

УТВЕРЖДАЮ:

Проректор по научной работе и цифровому развитию

ФГБОУ ВО «СГУ имени Н.Г. Чернышевского»

Алексей Александрович Короновский

«30» \_\_\_\_\_ 2023 г.



## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н.Г. Чернышевского»

по диссертации **Саяпина Кирилла Александровича** «Синтез устройств согласования и фазового смещения радиосигналов» на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.4. — «Радиофизика», выполненной на кафедре радиотехники и электродинамики института физики ФГБОУ ВО «СГУ имени Н.Г. Чернышевского».

Тема диссертационной работы утверждена приказом ректора СГУ от 30 декабря 2019 года № 237–Д и переутверждена приказом ректора СГУ от 29 мая 2023 года № 108–Д.

Соискатель **Саяпин Кирилл Александрович** окончил федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н.Г. Чернышевского» в 2019 г. по направлению 03.04.03 «Радиофизика» с присвоением квалификации «Магистр».

В период подготовки диссертации по настоящее время соискатель обучается в аспирантуре ФГБОУ ВО «СГУ имени Н.Г. Чернышевского» по направлению подготовки 03.06.01 «Физика и астрономия», направленность «Радиофизика».

Справка о сданных кандидатских экзаменах № 48-2023 выдана 19 июня 2023 года федеральным государственным бюджетным образовательным учреждением высшего образования «Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н.Г. Чернышевского».

Научный руководитель — Давидович Михаил Владимирович, доктор физико-математических наук, профессор, профессор кафедры радиотехники и электродинамики института физики ФГБОУ ВО «СГУ имени Н.Г. Чернышевского»,

утвержден приказом ректора СГУ от 10 марта 2020 года № 38-Д, представил положительный отзыв о диссертации и соискателе.

Научную экспертизу диссертация проходила на расширенном заседании кафедры радиотехники и электродинамики института физики ФГБОУ ВО «СГУ имени Н.Г. Чернышевского» с приглашением специалистов по профилю диссертации из других структурных подразделений СГУ.

На заседании присутствовали:

1. *Стрелкова Галина Ивановна*, доктор физико-математических наук, доцент, заведующая кафедрой радиофизики и нелинейной динамики института физики ФГБОУ ВО «СГУ имени Н.Г. Чернышевского»;
2. *Вадивасова Татьяна Евгеньевна*, доктор физико-математических наук, профессор, профессор кафедры радиофизики и нелинейной динамики института физики ФГБОУ ВО «СГУ имени Н.Г. Чернышевского»;
3. *Давидович Михаил Владимирович*, доктор физико-математических наук, профессор, профессор кафедры радиотехники и электродинамики института физики ФГБОУ ВО «СГУ имени Н.Г. Чернышевского»;
4. *Аникин Валерий Михайлович*, доктор физико-математических наук, профессор, заведующий кафедрой общей, теоретической и компьютерной физики института физики ФГБОУ ВО «СГУ имени Н.Г. Чернышевского»;
5. *Караваев Анатолий Сергеевич*, доктор физико-математических наук, доцент, заведующий кафедрой динамического моделирования и биомедицинской инженерии института физики ФГБОУ ВО «СГУ имени Н.Г. Чернышевского»;
6. *Глухова Ольга Евгеньевна*, доктор физико-математических наук, профессор, заведующая кафедрой радиотехники и электродинамики института физики ФГБОУ ВО «СГУ имени Н.Г. Чернышевского»;
7. *Филимонов Юрий Александрович*, доктор физико-математических наук, профессор, заведующий лабораторией СФ ИРЭ РАН;
8. *Мучкаев Вадим Юрьевич*, доктор технических наук, доцент, доцент кафедры «Электронные приборы и устройства» ФГБОУ ВО «СГТУ имени Гагарина Ю.А.»;
9. *Нефедов Игорь Сергеевич*, доктор физико-математических наук, профессор, ведущий научный сотрудник отдела математического моделирования Обра-

зовательно-научного института наноструктур и биосистем наноструктур и биосистем ФГБОУ ВО «СГУ имени Н.Г. Чернышевского»;

