

Обзорная статья / Review Paper

DOI 10.15826/urej.2022.6.4.007

УДК 621.37; 621.38; 621.39; 621.3.09; 621.7; 550.2

СВЧ-техника и телекоммуникационные технологии: взгляд в будущее (обзор 32-й Международной конференции «СВЧ-техника и телекоммуникационные технологии»)

П. П. Ермолов¹, Н. В. Папуловская² ✉

¹ Севастопольский государственный университет, Россия, 299053, г. Севастополь, Университетская, 33

² Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б. Н. Ельцина, Россия, 620002, г. Екатеринбург, Мира, 19

✉ n.v.papulovskaia@urfu.ru

Аннотация

В статье рассмотрены актуальные вопросы разработки новейших технологий производства современной радиоэлектронной продукции и научные исследования в области передовых инфокоммуникационных технологий, которые стали предметом обсуждения на 32-й Международной конференции «СВЧ-техника и телекоммуникационные технологии». Конференция состоялась в сентябре 2022 года в городе Севастополе. В статье проведен анализ 62 докладов из представленных на конференции 215, к которым был проявлен наибольший интерес научного сообщества. В обзор включены доклады 26 университетов, научно-исследовательских институтов и предприятий трех стран – Беларуси, России и Китая. В статье анализируется проблематика, связанная с новыми возможностями и технологиям, новейшими средствами связи, применением современных информационных и инфокоммуникационных технологий в гражданской и космической отраслях.

Ключевые слова

КрыМиКо, антенная решетка, беспроводная передача энергии, беспроводная связь, волновод, генератор, дециметровый диапазон, дистанционное зондирование Земли, искусственные нейронные сети, замедляющая волновая система, история радиотехники, квантовая эффективность, кольцевой резонатор, космический аппарат, круглый волновод, метаматериал, микроволновая радиотермометрия, многолучевой клистрон, нелинейная модель полевого транзистора, прямоугольный прямохаотические системы связи, радиотермометрия, резонансный измерительный преобразователь, сверхширокополосный сигнал, СВЧ резонатор, терагерцовый гиротрон, фотонные интегральные схемы, медицинская СВЧ-диагностическая аппаратура, электромагнитная связь, солнечная инсоляция, температура поверхности Земли, термическое вакуумное распыление, усилитель СВЧ мощности, фазовая решетка, фотонные интегральные схемы.

© Ермолов П. П., Папуловская Н. В., 2022

Для цитирования

Ермолов П. П., Папуловская Н. В. СВЧ-техника и телекоммуникационные технологии: взгляд в будущее (обзор 32-й Международной конференции «СВЧ-техника и телекоммуникационные технологии»). *Ural Radio Engineering Journal*. 2022;6(4):462–495. DOI: 10.15826/urej.2022.6.4.007.

Microwave and Telecommunication Technology: Future Outlook

(review of the 32nd International Conference
“Microwave & Telecommunication Technology”)

P. P. Yermolov¹, N. V. Papulovskaya² ✉

¹ Sevastopol State University, 33 Universitetskaya Str., Sevastopol, 299053, Russia

² Ural Federal University named after the first President of Russia B. N. Yeltsin, 19 Mira Str., Ekaterinburg, 620002, Russia

✉ n.v.papulovskaia@urfu.ru

Abstract

The article deals with topical issues of technologies of the production of modern electronic products and research in the field of advanced information and communication technologies, which were the subject of discussion at the 32nd International Conference «Microwave Technology and Telecommunication Technologies». The conference was held in September 2022 in the city of Sevastopol. The article analyzes 62 reports from 215 participants of the conference, to which the greatest interest of the scientific community was demonstrated. The review includes reports from 26 universities, research institutes and enterprises of three countries – Belarus, Russia and China. The problems related to new opportunities and technologies, the latest means of communication, the use of modern information and infocommunication technologies in civil and space industries are analysed.

Keywords

CriMiCo, antenna array, wireless power transmission, wireless communication, waveguide, generator, decimeter range, remote sensing of the Earth, artificial neural networks, decelerating wave system, history of radio engineering, quantum efficiency, ring resonator, spacecraft, round waveguide, metamaterial, microwave radiometry, multipath klystron, nonlinear model of a field-effect transistor, rectangular direct chaotic communication systems, radiothermometry, resonant measuring converter, ultra-wideband signal, microwave resonator, terahertz gyrotron, photonic integrated circuits, medical microwave diagnostic equipment, electromagnetic communication, solar insolation, Earth surface temperature, thermal vacuum sputtering, microwave power amplifier, phase array, photonic integrated circuits

For citation

Yermolov P. P., Papulovskaya N. V. Microwave and Telecommunication Technology: Future Outlook (review of the 32nd International Conference “Microwave & Telecommunication Technology”). *Ural Radio Engineering Journal*. 2022;6(4):462–495. (In Russ.) DOI: 10.15826/urej.2022.6.4.007.

Введение

Телекоммуникационные технологии и радиоэлектронная промышленность в современном мире оказывают значительное влияние на социально-экономическое развитие страны и обеспечение национальной безопасности. В государственной программе Российской Федерации «Развитие электронной и радиоэлектронной промышленности на 2013–2025 годы» (Постановление Правительства Российской Федерации от 15 апреля 2014 г. № 329) заложено увеличение доли российских радиоэлектронных изделий на внутреннем рынке радиоэлектроники до 40 % к 2025 г. Достижение целевой бизнес-модели отрасли невозможно без ликвидации технологического отставания и формирования нового научно-технического задела. В программе указаны ключевые технологии требующие развития. Среди них разработка и производство СВЧ-компонентов; разработка и производство радиационно-стойкой электронной компонентной базы, дизайн интегральных схем; разработка и производство компонентов оборудования и алгоритмов защищенной связи; разработка специализированного программного обеспечения; сетевые технологии, разработка и производство сенсоров; технологии силовой и промышленной радиоэлектроники. Для достижения поставленных задач очевидна необходимость в тесном взаимодействии передовых научных школ и ведущих предприятий радиоэлектронной промышленности.

Конференция «СВЧ-техника и телекоммуникационные технологии» (или Международная Крымская микроволновая конференция, КрыМиКo) является международной площадкой, которая объединяет ведущие научные школы и предприятия на протяжении уже более трех десятилетий. Целью конференции является обмен профессиональным опытом по теоретическим, экспериментальным, производственно-технологическим, прикладным и историческим аспектам СВЧ-техники и телекоммуникационных технологий.

