

УТВЕРЖДАЮ



Проректор по учебной работе  
ФГАОУ ВО «Сибирский  
федеральный университет»  
Денис Сергеевич Гуц

«03» апреля 2025 г.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Сибирский федеральный университет»

Диссертация «Компактные волноводные фильтры» выполнена на кафедре «Радиотехника».

В период подготовки диссертации соискатель Соркин Александр Анатольевич обучался в очной аспирантуре Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Сибирский федеральный университет», кафедра «Радиотехника», работал в должности начальника сектора отдела по разработке АФУ и пассивных СВЧ устройств в АО «НПП «Радиосвязь».

В 2002 г. окончил «Красноярский государственный технический университет» с присвоением квалификации «Инженер» по специальности «Радиофизика и электроника».

В 2018 г. окончил магистратуру в ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет» по направлению 11.04.01 «Радиотехника».

В 2024 г. окончил очную аспирантуру при ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет» по направлению 11.06.01 «Электроника, радиотехника и системы связи». Присуждена квалификация «Исследователь. Преподаватель-исследователь».

Справка о сдаче кандидатских экзаменов выдана в 2025 г. Федеральным государственным автономным образовательным учреждением высшего образования «Сибирский федеральный университет».

Научный руководитель – Саломатов Юрий Петрович, профессор, кандидат технических наук, Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Сибирский федеральный университет», кафедра «Радиотехника», заведующий кафедрой.

### **Оценка выполненной соискателем работы**

Диссертация Соркина Александра Анатольевича является научно-квалификационной работой, в которой решаются задачи по исследованию компактных волноводных фильтров различных типов, формирующих симметричные и несимметричные амплитудно-частотные характеристики (АЧХ) за счет наличия полюсов затухания.

В результате проведенных автором исследований были получены результаты, заключающиеся в следующем: предложены полосовые фильтры с магнитными и электрическими межрезонаторными связями, реализованными с помощью одно- или двухсторонних шлейфов, имеющие высокую крутизну одного из скатов АЧХ; предложены полосовые фильтры на многосекционных резонаторах, в которых увеличение порядка фильтра достигается увеличением числа секций в одном резонаторе или каскадированием резонаторов с одинаковым или с различным числом секций, что позволяет увеличивать крутизну скатов АЧХ; предложены компактные трансформаторы сопротивлений, имеющие в своей структуре одно- или двухсторонние шлейфы, которые позволяют формировать полосы заграждения; предложены полосовые фильтры на объемных и гребневых Т- и Y-образных резонаторах, с помощью которых можно формировать симметричную и несимметричную АЧХ. У всех исследованных фильтров на полуволновой длине укладывается от двух и более звеньев.

### **Актуальность темы**

В современных системах спутниковой связи, радиолокации, тропосферной связи и специальной радиоаппаратуре широко применяются различные фильтры диапазона сверхвысоких частот (СВЧ).

Применение волноводных фильтров, например, в системах спутниковой связи X-диапазона (для спутниковой связи 7,0-10,7 ГГц) в трактах передачи на выходе передатчика, обусловлено тем, что мощность передатчика больше 10 Вт. Использование микрополосковых фильтров в этом случае недопустимо. В трактах приема применение волноводных фильтров необходимо для обеспечения низкого уровня вносимых потерь, который микрополосковые фильтры не обеспечивают. Кроме того, микрополосковые фильтры не обладают требуемой крутизной амплитудно-частотной характеристики.

Особенностью X-диапазона в системах спутниковой связи (ССС) является близкое расположение диапазона приёма (7,25-7,75 ГГц) и передачи (7,9-8,4 ГГц), поэтому использование волноводных фильтров на основе полуволновых объемных резонаторов с индуктивными диафрагмами с Чебышевской АЧХ является нецелесообразным. Такому фильтру приемного тракта для подавления частот передачи на 80 дБ требуется четырнадцать звеньев, при этом длина фильтра составляет около 360 мм. Применение подобных фильтров в приемопередающих трактах антенно-фидерных устройств (АФУ) не позволяет обеспечить приемлемые массогабаритные характеристики всей системы, возникает необходимость применения компактных фильтров в ССС X-диапазона.

С учётом вышеизложенного, существует необходимость создания компактных фильтров с возможностью формирования нулей передачи, расположенных симметрично или несимметрично относительно полосы прозрачности. Этим требованиям могут соответствовать новые типы волноводных объемных многомодовых резонаторов. Требуются исследования влияния их геометрических размеров на частотные характеристики и собственную добротность, которая определяет потери в полосе пропускания, и крутизну АЧХ.