10. *Ермолаев Игорь Анатольевич*, доктор физико-математических наук, профессор кафедры радиотехники и электродинамики института физики ФГБОУ ВО «СГУ имени Н.Г. Чернышевского»;
11. *Шунаев Владислав Викторович*, кандидат физико-математических наук, доцент кафедры радиотехники и электродинамики института физики ФГБОУ ВО «СГУ имени Н.Г. Чернышевского»;
12. *Колосов Дмитрий Андреевич*, кандидат физико-математических наук, ассистент кафедры радиотехники и электродинамики института физики ФГБОУ ВО «СГУ имени Н.Г. Чернышевского»;
13. *Хвалин Александр Львович*, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры общей, теоретической и компьютерной физики ФГБОУ ВО «СГУ имени Н.Г. Чернышевского»;
14. *Гребенюк Константин Александрович*, кандидат физико-математических наук, доцент кафедры радиотехники и электродинамики института физики ФГБОУ ВО «СГУ имени Н.Г. Чернышевского»;
15. *Сучков Сергей Германович*, доктор физико-математических наук, профессор, руководитель научно-технологического центра «Микро- и наноэлектроника» ФГБОУ ВО «СГУ имени Н.Г. Чернышевского»;
16. *Львов Алексей Арленович*, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры «Радиоэлектроника и телекоммуникации» ФГБОУ ВО «СГТУ имени Гагарина Ю.А.»;
17. *Андрианов Виталий Геннадьевич*, заведующий учебной лабораторией электрорадиотехники кафедры радиотехники и электродинамики института физики ФГБОУ ВО «СГУ имени Н.Г. Чернышевского»;
18. *Петрунин Александр Алексеевич*, инженер кафедры радиотехники и электродинамики института физики ФГБОУ ВО «СГУ имени Н.Г. Чернышевского».

Рецензенты диссертации:

*Стрелкова Галина Ивановна*, доктор физико-математических наук, доцент, заведующая кафедрой радиофизики и нелинейной динамики института физики ФГБОУ ВО «СГУ имени Н.Г. Чернышевского» предоставила положительный отзыв.

*Львов Алексей Арленович*, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры «Радиоэлектроника и телекоммуникации» ФГБОУ ВО «СГТУ имени Гагарина Ю.А.» представил положительный отзыв.

*Хвалин Александр Львович*, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры общей, теоретической и компьютерной физики ФГБОУ ВО «СГУ имени Н.Г. Чернышевского» представил положительный отзыв.

По итогам обсуждения диссертации принято следующее заключение:

### **Заключение**

по диссертации **Саяпина Кирилла Александровича** «Синтез устройств согласования и фазового смещения радиосигналов» на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.4 — «Радиофизика».

**Актуальность работы.** В диссертационной работе Саяпина К.А. решен ряд актуальных радиофизических задач, заключающихся в исследовании и разработке принципов построения и конфигурирования электродинамических структур устройств согласования, трансформации и фазового смещения радиосигналов с повышенной электрической и механической прочностями, обладающих малыми габаритными размерами в сравнении с длиной волны, а также имеющими низкий уровень вносимых и обратных потерь; получение новых оптимальных в указанном смысле структур и конструкций устройств обработки радиосигналов.

Тема и содержание диссертации полностью соответствуют паспорту специальности 1.3.4 – «Радиофизика» по физико-математическим наукам. Основные положения диссертации достаточно полно отражены в научных публикациях в рецензируемых журналах с высоким значением импакт-фактора.

**Научная новизна** результатов работы, соответствующая паспорту научной специальности 1.3.4 по физико-математическим наукам, заключается в следующем:

1. Проведен анализ влияния формы зонда КВП с емкостной связью на частотные характеристики коаксиально-волноводных переходов и их электрическую прочность (п. 1, 2, 3 паспорта научной специальности).

2. Разработаны и исследованы структуры уголкового КВП индуктивного типа, отличающиеся от известных отсутствием в коаксиальном соединителе твёрдых прецизионных СВЧ-диэлектриков, что положительно сказывается на частотных характеристиках устройства и его электрической прочности (п. 1, 2, 3 паспорта научной специальности).