Международная конференция КрыМиКo проводится в городе Севастополь с 1991 г. За годы своего существования конференция из научного семинара превратилась в широко известный форум, на котором ежегодно обсуждается не менее 200 докла-

дов. В конференции принимали участие ученые и инженеры 208 университетов и предприятий из 17 стран: Беларуси, Бельгии, Боснии и Герцеговины, Германии, Израиля, Ирана, Казахстана, Канады, Китая, Кореи, Литвы, Молдовы, Польши, России, США, Украины и ЮАР. Материалы конференции до 2014 г. индексировались такими базами данных, как Inspec IET (IEE), Thomson ISI, Scopus и др. [1].

В конференции 2022 года были представлены доклады 26 университетов, НИИ и предприятий трех стран – Беларуси, России и Китая, а именно доклады, представленные Белорусским государственным университетом информатики и радиоэлектроники, Уральским федеральным университетом имени первого Президента России Б. Н. Ельцина, АО «Микроволновые системы», АО «Российские космические системы», Институтом проблем управления им. В. А. Трапезникова РАН, Институтом радиотехники и электроники им. В. А. Котельникова РАН, МГТУ им. Н.Э. Баумана, Московским техническим университетом связи и информатики, НПП «Радиотехника», АО «Электронные вычислительно-информационные системы», Институтом прикладной физики РАН, Южным федеральным университетом, Всероссийским НИИ радиоаппаратуры, испытательным центром «Омега», Севастопольским государственным университетом, Крымским федеральным университетом им. В. И. Вернадского, Российским телеграфным клубом, ВНИИ технической физики им. акад. Е. И. Забабахина, Томским государственным университетом, Томским государственным университетом систем управления и радиоэлектроники, НПП «Исток», Крымской астрофизической обсерваторией, Санкт-Петербургским государственным институтом кино и телевидения, Huadong Photoelectric Technology Institute.

На заседаниях конференции обсуждались доклады по направлениям:

- твердотельные приборы и устройства СВЧ;
- электровакуумные и микровакуумные приборы СВЧ;
- системы СВЧ-связи, вещания и навигации;
- технологии антеностроения;
- инфокоммуникационные системы и сетевые технологии;
- микроволновые технологии и техника в биологии и медицине;
- физика и технологии СВЧ-материалов;
- наноэлектроника и наноматериалы;
- пассивные компоненты;
- СВЧ-электроника и СВЧ-измерения;
- фотоника и радиофотоника;

- радиоастрономия, радиометрические системы;
- системы дистанционного зондирования Земли;
- прикладные аспекты СВЧ-техники;
- история развития радиотехнологий и телекоммуникаций.

Новые технические возможности и передовые технологии в пленарных докладах конференции

Пленарные доклады на 32-й конференции были посвящены новым прорывным технологиям развития электроники и радиосвязи. Отмечены перспективы для военных, космических и гражданских систем радиолокации и связи.

Доклад «Применение нейронных сетей при построении нелинейных моделей полевых транзисторов» демонстрирует преимущества применения искусственных нейронных сетей (ИНС) для аппроксимации вольтамперной характеристики и емкостей затвор-сток и затвор-исток нелинейной модели транзистора [2]. Автор отмечает повышенные требования к спектральной эффективности, электромагнитной совместимости, динамическому диапазону и линейности передаточных характеристик разрабатываемых монолитных интегральных схем и СВЧ-устройств. Однако популярные САПР СВЧ-устройств не обеспечивают необходимую достоверность моделирования. В разработанной автором модели удалось объединить преимущества эмпирических нелинейных моделей полевых транзисторов, реализуемых в популярных САПР СВЧ-устройств в виде эквивалентных схем, и нелинейных моделей транзисторов на основе ИНС.

В докладе «Сверхширокополосная радиосвязь на основе хаотических радиоимпульсов в метровом и дециметровом диапазоне» авторы исследуют вопрос создания сверхширокополосных прямохаотических приемопередатчиков в метровом и дециметровом диапазоне радиоволн [3]. Задача решалась как теоретически, так и экспериментально путем разработки, изготовления и испытаний макетов СШП приемопередатчиков. Полевые испытания проводились в несколько этапов в условиях прямой видимости вдоль автомобильных дорог в разных условиях: город (бульвар с зелеными насаждениями), шоссе в пригороде большого города, территория с малоэтажной застройкой, испытательный полигон, шоссе в сельской местности. В результате экспериментально зафиксированная дальность связи оказалась близкой к 1500 м. Было также установлено, что в рассматриваемых условиях снижение высоты размещения антенн до уровня 2,3 м приводило к уменьшению максимальной дальности связи до 1100–1200 м.

Доклад «Планарные замедляющие системы для ЛВВ миллиметрового диапазона длин волн» вызвал большой интерес аудитории [4]. Авторы рассказали про достижения и особенности в разработке планарных замедляющих систем для ЛВВ-миллиметрового диапазона. Установлено, что использование планарных замедляющих систем, изготавливаемых с помощью технологии фотолитографии, предоставляет разработчикам возможность выбора высокотехнологичных конструкций для создания эффективных широкополосных ЛВВ.

Авторы доклада «Радиационно-стойкие СБИС СнК и ОЗУ – особенности проектирования по КМОП технологиям объемного кремния» разработали и аттестовали на тестовых кристаллах конструктивно-топологические и схемотехнические решения для проектирования радиационно-стойких СБИС типа «система-на-кристалле» (СнК) и ОЗУ категории РС2 (изделия с повышенным уровнем радиационной стойкости) [5]. Они проанализировали влияние различных видов излучения и тяжелых ядерных частиц на СБИС, изготавливаемых по КМОП технологиям объемного кремния уровня 250–90 нм. Сотрудниками АО «Электронные вычислительно-информационные системы» (ЭЛВИС) была создана среда проектирования СБИС категории РС2 для изготовления на российских фабриках по доступным КМОП технологиям объемного кремния. На основе данной среды проектирования созданы конкурентоспособные радиационно-стойкие высокопроизводительные процессорные КМОП СБИС СнК и СБИС ОЗУ. Базовые технические решения защищены патентами РФ.

Научные и практические результаты, представленные участниками конференции

Севастопольский государственный университет (СевГУ) участвует в работе конференции с 1991 г. Из 22 представленных на конференции докладов отметим семь.

В работе [6] описан процесс проектирования коаксиально-волноводного перехода, необходимого для соединения волноводного тракта с электронной частью устройства контроля изменения состава воздушной среды. Представлены результаты моделирования коаксиально-волноводного перехода в программном пакете ANSYS HFSS. Полученные в результате моделирования значения КСВН для поставленной задачи являются оптимальным.

В докладе [7] предлагается метод синтеза согласованного фильтра для условий одновременного действия белого шума и негауссовских помех. Метод основан на представлении согла-

сованного фильтра в виде линейной системы, реализующей интегральное преобразование с вещественным ядром. Шум, негауссовская помеха и сигнал считаются ограниченными по частоте. Определяется отношение сигнал-шум в отсчетный момент времени. Разложение корреляционной функции помехи и сигнала в ряд по функциям отсчетов и полученное отношение сигнал-шум дают уравнение, позволяющее определить сигналы, максимизирующие отношение сигнал-шум.

