

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по научной работе и  
инновациям НГТУ,

кандидат технических наук

Артур Исаакович Отто



«18» сентября 2024 г.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения  
высшего образования

«Новосибирский государственный технический университет»

Диссертация «Формирование пучностей электромагнитного поля в заданных областях ближней зоны антенных решеток» выполнена на кафедре Радиоприемных и радиопередающих устройств.

В период подготовки диссертации соискатель Юзвик Денис Андреевич обучался и по настоящее время обучается в очной аспирантуре Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Новосибирский государственный технический университет» по направлению 11.06.01 – «Электроника, радиотехника и системы связи» (профиль: «Радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения»), на кафедре Радиоприемных и радиопередающих устройств, нормативный период обучения с 01.09.2021 г. по 31.08.2025 г.

В 2021 году Юзвик Д.А. окончил Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждения высшего образования «Новосибирский государственный технический университет» по направлению 11.04.01 – «Радиотехника» (профиль: «Системы и устройства передачи, приема и обработки сигналов»), выдан диплом, присуждена степень «Магистр».

Справка о сдаче кандидатских экзаменов № 806 выдана 13.09.2024 Федеральным государственным бюджетным образовательным учреждением высшего образования «Новосибирский государственный технический университет».

Научный руководитель – Степанов Максим Андреевич, доктор технических наук, доцент, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Новосибирский государственный технический университет», кафедра Радиоприемных и радиопередающих устройств, должность заведующий кафедрой.

По итогам обсуждения принято следующее заключение (выписка из протокола расширенного заседания кафедры Радиоприемных и радиопередающих устройств):

#### **Актуальность темы диссертационного исследования**

Важной задачей является повышение скорости передачи информации в сетях беспроводной передачи данных. При проектировании перспективных сетей, недостаточно применять частотное и временное разделение каналов, т.к. при большой плотности абонентов возможности частотной и временной селекции ограничены. Как правило, абоненты беспроводных сетей разнесены в пространстве. Соответственно появляется окно возможностей для пространственного разделения абонентов. Пространственно разделить абонентов можно при помощи формирования зон высокой напряженности поля в местах расположения абонентов беспроводных сетей. Для решения этой задачи требуется формировать несколько зон высокой напряженности электрического поля в требуемых областях пространства и обеспечить точное позиционирование этих зон высокой напряженности. Научные достижения других исследователей ограниченно затрагивают вопросы точного позиционирования максимума напряженности электрического поля и практически не затрагивают вопросы формирования нескольких зон высокой напряженности электрического поля. Диссертационная работа Юзвика Д.А.

направлена на ликвидацию этого пробела. Поэтому она актуальна, имеет научное и практическое значение.

Цель диссертационной работы: для сетей беспроводной передачи данных предложить метод, обеспечивающий позиционирование нескольких пучностей электромагнитного поля в заданной области пространства.

Задачи диссертационной работы:

1. Для линейных антенных решеток, сфокусированных на конечное расстояние, установить взаимосвязь между их размерами и величиной смещения максимума амплитуды напряженности электрического поля от точки фокусировки.

2. Установить взаимосвязь между линейными размерами антенной решетки, фокусным расстоянием и размерами формируемой зоны повышенной напряженности электрического поля.

3. Оценить возможности формирования зоны высокой напряженности электрического поля, используя несколько одинаковых линейных антенных решеток.

4. Разработать математический аппарат, позволяющий рассчитывать амплитуды и начальные фазы сигналов, подводимых к парциальным излучателям антенной решетки, позволяющий обеспечить требуемое распределение электрического поля в пределах заданной области пространства.

5. Разработать макет сфокусированной антенной решетки и провести с его помощью экспериментальную апробацию полученных теоретических результатов.