3. Разработаны и исследованы структуры соосных КВП индуктивного типа, отличающиеся от известных использованием согласующей секции на основе отрезка полосковой ЛП, позволяющей расширить рабочий диапазон частот КВП и повысить уровень согласования в нём (п. 1, 2, 3 паспорта научной специальности).

4. Разработаны и исследованы структуры соосных КВП, отличающиеся от известных использованием ёмкостного типа связи, позволяющей улучшить частотные характеристики устройства (п. 1, 2, 3 паспорта научной специальности).

5. Разработаны и исследованы структуры уголкового КВП с индуктивным типом связи, отличающиеся от известных подключением коаксиальной линии передачи через боковую узкую стенку волновода. Исследованы процессы трансформации волн в указанных структурах (п. 1, 2, 3 паспорта научной специальности).

6. Разработан специальный алгоритм электродинамического анализа возбуждения ПВ и резонатора через щели связи системой произвольно ориентированных КВП. Получены соотношения, определяющие условия возбуждения резонатора, содержащего диэлектрические элементы. Также получены соотношения, позволяющие оценить критические значения напряженности электромагнитных полей при проектировании бортовых устройств СВЧ формирования и передачи сигналов (п. 3 паспорта научной специальности).

7. Разработаны новые структуры электрических цепей широкополосных ФФ с ФК на основе неоднородных одиночных ЛП с неоднородными шлейфами, имеющие в 1,3-3,0 раза меньшие габариты, чем структуры на основе однородных шлейфов (п. 1, 3 паспорта научной специальности).

8. Проведено комплексное теоретическое и экспериментальное исследование широкополосного ФФ с новой структурой электрической цепи, представляющего собой ступенчатую структуру класса II, нагруженную короткозамкнутым шлейфом. При равном числе ступеней предложенная структура обеспечивает меньшее значение коэффициента связи линий передачи и меньшее отклонение ФЧХ от заданного номинального значения по сравнению с ФФ на С-звеньях. Например, в случае трехступенчатой структуры для номинального фазового сдвига  $\varphi_0=90^\circ$  и коэффициента перекрытия рабочего диапазона частот  $\kappa=3$  коэффициент связи уменьшился с 0,663 до 0,243, а фазовая ошибка снизилась с 1,93 до 0,14; при этом габаритные размеры ФФ уменьшаются

в 1,5 раза по сравнению с прототипом. Численно исследовано влияние неоднородностей в местах сочленения микрополосковых связанных и одиночных ЛП, а также в области подключения шлейфа к отрезку связанных ЛП, на процессы распространения и рассеяния волн, дана оценка их влияния на частотные характеристики ФФ (п. 1, 2, 3 паспорта научной специальности).

9. Исследована новая структура микрополоскового широкополосного ФФ с двухэлементным ФК на основе связанных ЛП со шлейфами, обеспечивающая меньший коэффициент связи между линиями, чем аналогичная структура на С-звеньях (п. 1, 3 паспорта научной специальности).

**Научная и практическая значимость.** Результаты диссертационной работы вносят вклад в область радиофизики. Синтезированные структуры КВП с емкостным и индуктивным типами связи, имеющие как соосную, так и уголковую конфигурацию, найдут широкое применение в прецизионных измерительных комплексах и в системах наземной и спутниковой связи. Предложенные структуры электрических цепей широкополосных и сверхширокополосных ФФ открывают перспективы освоения новых диапазонов частот.

Разработанные в диссертации алгоритмы численного электродинамического и схемотехнического анализа и оптимизации позволяют ускорить разработку устройств согласования и фазового смещения радиосигналов с улучшенными электродинамическими характеристиками и проводить исследования процессов распространения электромагнитных волн в таких системах с учетом их электрической прочности.

Часть результатов ДИССЕРТАЦИИ была получена в ходе выполнения НИОКР «Мультиплексор-И1Т», ОКР «Спутник», НИР «Импульс» в ООО «НПП «НИКА-СВЧ» (г. Саратов), что подтверждается актом внедрения, приложенном к диссертации. Другая часть результатов диссертации была получена в ходе выполнения гранта Российского научного фонда (проект №23-29-00879) и гранта Фонда содействия инновациям (проект №17ГРРЭС14/71669).