Авторы в [8] обсуждают новый подход к беспроводной передаче энергии для заряда аккумуляторных батарей электромобилей. Система передачи электроэнергии состоит из генераторного блока с измерителем КСВ, двух электромагнитных структур и выпрямительного блока. Моделирование системы в среде проектирования AWR проводилось при различном взаимном расположении микрополосковых структур. Из моделирования видно, что потери мощности не превышают 1 дБ в широком диапазоне сдвигов между элементами системы и ее взаимным расположением. Изготовлена экспериментальная модель системы передачи мощности и проведены ее исследования. Результаты экспериментов и моделирования хорошо согласуются. Размеры и вес системы позволяют использовать ее для заряда аккумуляторных батарей электромобилей.

Доклад [9] представлен совместно с *РНТОРЭС им. А.С. Попова*. В докладе были освещены результаты VII съезда общероссийской общественной организации «Российское научно-техническое общество радиотехники, электроники и связи имени А.С. Попова», который состоялся в Москве 7 июня 2022 г. Приведен состав вновь избранных руководящих органов РНТОРЭС на 5-летний период.

В [10] рассматриваются особенности спайковых нейросетей и различные подходы к реализации функций сверточного слоя: реализация на языке Python, с использованием пакетов TensorFlow и PyTorch. Отмечаются достоинства и недостатки каждого из подходов. Приводятся примеры реализации функции спайковой свертки и результаты ее применения для фильтрации изображений.

В докладе [11] авторы доказывают, что петлевой вибратор может быть выполнен плоским на диэлектрическом основании, с возбуждением от коаксиального кабеля без симметрирующего устройства. На одной стороне основания размещается излучающая петля из фольги, на другой – несколько отрезков микрополосковой линии, обеспечивающих трансформацию входного сопротивления петли для согласования с волновым сопротивлением кабеля.

Отмечается, что разработка и освоение новых методов сертификационных испытаний терминальных устройств космической связи и вещания гражданского назначения является актуальной и своевременной задачей, имеющей научную новизну и существенную практическую значимость [12]. В работе предложен метод беспроводных испытаний терминальных устройств космической связи гражданского назначения с большой апертурой антенны, работающих в диапазоне частот 24,35–52,6 ГГц.

Институт проблем управления им. В. А. Трапезникова РАН (ИПУ РАН) участвует в работе конференции с 1992 г. На конференции 2022 г. представлено три доклада в одном, из которых рассмотрен метод измерения уровня диэлектрической жидкости в емкости [13]. Применяются два отрезка длинной линии, проводники которых покрыты по всей длине диэлектрическими оболочками разной толщины. В каждом из этих отрезков длинной линии на фиксированной частоте возбуждаются электромагнитные волны, при этом измеряется фазовый сдвиг возбуждаемых и принимаемых электромагнитных волн. После этого производится совместное функциональное преобразование этих двух измеренных значений фазового сдвига, по результату которого судят об уровне диэлектрической жидкости в емкости независимо от значения ее диэлектрической проницаемости. Данный метод обеспечивает высокую точность измерения при любых значениях координаты z , включая его малые (вблизи нуля) значения.

МГТУ им. Н.Э. Баумана участвует в работе конференции с 1993 г. На конференции было представлено семь докладов, отметим четыре.

Доклады [14] и [15] представлены совместно с АО «Светлана-Электронприбор» и СПбГЭТУ «ЛЭТИ». В докладе [14] предлагается решение задачи разработки научных основ и методологии создания прототипа аппаратно-программного комплекса неинвазивного выявления и локализации патологий живых тканей человека на основе динамического радиотермокартирования. Представленный комплекс предназначен для ранней диагностики онкологических заболеваний и мониторинга процессов их лечения. Современное программное обеспечение и технология монолитных интегральных схем СВЧ позволят применить новые подходы к разработке принципиально нового устройства – многоканального многочастотного радиотермографа на основе технологии МИС.

В докладе [15] авторы отмечают, что современная медицинская СВЧ диагностическая аппаратура требует применения решений, связанных с компактностью разрабатываемых приборов и высо-

ким быстродействием. Достичь поставленных условий возможно с применением современной полупроводниковой компонентной базы на основе соединений A^3B^5 . В работе представлены конструкции основных элементов управления СВЧ-сигнала в составе микроволнового радиотермометра монолитного AlGaIn/GaN/SiC НЕМТ SPDT транзисторного переключателя и МИС МШУ, разработанного на основе рНЕМТ гетероструктуры арсенида галлия.

Доклад [16] представлен совместно с *Российским университетом дружбы народов, ООО «РТМ Диагностика», ГНЦ ФМБЦ им. А. И. Бурназяна, РТУ МИРЭА и АО «ЦНИРТИ им. академика А. И. Берга»*. Авторы приводят обзор состояния разработок различных типов антенн, применяемых в медицинских СВЧ-радиотермографах. Сформулированы проблемы современной микроволновой радиотермометрии, связанные с разработкой новых антенн. Сформулированы задачи дальнейших исследований, направленных на создание новых конструкций антенн и антенных решеток, направленных на улучшение характеристик и расширение функциональных возможностей медицинских радиотермографов. На основании изложенного сделан вывод о необходимости проведения комплекса исследований, направленных на создание нового класса конформных антенн-аппликаторов и антенных решеток на основе новых материалов и технологий.

Доклад [17] посвящен результатам разработки элементной базы проходных фазированных антенных решеток (ФАР) W-диапазона частот. Элемент включает приемный и апертурный волноводно-диэлектрические излучатели и волноводный ферритовый фарадеевский фазовращатель с магнитной памятью. Рассматриваются вопросы компоновки антенного полотна проходной ФАР в виде совокупности линейных модулей. При предложенном конструктивном выполнении элементов и оснований модулей сектор сканирования луча проходной ФАР W-диапазона частот приближается к аналогичному параметру отражательной ФАР.

НПП «Исток» участвует в работе конференции с 1993 г. Из 13 представленных на конференции 2022 г. два были представлены на пленарном заседании и описаны выше.

Доклад [18] представлен совместно с НПП «Радиотехника». Авторы демонстрируют результаты применения методов искусственного интеллекта к задачам планирования производства электронных компонентов и устройств в условиях неполноты нормативной базы. Выявлена возможность оптимизации планов и поэтапного восстановления производственных нормативов. Показано, что взаимодействие интеллектуальной системы планирования с автоматизированной системой мониторинга рабо-

ты оборудования позволяет выявить проблемные зоны в управлении производством.