#### **Степень разработанности темы исследования**

Полученные в работе результаты дают основание полагать, что была решена важная задача, имеющая приоритетное значение при разработке беспроводных телекоммуникационных сетей нового поколения. Теоретические результаты доведены до уровня рекомендаций для задач точного позиционирования максимумов амплитуды напряженности

электрического поля в пространстве. Разработаны способы формирования и управления несколькими максимумами амплитуды напряженности электрического поля. Дальнейшие научные исследования могут быть направлены на исследование способов обеспечения одного и нескольких минимумов амплитуды напряженности электрического поля в заданной области пространства.

### **Личное участие соискателя в получении результатов, изложенных в диссертации**

Все выносимые на защиту результаты получены автором лично. Автором выполнены: постановка целей и задач исследования, выбор методов исследования, вывод аналитических соотношений, построение математических моделей, электродинамическое моделирование, экспериментальная апробация результатов исследования, анализ и обобщение результатов, подготовка основных публикаций по выполненной работе.

### **Достоверность результатов исследований**

Обеспечивается корректностью применения математического аппарата, согласованностью с результатами исследований других авторов, подтверждением теоретических выводов результатами моделирования, результатами натурного эксперимента и положительными результатами внедрения результатов исследования.

### **Научная новизна диссертационной работы**

1. Установлена связь между размерами сфокусированной линейной антенной решетки, фокусным расстоянием и размерами формируемой зоны повышенной напряженности электрического поля, а также величиной ее смещения относительно точки фокусировки.

2. Оценена возможность формирования максимума напряженности электрического поля с помощью конфигурации из двух параллельных, двух перпендикулярных и четырех сфокусированных в одну точку антенных решеток. Для каждой из конфигураций определены размеры и местоположение зон высокой напряженности электрического поля.

3. Предложен способ, позволяющий формировать в заданной области пространства несколько максимумов амплитуды напряженности электрического поля с помощью излучающей системы, антенны которой расположены по периметру этой области.

#### **Практическая значимость результатов исследований:**

1. Предложен алгоритм, позволяющий обеспечивать максимум амплитуды напряженности электрического поля в заданной точке пространства с помощью линейной антенной решетки, сфокусированной на конечное расстояние.

2. Разработана антенная конфигурация, позволяющая обеспечить несколько зон высокой амплитуды напряженности электрического поля в заданной области пространства, что позволит сформировать зону покрытия сети беспроводной передачи данных непосредственно в окрестностях расположения абонентов.

3. Разработано программное обеспечение для расчета распределения амплитуды напряженности электрического поля в заданной области пространства и макет сфокусированной антенной решетки, позволяющий провести экспериментальную апробацию результатов.

#### **Ценность научных работ соискателя заключается в следующем**

Использование результатов диссертационной работы проходило в рамках:

- Хоздоговор РТУ-1-23 между АО «ЗАСЛОН» (г. Санкт-Петербург) и Новосибирским государственным техническим университетом;
- Хоздоговор РТУ-9-22 и РТУ-2-21 между ООО «Предприятие «ЭЛТЕКС» (г. Новосибирск) и Новосибирским государственным техническим университетом.

Результаты диссертационной работы внедрены на указанных предприятиях, что подтверждается соответствующими актами о внедрении.

### **Соответствие научной специальности**

Диссертационная работа Юзвика Дениса Андреевича «Формирование пучностей электромагнитного поля в заданных областях ближней зоны антенных решеток» соответствует паспорту научной специальности 2.2.14 – «Антенны, СВЧ-устройства и их технологии», п.2 «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.», п.3 «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.

### **Полнота изложения материалов диссертации в работах, опубликованных соискателем**

Результаты диссертационного исследования опубликованы в 15 научных работах, из них работ, опубликованных согласно перечню российских рецензируемых научных журналов, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученых степеней доктора и кандидата наук (перечень ВАК РФ) – 2, научных работ, опубликованных в других рецензируемых научных журналах – 2, а также в научных журналах, индексируемых базами Scopus и/или Web of Science – 2, научных работ, опубликованных в научных изданиях, индексируемых базами Scopus и/или Web of Science – 6. Получено 2 патента на изобретение и 1 свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ.