Таким образом исследования волноводных фильтров, с многогодовыми резонаторами, а также резонаторами, реализованными с помощью диафрагм, при этом имеющие низкие потери, высокую крутизну и обладать компактностью является актуальным в настоящее время.

### **Личное участие автора в получении результатов**

Результаты исследований, представленные в диссертационной работе и сформулированные в виде научных положений, получены автором лично или при его непосредственном участии. Результаты работы и направления дальнейших научных исследований обсуждались с научным руководителем и другими членами научного коллектива. Личный вклад автора включает разработку конструкций/структуры фильтров и исследование их параметров, а также выполнение моделирования и экспериментальных исследований с последующей обработкой полученных данных и представлением их в виде графиков.

### **Степень достоверности результатов**

Достоверность результатов обеспечивается корректным использованием современных САПР для электродинамического моделирования с применением различных методов и точностей расчета, использовании высокоточного оборудования и апробированных экспериментальных методик для проведения экспериментальных исследований. Результаты работы являются воспроизводимыми и проверяемыми, наблюдается хорошее совпадение результатов моделирования, экспериментальных исследований и данных, известных из литературы.

### **Новизна результатов**

1. Предложены волноводные полосовые фильтры, реализованные по схемам с индуктивными, емкостными и смешанными связями, отличающиеся тем, что в качестве резонаторов используются диафрагмы, а в качестве элементов связей последовательные короткозамкнутые шлейфы.

2. Предложены новые типы волноводных трансформаторов сопротивлений, содержащие подводящие прямоугольные волноводы различных

поперечных сечений, между которыми располагаются диафрагмы и отрезки волноводов, отличающиеся тем, что трансформаторы состоят из чередования диафрагм и односторонних или двухсторонних шлейфов.

3. Предложен новый тип волноводных полосовых фильтров на многосекционных резонаторах, отличающийся тем, что резонаторы состоят из резонирующих секций, связанных между собой посредством диафрагм связи.

4. Предложены новые типы волноводных полосовых фильтров на полуволновых резонаторах со шлейфом, отличающиеся тем, что резонаторы могут быть как объемными Т-образными, так и гребневыми Т- или Y-образной формы.

### **Практическая значимость диссертации и использование полученных результатов**

Разработаны новые типы полосовых фильтров и трансформаторов сопротивлений уменьшенных габаритов, формирующие полюсы затухания, что позволяет увеличивать крутизну ската АЧХ фильтров.

Основные результаты диссертации получены при выполнении опытно-конструкторских и научно-исследовательских работ, выполненных в АО «НПП«Радиосвязь» и в СФУза период 2008-2024 г.

Научные и практические результаты работы используются в станциях спутниковой связи в АО «НПП«Радиосвязь». Использование результатов диссертационной работы подтверждено соответствующим актом.

### **Ценность научных работ соискателя**

Новизна исследований Соркина А.А. подтверждается получением патентов на изобретения и полезные модели.

Ценность работы соискателя заключается в разработке: компактных полосовых фильтров с резонаторами на диафрагмах с межрезонаторной связью в виде одно- или двухсторонних шлейфов, которые формируют полюсы затухания вблизи полосы пропускания, при этом на полуволновой длине укладывается до 9 звеньев; компактных трансформаторов сопротивлений со

структурой в виде чередования диафрагм и одно- или двухсторонних шлейфов, которые позволяют формировать полосу заграждения; компактных полосовых фильтров на многосекционных резонаторах, в которых порядок фильтра можно увеличивать путем добавления секций в одном резонаторе или каскадированием резонаторов с одинаковым или с различным количеством секций, что позволяет увеличивать крутизну как одного ската АЧХ, так и обоих; компактных полосовых фильтров на объемных и гребневых Т- и Y-образных резонаторах, формирующих симметричную и несимметричную АЧХ. Представленные в данной работе экспериментальные и теоретические результаты имеют высокую практическую значимость в области создания частотно- селективных устройств различных систем связи.

### **Соответствие требованиям пункта 14 Положения ВАК**

Требования, установленные пунктом 14 Положения ВАК, выполнены: в диссертации автор ссылается на источники заимствования материалов, во Введении автор отметил, что часть результатов получена совместно с соавторами научных публикаций и в каждом оригинальном разделе диссертации привёл ссылки на работы.