Результаты исследований, полученные при подготовке диссертации, были использованы в учебном процессе подготовки бакалавров по направлению «Радиофизика» в Институте физики ФГБОУ ВО «СГУ им. Н.Г. Чернышевского».

**Апробация работы.** Основные положения и результаты работы были доложены на десяти всероссийских и международных научно-технических конференциях, в том числе трех Всероссийских конференциях «Электроника и микроэлектроника СВЧ», (г. Санкт-Петербург, ЛЭТИ, 2021-2023 гг.), пяти

Международных научно-технических конференциях «Радиолокация, навигация, связь» (Воронеж, ВГУ, 2019-2023 гг.), III Международной научно-практической конференции «САПР и моделирование в современной электронике» (г. Брянск, БГТУ, 2019 г.), 31-ой Международной конференции «СВЧ-техника и телекоммуникационные технологии» (г. Севастополь, СевГУ, 2021 г.), Международном симпозиуме и Молодежной научной школе «Saratov Fall Meeting» (г. Саратов, СГУ, 2018 г.). Результаты диссертационного исследования были также доложены на заседаниях научно-технического совета ООО «НПП «НИКА-СВЧ» (Саратов, 2017-2023) и научных семинарах кафедры радиотехники и электродинамики Института физики СГУ имени Н.Г. Чернышевского.

**Личный вклад.** Результаты математического моделирования объектов исследования и экспериментальных исследований, представленные в настоящей работе, получены лично автором. Постановка задач и обсуждение результатов проводились совместно с научным руководителем, с В.П. Мещановым и Б.М. Кацем. Соискатель принимал непосредственно участие в разработке и описании новых структур синтезируемых устройств, в постановке и решении задач многокритериальной оптимизации параметров предложенных структур электрических цепей.

**Достоверность полученных результатов** полученных в работе результатов обеспечивается корректным применением методов схемотехнического и строгого электродинамического моделирования микроволновых многополюсников и подтверждается соответствием теоретических и экспериментальных данных, полученных с привлечением хорошо апробированных методов калибровки измерительной аппаратуры, а также сравнением их с результатами работ других авторов.

**Публикации.** По теме диссертации опубликована 41 научная работа, в том числе 12 научных статей – в ведущих периодических научных изданиях, рекомендованных ВАК РФ для опубликования основных научных результатов диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, 2 статьи – в изданиях, входящих в международную базу WoS и SCOPUS, 7 статей, индексируемых в РИНЦ, 1 коллективная монография. Получен 1 патент РФ на изобретение.

Список опубликованных работ:

1. **Саяпин К.А.**, Давидович М.В., Кобец А.К. Возбуждение прямоугольного резонатора через окно связи в конвейерной установке СВЧ-нагрева // Физика волновых процессов и радиотехнические системы. 2022. Т.25. №4. С.88-89.
2. **Саяпин К.А.**, Давидович М.В., Кобец А.К., Метод простых итераций с коррекцией сходимости и метод минимальных невязок в задачах плазмоники // Физика волновых процессов и радиотехнические системы. 2021. Т. 24. № 3. С. 18-27.
3. **Саяпин К. А.**, Давидович М. В., Колесов Г. И. Поверхностные плазмоны в структурах с металлическими пленками и графеновыми листами // СВЧ-техника и телекоммуникационные технологии. 2021. Вып. 3. С. 280-281.
4. **Саяпин К.А.**, Давидович М.В., Колесов Г.И. О формах интегральных и интегро-дифференциальных уравнений вибраторных антенн и сходимости алгоритмов // СВЧ-техника и телекоммуникационные технологии. 2021. Вып. 3. С. 141-142.
5. **Саяпин К.А.** и др. Устройства согласования линий передачи. Исследования для наземной и спутниковой связи. Внедрение в производство. / Под ред. В.П. Мещанова. М.: Радиотехника, 2019. 374 с.
6. **Саяпин К.А.**, Кац Б.М. Широкополосные элементы связи для многозондовых рефлектометров // Сборник трудов XXIX Международной научно-технической конференции. Воронеж. 2023. Т. 5. С. 205-210.
7. **Саяпин К.А.**, Кац Б.М., Корчагин А.И. Аксессуары измерительных СВЧ-трактов // Радиолокация, навигация, связь. Сборник трудов XXVI Международной научно-технической конференции, в 6 т. Воронеж. 2020. С. 23-29.
8. **Саяпин К.А.**, Кац Б.М. и др. Жидкостные волноводные нагрузки высокого уровня мощности // Радиотехника. – 2019. – Т. 83. – № 8 (12). – С. 115-119.
9. **Саяпин К.А.**, Воробьев А.В., Кац Б.М., Корчагин А.И., Купцов А.Ю., Мещанов В.П. Однопортовые измерения электрических параметров коаксиально-волноводных переходов // Радиотехника. 2019. № 7(10). Т. 83. С.136-142.
10. **Саяпин К.А.**, Кац Б.М., Мещанов В.П. Угловые коаксиально-волноводные переходы индуктивного типа // Радиофизика, фотоника и исследование свойств вещества. Тезисы докладов I Российской научной конференции. Омск. 2020. С. 159-160.
11. **Саяпин К.А.**, Кац Б.М., Корчагин А.И. Разработка и мультифизическое моделирование коаксиально-волноводного перехода высокой мощности // Радио-



локация, навигация, связь. Сборник трудов XXVI Международной научно-технической конференции, в 6 т. Воронеж. 2020. С. 148-156.

12. **Саяпин К.А.**, Кац Б.М., Мещанов В.П. Разработка компактных соосных коаксиально-волноводных переходов для волноводов нестандартного сечения / Радиолокация, навигация, связь. Сборник трудов XXV Международной научно-технической конференции, в 6-ти томах. 2019. С. 40-44.

13. **Саяпин К.А.**, Кац Б.М., Мещанов В.П. Разработка и исследование коаксиально-волноводных переходов индуктивного типа // Электроника и микроэлектроника СВЧ. 2021. Т. 1. С. 400-403.

14. **Саяпин К.А.**, Воробьев А.В., Кац Б.М., Мещанов В.П. Малогабаритные соосные коаксиально-волноводные переходы // Радиотехника. 2019. Т. 83. № 7(10). С.117-122.

15. **Саяпин К.А.**, Мещанов В.П., Модифицированная структура коаксиально-волноводного перехода индуктивного типа // Радиотехника. 2022. Т.86. №12. С.131-136.

16. **Саяпин К.А.** Модифицированная структура коаксиально-волноводных переходов индуктивного типа // Электроника и микроэлектроника СВЧ. 2022. Т.1. С. 511-513.

17. **Саяпин К.А.**, Мещанов В.П. Разработка волноводных комплектов калибровочных мер и измерительной оснастки для векторных анализаторов цепей // Сборник трудов XXVIII Международной научно-технической конференции. В 6-ти томах. Воронеж. 2022. С. 188-195.

18. **Sayapin K.**, Davidovich M., Yafarov R. Simulation Of Field Emission In A Heated-Less Magnetron // 2020 International Conference on Actual Problems of Electron Devices Engineering, APEDE. 2020. P. 34-36.

19. **Саяпин К.А.**, Кац Б.М. Вакуум-плотное окно вывода энергии СВЧ на основе ступенчатого круглого волновода // Радиолокация, навигация, связь. Сборник трудов XXVII Международной научно-технической конференции. Воронеж. 2021. С. 145-149.

20. **Саяпин К.А.**, Давидович М.В., Глухова О.Е., Колесов Г.И. Анализ вакуумного резонансно-туннельного диода // СВЧ-техника и телекоммуникационные технологии. 2021. № 3. С. 269-270.

21. **Саяпин К.А.**, Гуляев Ю.В., Мещанов В.П. Разработка комплекса низкоинтенсивного микроволнового облучения водосодержащих биологических мате-

риалов и его применение // Успехи современной радиоэлектроники. 2022. Т. 76. № 6. С. 5-12.