Основные научные результаты диссертации достаточно полно отражены в работах, опубликованных в **рецензируемых научных изданиях (из перечня ВАК РФ)**:

1. Юзвик Д. А., Степанов М. А. Формирование максимума напряженности электрического поля в заданной точке пространства

сфокусированной линейной антенной решеткой // Доклады Академии наук высшей школы Российской Федерации. – 2023. №. 3 (60). – С. 67-79.

2. Юзвик Д. А., Степанов М. А. Алгоритм синтеза пленочного аттенюатора с равномерным рассеянием мощности по его длине // Доклады Академии наук высшей школы Российской Федерации. – 2022. – №. 2 (55). – С. 60-69.

Научные результаты диссертации отражены также в других **научных рецензируемых журналах**:

1. Юзвик Д. А., Степанов М. А. Фокусировка излучения сетей беспроводной передачи данных в заданных точках пространства // Журнал радиоэлектроники. – 2022. – №. 11. С. 1-19.

2. Юзвик Д.А., Степанов М.А., Позиционирование максимума напряженности электрического поля в требуемой точке пространства при помощи сфокусированной антенной решетки. Журнал радиоэлектроники. 2024. № 8, 24 с. С. 1-24.

Научные результаты диссертации отражены также в **научных журналах**, индексируемых базами Scopus и/или Web of Science:

1. Iuzvik D., Stepanov M. Ensuring the maximum amplitude of the electric field strength in given coordinates using a linear antenna array focused on a finite distance //Journal of Electromagnetic Waves and Applications. – 2024. – С. 411-427.

2. Iuzvik D. A., Stepanov M. A. Focusing of the electromagnetic field in several given areas of space //Progress In Electromagnetics Research M. – 2022. – T. 113. – С. 11-22.

Научные результаты диссертации отражены также в следующих **научных изданиях**, индексируемых базами Scopus и/или Web of Science:

1. Iuzvik D. A., Stepanov M. A. Formation of the electric field strength maximum at a given point in space by a focused linear antenna array //2023 IEEE 24th International conference of young professionals in electron devices and materials (EDM). – IEEE, 2023. – С. 350-354.

2. Iuzvik D. A., Stepanov M. A. Decomposition of an Antenna Array Focused at Several Space Points //2022 IEEE International Multi-Conference on

Engineering, Computer and Information Sciences (SIBIRCON). – IEEE, 2022. – С. 1020-1023.

3. Iuzvik D. A., Stepanov M. A. Focusing the Radiation of Wireless Data Transmission Networks at Given Points in Space //2022 IEEE 23rd International Conference of Young Professionals in Electron Devices and Materials (EDM). – IEEE, 2022. – С. 93-96.

4. Iuzvik D. A. Algorithm for the Synthesis of a Film Attenuator with Uniform Power Dissipation //2021 XV International Scientific-Technical Conference on Actual Problems Of Electronic Instrument Engineering (APEIE). – IEEE, 2021. – С. 342-345.

5. Iuzvik D. A., Stepanov M. A. Study of influence of absorbing material on parameters of line with losses //2020 1st International Conference Problems of Informatics, Electronics, and Radio Engineering (PIERE). – IEEE, 2020. – С. 59-63.

6. Iuzvik D. A., Sokolov V. S., Stepanov M. A. Experimental Verification of the Algorithm for Positioning at a Required Point of Maximum Electric Field Strength //2024 IEEE 25th International Conference of Young Professionals in Electron Devices and Materials (EDM). – IEEE, 2024. – С. 510-513.

