk, Russian Federation, 2023, pp. 120-124, doi: 10.1109/EDM58354.2023.10225158.

15. **A. A. Arutyunyan**, G. A. Malyutin, N. D. Malyutin, D. E. Minenko, A. A. Artamonov and A. A. Tomashevich, "Quasi-Chaotic Microwave Oscillations: Formation, Application to Test Vector Network Analyzers," 2023 IEEE XVI International Scientific and Technical Conference Actual Problems of Electronic Instrument Engineering (APEIE), Novosibirsk, Russian Federation, 2023, pp. 750-754, doi: 10.1109/APEIE59731.2023.10347681.

16. G. A. Malyutin, T. T. Thanh, T. A. Chepko and **A. A. Arutyunyan**, "Modeling and Experimental Study of Non-Reflective Microwave Filters," 2024 International Seminar on Electron Devices Design and Production (SED), Sochi, Russian Federation, 2024, pp. 1-4, doi: 10.1109/SED63331.2024.10741057.

17. **A. A. Arutyunyan**, G. A. Malyutin and T. A. Chepko, "Coupled Striplines with Enhanced Electromagnetic Coupling Based on Three-Wire Striplines and Their Applications," 2025 IEEE Ural-

Siberian Conference on Biomedical Engineering, Radioelectronics and Information Technology (USBEREIT), Yekaterinburg, Russian Federation, 2025, pp. 159-162, doi: 10.1109/USBEREIT65494.2025.11054109.

18. **A. A. Arutyunyan** N. D. Malyutin, "New Absorbing Band-Pass Filter," 2026 IEEE 27th International Conference of Young Professionals in Electron Devices and Materials (EDM), Novosibirsk, Russian Federation, 2026, pp. 1-5, doi: 10.1109/EDM69524.2026.11632215.

Доклады в трудах международных конференций

19. **Арутюнян, А. А.** Полосковый фильтр верхних частот, формирующий квазихаотический сигнал в полосе прозрачности / **А. А. Арутюнян** // Электронные средства и системы управления. Материалы докладов Международной научно-практической конференции. – 2022. – № 1-1. – С. 121-124.

20. Малютин, Н. Д. Модули формирования квазихаотического сигнала в сверхширокой полосе частот СВЧ диапазона на основе кристаллов ниобата лития / Н. Д. Малютин, Г. А. Малютин, **А. А. Арутюнян** // Радиофизика, фотоника и исследование свойств вещества: тезисы докладов II Российской научной конференции, Омск, 05–07 октября 2022 года. – Омск: Омский научно-исследовательский институт приборостроения, 2022. – С. 218-220.

21. **Арутюнян, А. А.** Способ определения эффективной диэлектрической проницаемости объемных кристаллов / **А. А. Арутюнян**, Н. Д. Малютин // СВЧ-техника и телекоммуникационные технологии. – 2024. – № 6. – С. 50-52.

22. Подавление переотражений и внеполосных колебаний в межкаскадных соединениях с помощью неотражающих частотно-селективных цепей СВЧ / А. Г. Лощилов, Н. Д. Малютин, Г. А. Малютин, **А. А. Арутюнян**, Т. А. Чепко [и др.] // Инновационные, информационные и коммуникационные технологии: сборник трудов XXI Международной научно-практической конференции, Сочи, 01–10 октября 2024 года. – Москва: Ассоциация выпускников и сотрудников ВВИА им. проф. Жуковского, 2024. – С. 271-277.

Монографии

23. Распределенно-сосредоточенные цепи и полосковые СВЧ-устройства на их основе: моногр. / А. Г. Лощилов, **А. А. Арутюнян** [и др.]; под ред. проф. Н. Д. Малютина. – Томск: ТУСУР, 2023. – 151 с.

24. Невзаимное обратное рассеяние электромагнитных волн: Обзор методов исследования, экспериментальная техника обнаружения, обработка результатов измерений / Лощилов А. Г., Малютин Н. Д., Семенов Э. В., Сычев А. Н., Суторихин В. А., Тренкаль Е. И., Поздняков В. С., Чинь Т. Т., **Арутюнян А. А.**, Ахраров Н. М., Малютин Г. А. — 2021. 157 с.