22. **Саяпин К.А.**, Гуляев Ю.В., Мещанов В.П. Воздействие импульсным СВЧ излучением на образцы пищевой продукции с целью увеличения показателей ее микробиологической безопасности и сроков хранения // Проблемы особо опасных инфекций. 2022. № 3. С. 70-74.

23. **Саяпин К.А.**, Воробьев А.В., Кац Б.М., Корчагин А.И., Купцов А.Ю. Численное моделирование и экспериментальное исследование температурного дрейфа параметров волноводного полосно-пропускающего фильтра // Радиотехника. 2019. Т. 83. № 7 (10). С. 13-19.

24. **Саяпин К.А.**, Мещанов В.П., Давидович М.В. Новые структуры и устройства фазового смещения радиосигналов // Научные исследования студентов Саратовского государственного университета: материалы итоговой студенческой научной конференции. 2018. С. 50-51.

25. **Саяпин К.А.**, Алексеев В.В., Семенчук В.В., Мещанов В.П., Шерстюков Д.Н. Исследование фиксированных фазовращателей на основе одиночной ступенчатой линии передачи со ступенчатым шлейфом // Радиотехника. 2019. Т. 83. № 7 (10). С. 66-72.

26. **Саяпин К.А.**, Мещанов В.П., Шерстюков Д.Н. Математическое моделирование и экспериментальное исследование микрополосковых фазовращателей на основе одиночной линии передачи со ступенчатым шлейфом // Электроника и микроэлектроника СВЧ. 2021. Т. 1. С. 395-399.

27. **Саяпин К.А.**, Мещанов В.П., Шерстюков Д.Н. Фиксированный фазовращатель на основе одиночной линии передачи, нагруженной плавно-неоднородным короткозамкнутым шлейфом // Радиотехника. 2020. Т. 84. № 7 (14). С. 13-19.

28. **Саяпин К.А.**, Мещанов В.П. Микрополосковый фиксированный СВЧ фазовращатель. Патент на изобретение: № 2799991. Дата регистрации: 14.07.2023.

29. **Саяпин К.А.**, Мещанов В.П. Разработка широкополосного дифференциального микрополоскового фазовращателя // Проблемы оптической физики и биофотоники. SFM-2018: материалы Международного симпозиума и Молодежной научной школы Saratov Fall Meeting 2018. 2018. С. 59-64.

30. **Саяпин К.А.**, Шерстюков Д.Н. Новые структуры и устройства широкополосного фазового смещения радиосигналов // Современные проблемы радиоэлектроники и телекоммуникаций. 2020. № 3. С. 121.

31. **Саяпин К.А.**, Мещанов В.П., Шерстюков Д.Н. Новые структуры дифференциальных фазовращателей на базе одиночных линий передачи // Радиофизика, фотоника и исследование свойств вещества. Тезисы докладов I Российской научной конференции. Омск. 2020. С. 178-179.

32. **Саяпин К.А.**, Кац Б.М., Мещанов В.П. Компактный двухдиапазонный полосно-пропускающий фильтр // Радиофизика, фотоника и исследование свойств вещества. Тезисы докладов I Российской научной конференции. Омск. 2020. С. 158.

33. **Саяпин К.А.**, Алексеев В.В., Мещанов В.П., Шерстюков Д.Н. Исследование широкополосных фиксированных фазовращателей на основе связанных плавных линий передачи со шлейфом // Радиотехника. 2018. № 9. С. 38-42.

34. **Саяпин К.А.**, Корчагин А.И., Семенчук В.В., Мещанов В.П., Туркин Я.В., Шерстюков Д.Н. Комплексные исследования фазосмещающих свойств ступенчатой структуры класса II на связанных линиях передачи с несогласованными нагрузками // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Физика. 2021. Т.21. №3. С. 264-274.

35. **Саяпин К.А.**, Алексеев В.В., Мещанов В.П. Исследование широкополосного фазовращателя на основе связанных плавных линий передачи со шлейфом // Актуальные проблемы электронного приборостроения АПЭП-2018. Материалы международной научно-технической конференции. 2018. С. 493-498.