В [19] показан метод построения МИС СВЧ-ограничителя мощности, целью которого является повышение порога сгорания. Рассмотрена классическая двухкаскадная схема на антипараллельных р-і-n-диодах. Идея повышения порога сгорания ограничителя мощности заключается в перераспределении токов между каскадами так, чтобы на первом и втором каскадах ток достигал насыщения при значениях 0,41–0,45 А/100 мкм. Для этого был проведен расчет следующих схем: отношение емкости диодов первого каскада ко второму 1:1, 2:1, 3:1 и 4:1. Рассчитанные схемы были изготовлены на основе р-і-n-диодной GaAs технологии АО «НПП “Исток” им. Шокина», высота барьера диода 1,1 В / 1 мА, пробивное напряжение 45 В / 100 мкА. Показаны результаты зондовых измерений S-параметров ограничителей мощности и измерения динамических характеристик кристаллов в оснастке. Разработанные приборы в диапазоне частот от 1 до 16 ГГц имеют потери меньше 0,8 дБ и КСВН по входу и выходу меньше 2. Удельная мощность сгорания для технологии АО «НПП “Исток” им. Шокина» составила ~20 Вт / 100 мкм периферии, что превышает уровень исследованных зарубежных аналогов.

В [20] рассмотрены физические принципы ограничения выходной мощности в низковольтных многолучевых клистронах. Показано, что метаматериал, состоящий из массива металлических индуктивных вставок и расположенный в области взаимодействия резонатора, позволяет значительно увеличить фазовую скорость поперечной волны в зазоре. В этом проявляется возможность повышения однородности поля, взаимодействующего с пучками в зазоре, диаметра области взаимодействия, тока пучков и мощности клистрона без увеличения катодного напряжения. Анализируются резонаторы в диапазонах S и Ka.

В докладе, представленном совместно с НПП «Радиотехника», описана платформа промышленного интернета вещей, ориентированная на решение задач, актуальных для управления предприятиями радиоэлектронной промышленности [21]. Показано, что применение современного инструментария, основанного на интеллектуальном анализе больших массивов данных, позволяет обеспечить руководителей достоверной оперативной информацией для принятия управленческих решений.

Московский технический университет связи и информатики (МТУСИ) участвует в работе конференции с 1994 г. Из четырех представленных на конференции 2022 г. докладов отметим два.

В докладе [22] описывается комбинированная система глобального мониторинга подвижных объектов. Рассмотрены общие подходы к решению задачи слежения за подвижными объектами, находящимися в любой точке на поверхности Земли. Отмечаются недостатки и ограничения существующих систем и предлагаются пути их устранения за счет использования комбинированной системы, сочетающей глобальность спутниковых систем с преимуществами систем интернета вещей. Описывается вариант практической реализации комбинированной системы глобального мониторинга и результаты ее испытания в различных регионах России.

В докладе [23] основное внимание уделено преобразованию цифрового сигнала в непрерывный, что соответствует преобразованиям, осуществляемым в модуляторе и демодуляторе на приеме. Из-за искажений в канале связи, вызванных помехами, необходимо свести к минимуму вероятность появления ошибок после демодуляции. Были исследованы два конкретных метода двухпозиционной четырехкратной дискретной модуляции: двухпозиционная дискретная амплитудно-фазовая модуляция и двухпозиционная дискретная относительная фазовая модуляция. Рассмотрены общие подходы к решению этой задачи и получены конкретные оценки. Установлено, что замкнутая концентрическая структура многократной дискретной модуляции влияет на выбор типа биекции по сравнению с разомкнутой структурой.

Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского (КФУ) участвует в работе конференции с 1994 г. В 2022 г. было представлено три доклада, отметим один. Доклад представлен совместно с Институтом археологии Крыма РАН [24]. Авторы рассматривают конструкцию коаксиального резонансного измерительного преобразователя с укорачивающей емкостью, применяемого для определения электрофизических параметров составных элементов археологических объектов. На основании численной модели определены оптимальные геометрические размеры резонансного датчика. Проведен анализ основных характеристик измерительного преобразователя.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники (БГУИР) участвует в работе конференции с 1997 г. В 1997–2010 гг. этим университетом на конференции представлено 310 докладов, в 2010–2015 гг. – 152 доклада¹. Из семи представленных на конференции в 2022 г. докладов отмечены следующие три.

¹ Международная Крымская конференция «СВЧ-техника и телекоммуникационные технологии»: 2011–2015: аннотир. библиогр. указ. / Севастоп. нац. техн. ун-т; под ред. к. т. н. П.П. Ермолова; отв. сост. Н.Л. Ржевцева. Севастополь, 2017. 356 с.

Доклад [25] посвящен системе мониторинга показателей образовательного процесса при использовании в обучении дистанционных технологий. Освещены отдельные технические и сетевые архитектурные подходы, использованные при разработке системы. Отмечается, что потенциал системы достаточно широкий, в первую очередь это касается оценки эффективности методологических подходов при реализации образовательного процесса, в том числе в дистанционной форме обучения. Использование мониторинга количественных показателей образовательного процесса в системе электронного обучения учреждения образования позволит использовать дистанционные технологии на новом уровне и определять наиболее критические факторы, сдерживающие его качественное развитие.

В докладе [26] представлены результаты моделирования вольт-амперных характеристик резонансно-туннельных диодов на основе GaN/AlGaIn с вертикальным транспортом. Модель основана на численном решении уравнений Шредингера и Пуассона в активной области прибора. Рассмотрены случаи барьеров AlGaIn различной толщины и различных ширин GaN квантовой ямы. Полученные результаты показывают, что вольт-амперная характеристика чувствительна как к изменению размеров барьеров, так и ширины квантовой ямы. Предложенную модель можно использовать для подбора оптимальной структуры РТД с вертикальным транспортом.

В докладе [27] рассматриваются два варианта создания ги-дрорезонансных ламп бегущей волны (ги-ро-ГБВ) на моде TE_{02} , где азимутальный индекс волны равен нулю, а радиальный – двум. Один – работающий на первой гармонике гирочастоты, второй – умножитель частоты. Описываются достижимые характеристики таких приборов в терагерцовом диапазоне частот, такие как полоса усиления, КПД, коэффициенты усиления и распределения ВЧ-полей в продольном и поперечных сечениях. Отмечается, что ги-ро-ЛБВ на моде TE_{02} обеспечивает хорошие характеристики прибора как по КПД, полосе усиления и по коэффициенту усиления. Ги-ро-ЛБВ умножитель частоты позволяет продвинуться в более высокочастотный диапазон частот при вполне приемлемых параметрах электронного потока, волновода и магнитостатического поля.

Южный федеральный университет (ЮФУ) принимает участие в работе конференции с 1997 г. На конференции было представлено 11 докладов, опишем четыре.