### **Специальность, которой соответствует диссертация**

Диссертация Соркина Александра Анатольевича соответствует специальности 2.2.14 – «Антенны, СВЧ устройства и их технологии» в области исследования «Исследование характеристик антенн и СВЧ устройств для их оптимизации и модернизации, что позволяет осваивать новые частотные диапазоны, обеспечивать электромагнитную совместимость, создавать высокоэффективную технологию и т.д.» по п. 2 паспорта специальности.

### **Полнота изложенных материалов в печатных работах, опубликованных автором**

По результатам исследований получены 5 патентов и опубликовано 9 научных работ, включая 3 статьи в рекомендованных ВАК РФ изданиях, 6 статей в трудах российских и международных конференций.:

*Статьи в журналах из перечня ВАК*

1. Соркин А.А. Компактные полосно-пропускающие волноводные фильтры с индуктивными связями с  $E$ -плоскостной симметрией и без  $E$ -плоскостной симметрии. Известия вузов России. Радиоэлектроника. 2022. Т. 25, № 5. С. 32–41.
2. Соркин А.А. Волноводный трехмодовый резонатор. Письма в ЖТФ, №22, 2023. -С.16-18.
3. Соркин А.А. Волноводные двухмодовые полосно-пропускающие фильтры на полуволновых резонаторах со шлейфами. Доклады ТУСУР. том 26, №1, 2023. -С.26-33.

Патенты:

1. Пат. № 229602, Российская Федерация. Волноводный двухмодовый фильтр СВЧ / Соркин А. А., заявитель и патентообладатель ФГАОУ ВО «СФУ» . – № 2024117480, заявл. 25.06.2024, опубл. 16.10.2024.
2. Пат. № 229951, Российская Федерация. Волноводный фильтр СВЧ/ Соркин А. А., заявитель и патентообладатель ФГАОУ ВО «СФУ» . – № 2024123682, заявл. 16.08.2024, опубл. 06.11.2024.
3. Пат. № 230097, Российская Федерация. Волноводный двухмодовый фильтр СВЧ/ Соркин А. А., заявитель и патентообладатель ФГАОУ ВО «СФУ» . – № 2024125271, заявл. 25.06.2024, опубл. 14.11.2024.
4. Пат. № 2829705, Российская Федерация. Фильтр СВЧ/ Соркин А. А., заявитель и патентообладатель ООО НПО «ЮСТ» . – № 2022125089, заявл. 26.09.2022, опубл. 05.11.2024.
5. Пат. № 2830498, Российская Федерация. Волноводный двухмодовый фильтр СВЧ/ Соркин А. А., заявитель и патентообладатель ООО НПО «ЮСТ» . – № 2022130187, заявл. 21.11.2022, опубл. 20.11.2024.

*Доклады в трудах международных конференций*

1. А.А. Sorkin. Compact Bandpass Waveguide Filters with Capacitive or Mixed Couplings with E-plane Symmetry and without E-plane Symmetry. 2022 International Siberian Conference on Control and Communications (SIBCON), pp.1-4.

2. Соркин А.А., Саломатов Ю.П. Компактные полосно-пропускающие волноводные фильтры с индуктивными связями с Е-плоскостной симметрией и без Е-плоскостной симметрии. СПР-2022, с.257-262.

3. Соркин А.А., Саломатов Ю.П. Волноводные полосно-пропускающие фильтры на полуволновых резонаторах со шлейфами. СПР-2022, с.216-220.

4. Соркин А.А, Соркин А.Р. Волноводный фильтр с индуктивными связями. Современные проблемы радиоэлектроники. Ростов-на-Дону.-2006.- С.241-243.

5. A.R.Sorkin, A.A. Sorkin. The waveguide transformer on the lumped elements. 2001 Microwave Electronics: Measurement, Identification, Applications. Conference Proceedings. MEMIA'2001 (Cat. No.01EX474), pp.112-114. doi: 10.1109/MEMIA.2001.982332.

6. А.А. Sorkin. Waveguide passband filters on half-wave resonators with stubs. Борисовские чтения, Красноярск, 2021, с.279-282.

Диссертация «Компактные волноводные фильтры» Соркина Александра Анатольевича рекомендуется к защите на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.2.14 – «Антенны, СВЧ устройства и их технологии».

Заключение принято на расширенном заседании научного семинара кафедры «Радиотехника».

Присутствовало на заседании -19 чел. С правом решающего голоса - 16 чел. Результаты голосования: «за» – 16 чел., «против» – 0 чел., «воздержалось» – 0 чел., протокол № 6 от 19.03.2025 г.

Минаков Андрей Викторович,  
д-р физ.-мат. наук, доцент,  
директор института инженерной физики  
и радиоэлектроники