36. **Саяпин К.А.**, Корчагин А.И. Синтез фазовращателей на связанных линиях передачи класса II, нагруженных короткозамкнутым шлейфом // Успехи современной радиоэлектроники. 2020. Т. 74. № 12. С. 45-53.

37. **Саяпин К.А.**, Куцько П.П., Мещанов В.П., Шерстюков Д.Н. Сверхширокополосные фиксированные фазовращатели на связанных ступенчатых линиях передачи класса II со шлейфом // Современные проблемы радиоэлектроники: сб. науч. тр. - Красноярск: Сиб. федер. ун-т. 2018. С. 303-305.

38. **Саяпин К.А.**, Мещанов В.П., Шерстюков Д.Н. Особенности реализации фиксированных фазовращателей на связанных микрополосковых линиях передачи со шлейфом // Успехи современной радиоэлектроники. 2021. Т. 75. № 6. С. 27-33.

39. **Саяпин К.А.**, Глухова О.Е., Слепченков М.М. Применение программного пакета открытого доступа Qucs в учебном процессе для моделирования микроволновых устройств // САПР и моделирование в современной электронике. Сборник научных трудов III Международной научно-практической конференции. 2019. С. 243-246.

40. Саяпин К.А., Алексеев В.В., Мещанов В.П., Семенчук В.В. Моделирование фиксированного фазовращателя на основе плавно-ступенчатых связанных линий передачи класса II // Радиолокация, навигация, связь. Сборник трудов XXVI Международной научно-технической конференции, в 6 т. Воронеж. 2020. С. 43-47.

41. Саяпин К.А., Мещанов В.П. Синтез и численное исследование микрополоскового двухэлементного фиксированного фазовращателя // Электроника и микроэлектроника СВЧ. 2023. С. 156-160.

**Общая оценка диссертации.** Диссертационная работа «Синтез устройств согласования и фазового смещения радиосигналов» является научно-квалификационной работой, содержащей решение актуальных задач радиофизики, заключающихся в исследовании и разработке принципов построения и конфигурирования электродинамических структур устройств согласования, трансформации и фазового смещения радиосигналов с повышенной электрической и механической прочностями, обладающих малыми габаритными размерами в сравнении с длиной волны, а также имеющими низкий уровень вносимых и обратных потерь; получение новых оптимальных в указанном смысле структур и конструкций устройств обработки радиосигналов.

Диссертация выполнена на высоком уровне с применением современных методов компьютерного моделирования. Основные положения и результаты диссертации в полной мере опубликованы в научных статьях и материалах конференций. Тема и содержание диссертации соответствуют специальности 1.3.4. – «Радиофизика». Диссертация удовлетворяет требованиям пп. 9–11, 13, 14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842, предъявляемым к кандидатским диссертациям.

Диссертация « Синтез устройств согласования и фазового смещения радиосигналов» Саяпина Кирилла Александровича рекомендуется к защите на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.4. — «Радиофизика» как удовлетворяющая критериям, установленным «Положением о присуждении ученых степеней» для кандидатских диссертаций (утверждено Постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. № 842).

Заключение принято на расширенном заседании кафедры радиотехники и электродинамики института физики ФГБОУ ВО «СГУ имени Н.Г. Чернышевского». На заседании присутствовало 18 человек, из них 13 докторов наук и 3 кандидатов наук по профилю диссертации. Результаты голосования: «за» – 16 чел., «против» – нет, воздержались – нет (протокол № 12 от 29 июня 2023 г).

Председательствующий  
доктор физико-математических наук, профессор,  
заведующая кафедрой радиотехники и электродинамики  
института физики  
ФГБОУ ВО «СГУ имени Н.Г. Чернышевского»,

**Глухова Ольга Евгеньевна**

Адрес: 410012, г. Саратов, ул. Астраханская, 83,  
Институт физики,  
Кафедра радиотехники и электродинамики,  
Тел.: 8 (8452) 514562  
E-mail: oeglukhova@yandex.ru