Доклад [28] представлен совместно с **Ростовским-на-Дону научно-исследовательским институтом радиосвязи**. Авторы привели численное исследование поляризационных характеристик

рассеяния печатных дифракционных решеток, составленных из ТФН-элементов. На основе полученных данных показана возможность применения таких структур для управления поляризацией полей рассеяния. Установлено, что решетка из ТФН-элементов трансформирует поляризацию не только отраженных, но и прошедших волн. Показано, что с помощью решеток печатных и апертурных элементов сложной топологии (Ω - и ТФН-типа) реализуются не только твист-поляризаторы, но и дифракционные структуры, преобразующие вид поляризации поля.

В [29] предлагается альтернативный метод проектирования миниатюрных волноводных фильтров на основе локально резонансных метаматериалов. Приводится реализация сверхмалых метаматериальных фильтров (метафильтры) с использованием механизма субволнового направления в полых волноводах, нагруженных небольшими резонаторами. В частности, используются композитные штыревые волноводы, построенные из полых металлической трубы, нагруженной набором резонансных штырей, которые разнесены на глубокие субволновые расстояния. В таких структурах многократное резонансное рассеяние приводит к возникновению суб- λ моды с настраиваемой полосой пропускания ниже индуцированного гибридационного зазора. Чтобы гарантировать совместимость с существующими технологиями, предложен субволновой метод согласования небольших фильтров со стандартными волноводными интерфейсами.

В докладе [30] показана возможность использования круглого волновода с радиальными гребнями и кольцевыми сегментами конечной толщины в качестве резонансных диафрагм при синтезе полосно-пропускающих цилиндрических волноводных фильтров. Осуществлен электродинамический расчет и проектирование полосно-пропускающего волноводного фильтра на круглых волноводах с тонкими плоско-поперечными металлическими резонансными диафрагмами. Проведен анализ электродинамических параметров диафрагмы от ее геометрических размеров. Представлены результаты исследования резонансных свойств одиночной диафрагмы. Приведены результаты сравнения АЧХ фильтров, полученных при компьютерном моделировании, с измеренными АЧХ изготовленных фильтров-прототипов.

В [31] рассматривается полосно-пропускающий фильтр на прямоугольном волноводе сечением 35×15 мм, в котором вместо классических тонких плоскопоперечных диафрагм используются плоскопродольные диафрагмы. В качестве резонансного окна используются четыре классических прямоугольных окна, что позволяет провести электродинамический анализ и показать хорошую сходимость результатов расчета и моделирования.

Крымская астрофизическая обсерватория (КрАО) принимает участие в работе конференции с 2000 г. Из 7 докладов, представленных на конференции в 2022 г., отметим три. Доклад [32] представлен совместно с Астрокосмическим центром Физического института им. П. Н. Лебедева РАН. В докладе по данным многолетнего мониторинга водного мазерного перехода на частоте 22,2 ГГц с 2019 по 2021 г. удалось обнаружить два мощных вспыхивающих явления в IRAS 16293-2422, длившихся в общей сложности около года и происходивших на лучевых скоростях около 6 и 8 км/с. В обоих случаях мощные короткие вспыхивания располагались над менее мощными, но более продолжительными, амплитудами 4 и 0,6 кЯн. Их излучение инициировало возникновение более мощных вспыхиваний. Благодаря многолетним детальным наблюдениям этих мазеров воды впервые было подтверждено существование конфигураций, излучающих мазерных пятен с очень близкими лучевыми скоростями, находящихся на луче зрения наблюдателя. Это позволило продемонстрировать правильность гипотезы активации мазера водяного пара, основанной на увеличении длины усиления мазера за счет нескольких мазерных сгущений, находящихся на луче зрения наблюдателя. Наблюдалось ненасыщенное состояние самых мощных и самых коротких мазерных вспыхиваний, а также насыщенное состояние более слабых и продолжительных. Получены новые важные параметры мазеров воды и предполагаемое их положение.

В [33] (доклад также представлен совместно с Астрокосмическим центром Физического института им. П. Н. Лебедева РАН) на основе длительного мониторинга мазера водяного пара на частоте 22,2 ГГц с начала 2019 по март 2021 г. было зарегистрировано самое мощное за всю историю наблюдений вспыхивающее явление в протозвездной системе IRAS 16293-2422 на скорости около $-1,5$ км/с, длившееся около двух лет. Мазерное излучение исходило из крупнейшей структуры мазерных пятен, высокая плотность которых создавала их частичное перекрытие друг друга по времени. Общее число отдельных мощных вспыхиваний мазера воды составило десять. Благодаря высокой детализации полученных данных, фиксировавшихся с интервалом 1–2 дня, были получены новые уникальные результаты. Впервые было подтверждено существование столь сложной конфигурации излучающих мазерных пятен с очень близкими лучевыми скоростями, находящихся на луче зрения наблюдателя. Удалось установить, что мазеры мощных вспыхиваний находились в ненасыщенном состоянии благодаря каскадной накачке нескольких мазеров на луче зрения наблюдателя. Получены новые

важные параметры мазеров воды и высказано предположение об их локализации в газаво-пылевой структуре IRAS 16293-2422.

В [34] обсуждаются результаты анализа временных рядов измерений из космоса локальных температур поверхности Земли и воздуха на высоте двух метров, а также общей инсоляции падающей на поверхность Земли в пункте Кара-Даг за последние 38 лет. Установлены взаимные корреляции между анализируемыми последовательностями локальных измерений и изменениями длительности суток, числа солнечных пятен, индексов изменения глобальной температуры методом вычисления функций взаимной (двухканальной) спектральной плотности мощности.

Томский государственный университет (ТГУ) участвует в работе конференции с 2000 г. Из 14 представленных на конференции в 2022 г. докладов отметим три.

В [35] исследована динамическая неустойчивость когерентных режимов системы двух автогенераторов с сильной взаимной резонансной связью. Показано, что данная система может генерировать синхронные колебания на трех различных частотах, которые соответствуют базовым типам колебаний – модам: одной синфазной и двум противофазным. Сформулирован аналитический критерий неустойчивости синфазных колебаний и условия его выполнения. Обсуждается возможность подавления устойчивости противофазных колебаний. Методом численного моделирования исследованы временные и спектральные характеристики колебательных процессов в различных режимах, включая хаотический. Продемонстрированы варианты поведения системы при конкуренции и подавлении мод, сопровождаемые автомодуляционными процессами. Обсуждаются особенности настройки динамического хаоса и диагностики его составляющих. Показана возможность получения хаотических сигналов с непрерывным спектром в полосе частот, превышающей октаву.

В [36] исследуется электромагнитное взаимодействие диэлектрических листовых образцов материалов с субмиллиметровым излучением. Исследование предполагает использование системы двумерной диагностики материалов, принцип которой основан на регистрации амплитуды и фазового сдвига прошедшего излучения с применением интерферометра Маха – Цендера. В результате работы было получено распределение эффективной диэлектрической проницаемости исследуемых объектов на частоте 208 ГГц.