**Результаты диссертационных исследований докладывались на научных конференциях:**

1. Юзвик Д. А., Степанов М. А. ФОКУСИРОВКА МНОГОЭЛЕМЕНТНОЙ ЭКВИДИСТАНТНОЙ АНТЕННОЙ РЕШЕТКИ В ЗАДАННОЙ ОБЛАСТИ ПРОСТРАНСТВА //Наука Промышленность Оборона. – 2022. – С. 353-356.

2. Юзвик Д. А., Степанов М. А. МЕТОДЫ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЗАТУХАНИЯ МЕЖДУ СЕКЦИЯМИ АТТЕНЮАТОРА И ИХ СРАВНЕНИЕ //Наука Промышленность Оборона. – 2021. – С. 346-349.

3. Юзвик Д. А., Степанов М. А. АНАЛИТИЧЕСКОЕ ВЫРАЖЕНИЕ ДЛЯ РАСЧЕТА ЗАТУХАНИЯ В ПЛЕНОЧНОМ АТТЕНЮАТОРЕ, ВЫПОЛНЕННОМ НА МИКРОПОЛОСКОВОЙ ЛИНИИ //Наука. Промышленность. Оборона. – 2020. – С. 183-186.

В ходе диссертационного исследования были получены **патенты на изобретение и свидетельство** о государственной регистрации программы для ЭВМ:

1. Юзвик Д.А., Степанов М.А., Новосибирский государственный технический университет. Способ фокусировки электромагнитного излучения в нескольких областях помещения. Патент № 2808780; Заявл. 21.10.2022; Оpubл. 05.12.2023.

2. Юзвик Д.А., Степанов М.А., Новосибирский государственный технический университет. Способ позиционирования максимума напряженности электрического поля в заданной точке пространства с помощью одномерной сфокусированной антенной решетки. Патент № 2824934; Заявл 12.02.2024; Оpubл. 15.08.2024.

3. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2023660575. Программа для расчета электромагнитных полей в задаваемой области пространства / Подкопаев А.О., Степанов М.А., Юзвик Д.А. – Заявка № 2023660054. Дата поступления 23 мая 2023 г. Зарегистрировано в Реестре программ для ЭВМ 23 мая 2023 г.

Личный вклад соискателя в опубликованных в соавторстве работах составляет не менее 70% (указывается совокупный процент вклада соискателя в работах).

#### **Общее заключение**

Диссертация соответствует требованиям, установленным в пп. 9 – 14 Положения «О присуждении ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. № 842, предъявляемым к кандидатским диссертациям, является законченной научно-квалификационной работой, выполненной на актуальную тему, в которой на основании выполненных автором исследований разработаны теоретические положения в области формирования нескольких областей высокой напряженности поля и их точного позиционирования, совокупность которых можно квалифицировать как научное достижение, а так же изложены новые

научно обоснованные технические решения, внедрение которых вносит значительный вклад в развитие страны.

Диссертация «Формирование пучностей электромагнитного поля в заданных областях ближней зоны антенных решеток» Юзвика Дениса Андреевича 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 кафедры Радиоприемных и радиопередающих устройств Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Новосибирский государственный технический университет».

Присутствовало на заседании 12 человек, в том числе 4 докторов наук, 7 кандидатов наук.

Результаты голосования: «за» – 12 человек, «против» – 0 человек, «воздержались» – 0 человек, протокол расширенного заседания кафедры Радиоприемных и радиопередающих устройств № 7 от «18» сентября 2024 года.

Председатель расширенного заседания кафедры Радиоприемных и радиопередающих устройств:

кандидат технических наук, доцент,

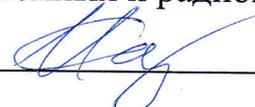
декан факультета Радиотехники и электроники

\_\_\_\_\_  Стрельцов Сергей Анатольевич

Секретарь заседания кафедры Радиоприемных и радиопередающих устройств:

кандидат технических наук, доцент,

доцент кафедры Радиоприемных и радиопередающих устройств

\_\_\_\_\_  Савиных Иван Сергеевич