В докладе [37] представлены результаты измерения коэффициента отражения композиционных материалов на основе акрилонитрилбутадиенстирола, эпоксидной смолы и титаната бария в частотном диапазоне 100–300 ГГц при температуре 31–97 °С.

Установлено, что в диапазоне температур 31–80 °С наблюдается область наибольшего изменения электромагнитного отклика. Композит на основе титаната бария и акрилонитрилбутадиенстирола, полученный методом 3D-печати послойным наплавлением, обладает большей крутизной температурной зависимости коэффициента отражения и перспективен для создания температурных микроволновых сенсоров.

Томским государственным университетом систем управления и радиоэлектроники (ТУСУР) участвует в работе конференции с 2000 г. В 2022 г. представлено восемь докладов, осветим три.

Доклад [38] представлен совместно с Институтом оптики атмосферы им. В. Е. Зуева. В нем представлены исследования, направленные на разработку технологии формирования гребенчатого интегрально-оптического волновода на основе пленки Si_3N_4 . Приведены результаты исследования влияния режимов плазменного осаждения на структуру пленок SiO_2 и Si_3N_4 и режимов плазменного травления волновода на профиль гребенки и шероховатость поверхности. В результате были отработаны процессы формирования гребенчатых волноводов с вертикальными стенками и шероховатостью боковой грани менее 25 нм. Проведение измерения показали, что вносимые потери S_{21} полученной структуры оптического волновода составили $-0,1$ дБ/см.

В [39] рассматриваются особенности метрик оценки качества работы классификатора по распознаванию малоразмерных объектов на радиолокационном изображении, проводится их сравнение и выявляются наиболее универсальные и информативные. Полученные результаты моделирования показали, что каждая из рассмотренных метрик обладает своим рядом преимуществ и может быть актуальной при определенной постановке задачи классификации. Наиболее информативной и универсальной характеристикой оценки качества работы классификатора является ROC-кривая.

В [40] представлены конструкции модулей для измерения параметров в СВЧ-диапазоне объемных электрооптических кристаллов, заполняющих верхнюю полуплоскость структуры. Были исследованы два модуля с расположенным на них кристаллом ниобата лития. Проведены экспериментальные исследования обратного рассеяния в диапазоне частот от 10 МГц до 26,5 ГГц, по данным которых методом экстракции была оценена диэлектрическая проницаемость исследуемого кристалла на фиксированных частотах.

Институт радиотехники и электроники им. В. А. Котельникова РАН (ИРЭ РАН) участвует в работе конференции

с 2004 г. На конференции представлено 12 докладов, один из которых представлен на пленарном заседании [3] и описан выше.

В докладе [41] рассматривается эволюция и современное состояние низкоскоростных беспроводных персональных сетей (LR-WPAN). Утверждается, что на эволюцию стандартов повлияли требования, связанные с точностью позиционирования устройств в сети и понижения энергопотребления для решения задач радиочастотной идентификации.

В докладе [42] показан эффект «волновода» при распространении сверхширокополосного сигнала внутри помещений, заключающийся в отсутствии интерференционного фактора ослабления сигнала независимо от расстояния. В отличие от открытой местности при распространении в многолучевой среде помещений характер затухания сигнала с расстоянием близок к среде свободного пространства. Эффект возникает вследствие отражения волны от парных поверхностей, расположенных друг против друга: пол – потолок, параллельные стены. Благодаря этому дальность сверхширокополосных систем связи в помещении оказывается заметно выше, чем на открытой местности. Эффект иллюстрируется с помощью трехлучевой интерференционной модели.

АО «*Микроволновые системы*» участвует в работе конференции с 2006 г. Из двух представленных в 2022 г. докладов выделим один. Представлены результаты разработки комплекта монолитных интегральных схем, выполненных на основе технологического процесса 0,15 мкм GaAs pHEMT, в состав которого входят основной векторный модулятор, дополнительный векторный модулятор и двунаправленный усилитель [43]. Комплект представляет собой специализированное решение; в то же время микросхемы могут использоваться по отдельности в различных приложениях X-диапазона. В диапазоне частот 8–11,5 ГГц достигнут коэффициент усиления 18 дБ.

Авторы из АО «*Российские космические системы*» рассмотрели перспективные конструкции усилителей СВЧ-мощности для бортовой аппаратуры служебных систем, в которых решена задача минимизации площади, занимаемой ими на термостабилизированной плите космического аппарата. Рассмотрены дублированные усилители СВЧ-мощности и одиночные [44]. Во всех усилителях СВЧ-мощности обеспечена технологичность и механическая прочность и устойчивость.

НПП «*Радиотехника*» представили доклад совместно с НИИ «*Орион*», посвящен результатам теоретического анализа возможности генерации периодических пикосекундных импульсов напряжения [45]. Этот процесс возможен только при условии внеш-

него электромагнитного излучения. Активным элементом такого генератора может быть гетеропереход, в котором развивается релаксационная неустойчивость концентрации электронов. Показан возможный вариант гетероструктуры и ее статические и временные электрические характеристики. Анализ протекания электрического тока через гетеропереход показал, что при некоторых условиях вблизи гетероперехода может развиваться неустойчивость, приводящая к быстрому нарастанию малых возмущений концентрации электронов. Показано, что в условиях стимулирующего излучения и постоянной плотности тока в гетероструктуре может развиваться периодический процесс изменения концентрации электронов, приводящий к периодическим импульсам напряжения на контактах структуры. Параметры гетероструктуры, плотность рабочего тока и длину волны возбуждающего излучения можно подобрать так, чтобы импульсы были пикосекундными, а их частота находилась в терагерцовом диапазоне.

Институт прикладной физики РАН (ИПФ РАН) участвует в работе конференции с 2006 г. Из 11 докладов, представленных на конференции в 2022 г., выделим два.

Доклад [46] представлен совместно с Нижегородским государственным университетом им. Н.И. Лобачевского. Выполнено численное моделирование сильноточного релятивистского гиротрона миллиметрового диапазона. Результаты моделирования показывают возможность достижения в релятивистских гиротронах субмегаваттного уровня мощности излучения в диапазоне 300 ГГц при генерации на третьей циклотронных гармониках с кратным снижением величины магнитного поля. Отмечается, что ведется разработка релятивистских гиротронов с выходной мощностью около 80 МВт с рабочей частотой 300 ГГц на основном циклотронном резонансе.

В докладе [47] рассмотрено современное состояние разработок терагерцовых гиротронов и тенденции их дальнейшего развития в плане повышения частоты генерации при работе в стационарном и в импульсном магнитном поле. Отмечены перспективные варианты гиротронов.

Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина (УрФУ) участвует в работе конференции с 2006 г. Из 16 представленных на конференции в 2022 г. докладов выделим три наиболее интересных.

В работе [48] авторы рассматривают проектирование малошумящего усилителя СВЧ диапазона 9550–9650 МГц для метеорологических радиолокационных станций нового поколения. В приборе использованы современные отечественные компоненты. В итоге разработан трехкаскадный малошумящий СВЧ-уси-

литель приемного устройства метеорологических радиолокационных станций нового поколения, обладающий коэффициентом усиления 39 дБ.

В [49] (доклад представлен совместно с АО «Радий») представлена разработанная навигационная система радиозондирования (СР) «Полюс». Показано, что в сравнении с существующими радиолокационными системами СР «Полюс» обладает более высокой точностью измерения параметров ветра и высоты, причем точность не снижается с увеличением наклонной дальности до радиозонда. Отмечается, что высокая точность определения пространственных координат СР «Полюс» позволяет осуществить калибровку координат радиолокационных СР во всем радиусе действия путем осуществления совместных спаренных выпусков радиозондов и повысить качество и надежность зондирования параметров атмосферы в масштабах аэрологической сети РФ.

В [50] авторы приводят результаты экспериментального исследования эффективности подавления фазового шума линейными неадаптивными фильтрами в задачах построения цифровых моделей рельефа. Данные, полученные с космических радиолокаторов землеобзора с синтезированной апертурой, подвергаются интерферометрической обработке. Получены характеристики точности для трех фильтров при обработке данных спутника ALOS (PALSAR) для областей с холмистой и низкогорной местностью. Показано, что наименьшее значение ошибки интерферометрической фазы при равной вычислительной сложности обеспечивает фильтр Аньези. На основе ранее разработанной методики получены характеристики точности для трех линейных фильтров фазовых шумов с плавными монотонными частотными характеристиками (Гауссовый, Баттерворта, Аньези).

Всероссийский НИИ радиоаппаратуры (ВНИИРА) участвует в работе конференции с 2013 г. На 32-ой конференции было представлено два доклада, в одном из них авторы предлагают новый подход к реализации прецизионного дальномерного канала в сантиметровом диапазоне волн [51]. Отмечается, что реализация дальномерного канала в сантиметровом диапазоне может быть осуществлена в наземном оборудовании при использовании дополнительно введенной в состав оборудования всенаправленной антенны, обеспечивающей определение сигнала со стандартной точностью на начальном этапе захода на посадку (аналог DMEN) и секторной антенны азимутального маяка, обеспечивающей определение сигнала с повышенной точностью на конечном этапе захода на посадку (аналог DME-P).

Испытательный центр «Омега» представил метод проведения испытаний береговой радиолокационной станции (БРЛС)

с применением испытательной цели с уменьшенной эффективной поверхностью рассеяния (ЭПР), что позволяет учесть влияние осадков различной интенсивности при проведении испытаний в условиях отсутствия осадков [52]. Рассмотрены ограничения при выборе ЭПР испытательной цели как по верхней границе, обусловленной техническими параметрами испытываемой БРЛС и дальностью радиогоризонта, так и по нижней границе, обусловленной волнением моря и отражениями от морской поверхности.

Российский телеграфный клуб представил доклад, посвященный истории возникновения конструкторской деятельности радиолюбителей в нашей стране в начале XX века и в послевоенный период [53]. Среди задач, стоявших перед радиолюбителями, были дела общегосударственного значения – создание радиоконструкций для народного хозяйства, радиофикация и телефонизация страны, участие в широкомасштабных научных экспериментах и решение специфических проблем, касающихся развития радиоспорта и популяризации его среди населения.

Ученые из *ВНИИ технической физики им. академика Е.И. Забабахина* в докладе [54] приводят результаты экспериментальных исследований характеристик фотокатодов на основе магний-бариевых (Mg-Ba) сплавов и иодида цезия (CsJ). Фотокатоды изготавливались методом термического вакуумного распыления на полированные подложки из нержавеющей стали. Впервые показано, что электрическая прочность вакуумных промежутков с УФ-катодами существенно выше, чем с сурьмяно-цезиевыми катодами видимого диапазона спектра (для CsJ катодов – в 2,5 раза, для Mg-Ba катодов – более, чем в три раза). Квантовая эффективность Mg-Ba катодов составляет ~1 % на длине волны 247 нм, CsJ катодов – 7,5 % на длине волны 196 нм. Впервые приведены результаты исследований динамики снижения квантовой эффективности фотокатодов при импульсно-периодическом облучении их лазерными импульсами с флюенсом ~6 мкДж/см². Проведено сравнение характеристик фотокатодов с точки зрения их практических применений.

В [55] представлена технология получения низкоплотной металлической пены из алюминия и меди методом резистивного распыления в среде инертного газа – аргона. Распыление производилось при двух давлениях газа: 40 Па и 440 Па. Минимальная плотность была достигнута на образце алюминиевой пены, полученной при давлении 440 Па. Толщина лазерной мишени составляет $74,8 \pm 0,9$ мкм. Плотность пенного материала равна 72 ± 4 мг/см³, пористость – 97 %. Размер пор и полостей не превышает 3 мкм. Структура пенного материала и толщина мишени

исследована методом просвечивающей электронной микроскопии высокого разрешения с энергодисперсионным спектрометром.

Авторы из *Института физического материаловедения СО РАН* предлагают радиолокационный метод съемки лесов на основе георадарной технологии, позволяющий измерять плотность лесной среды с погрешностью $\pm 5\%$ [56]. Лес облучается георадаром, установленным на автомобиле. Подсчет количества отражений от стволов деревьев (гипербол) на заданной площади позволяет быстро и достоверно определить количество деревьев на единицу площади и пересчитать полученный результат в густоту леса. Более четкая радарограмма отражений от стволов деревьев получена при вертикальной поляризации, т. е. сигнал, отраженный от ствола дерева, выше, когда поляризация зондирующего электромагнитного импульса параллельна стволу.

Санкт-Петербургский государственный институт кино и телевидения (СПбГИКТ) участвует в работе конференции с 2015 г. Из пяти представленных на конференции в 2022 г. докладов выделим четыре.

Отмечается, что на рубеже XIX и XX веков междугородная телефонная связь превратилась в серьезный бизнес, однако стоимость линий была высокой, а практическая коммерческая дальность передачи телефонного сигнала ненамного превышала 1600 км [57]. По мере увеличения длин междугородних телефонных линий возникли две проблемы, которые были признаны особенно актуальными, в частности перекрестные помехи и затухание сигнала. Решением этих проблем занялись научные сотрудники компании AT&T. Рассмотрены работы ученых и инженеров, которые привели к реальным практическим решениям задач дальней телефонной связи среди них Оливер Хевисайд, Джон Стоун и Джордж Кэмпбелла.

В докладе [58] рассмотрены научные пути, которые привели американского радиотехника Майкла Пупина к разработкам телефонных технологий, направленных на повышение качества звукового сигнала при его передаче на большие расстояния. Исследованы важные изобретения Пупина в области дальней телефонии. Описаны его теории использования катушек индуктивности для уменьшения затухания передаваемого телеграфного и телефонного сигнала по кабелю путем искусственного увеличения его индуктивности. Уделено внимание спору между Пупином и Кэмпбеллом в первенстве изобретения нагрузочных катушек и его наиболее значимым последствиям.

Исследован выбор тренда развития Bell System в начале XX века в условиях жесткой конкуренции на рынке телефонной связи и экономического кризиса 1907 г. в США [59]. Под-

робно показана перестройка научно-технической деятельности компании Bell, которая способствовала привлечению инноваций и сосредоточению расходов на научно-исследовательские, опытно-конструкторские и технологические работы. Это позволило в дальнейшем создать условия для разработки телефонного лампового репитера и приступить к прокладке трансконтинентальной телефонной линии Нью-Йорк – Сан-Франциско. Отмечено, что выход компании на лидирующие позиции в телефонном бизнесе связан в значительной степени с привлечением к выполнению проекта талантливых ученых и инженеров.

Основное внимание уделено работам Гарольда Вильсона, Роберта Милликена и его учеников, в частности Луиса Беджемена и Харви Флетчера по определению величины элементарного электрического заряда. Обращено внимание на приоритет авторства в публикациях Р. Милликена и Х. Флетчера по результатам проведенных совместных исследований [60]. Отмечена полемика вокруг результатов экспериментов Милликена по определению электрического заряда электрона.

Huadong Photoelectric Technology Institute представил два доклада. В докладе [61] описана новая малогабаритная система газификации биомассы с помощью нетепловой воздушной дуговой плазмы, а также подробно описана установка для эксперимента по газификации, процедура и результаты газификации. Результаты показывают, что производство синтез-газа (CO и H_2) находится в диапазоне от $1,14 \text{ м}^3/\text{ч}$ до $1,46 \text{ м}^3/\text{ч}$ при нормальной работе системы при потребляемой мощности плазмы 120 Вт и скорости подачи биомассы 3360 г/ч, а объем доля синтез-газа в добытом газе находится в диапазоне от 20,2 до 23,89 %. Максимальный КПД холодной газификации составляет 44,56 %, а минимальные удельные энергозатраты (определяемые как отношение потребляемой мощности плазмы к содержанию тепловой энергии в добываемом газе) системы газификации составляют 2,18 %, что значительно ниже, чем у системы газификации с термальной плазмой.

В работе [62] исследуется генератор обратной волны непрерывного действия. Конструкция системы замедляющих волн завершается теоретическим расчетом и численным моделированием, а замедляющая система изготавливается с помощью прецизионной механической обработки. Чтобы улучшить выходную мощность электронной лампы, используется диодная электронная пушка с высоким сопротивлением для создания плоского электронного пучка с высокой плотностью эмиссионного тока. Испытания показали, что разработанная ЛОВ может работать в диапазоне частот 250–310 ГГц, а выходная мощность составляет от 20 мВт до 42 мВт.

Заключение

Международная конференция «СВЧ-техника и телекоммуникационные технологии» (КрыМиКо) за годы своего существования не утратила своей актуальности и научных перспектив. Для многих авторов она стала традицией и символом устойчивости, надежности и веры. Научное сообщество конференции продемонстрировало свою работоспособность даже в сложный период политических событий в Украине.

В материалах 32-й конференции представлено много исследований, связанных с разработкой радиотехнических устройств и систем, использующих новейшие технологии, и это вселяет надежду на новый виток развития радиоэлектронной промышленности. Результаты конференции демонстрируют положительный потенциал научной мысли, множество технических возможностей и зарождение нового технологического будущего.

Решением конференции 2022 г. определены сроки проведения 33-й Международной конференции «СВЧ-техника и телекоммуникационные технологии» 10–16 сентября 2023 г. Ждем авторов с результатами новых научных исследований и разработок.

Список литературы

1. Ермолов П. П. Краткая история КрыМиКо (к двадцатилетию конференции). В кн.: *21-я Международная Крымская конференция «СВЧ-техника и телекоммуникационные технологии»*. Севастополь: СевНТУ; 2011. Том 1. С. 3–16.
2. Богданов С. А. Применение нейронных сетей при построении нелинейных моделей полевых транзисторов. *Инфокоммуникационные и радиоэлектронные технологии*. 2022;(5)1:45–53. DOI: 10.29039/2587-9936.2022.05.1.03.
3. Дмитриев А. С., Ефремова Е. В., Ицков В. В., Петросян М. М., Рыжов А. И. Сверхширокополосная радиосвязь на основе хаотических радиоимпульсов в метровом и дециметровом диапазоне. *Инфокоммуникационные и радиоэлектронные технологии*. 2022;(5)1:25–44. DOI: 10.29039/2587-9936.2022.05.1.02.
4. Богомолова Е. А., Галдецкий А. В., Савин А. Н. Планарные замедляющие системы для ЛБВ миллиметрового диапазона длин волн. *Инфокоммуникационные и радиоэлектронные технологии*. 2022;(5)1:54–69. DOI: 10.29039/2587-9936.2022.05.1.04.
5. Герасимов Ю. М., Петричкович Я. Я. Радиационно-стойкие СБИС СнК и ОЗУ – особенности проектирования по КМОП технологиям объемного кремния. *Инфокоммуникационные и радиоэлектронные технологии*. 2022;(5)4:548–569. DOI: 10.29039/2587-9936.2022.05.4.39.
6. Широков И. Б., Евдокимов П. А., Соколова М. И. Моделирование коаксиально-волноводного перехода в программном пакете ANSYS HFSS. *Инфокоммуникационные и радиоэлектронные технологии*. 2022;(5)2:247–252. DOI: 10.29039/2587-9936.2022.05.2.18.

7. Дегтярев А.Н., Кожемякин А.С. Метод синтеза согласованного фильтра для условий белого шума и негауссовских помех. *Инфокоммуникационные и радиоэлектронные технологии*. 2022;(5)2:253–259. DOI: 10.29039/2587-9936.2022.05.2.19.
8. Широков И.Б., Сердюк И.В., Азаров А.А., Широкова Е.И. Исследование системы беспроводной передачи энергии. *Инфокоммуникационные и радиоэлектронные технологии*. 2022;(5)4:445–457. DOI: 10.29039/2587-9936.2022.05.4.33.
9. Самсонов Г.А., Ермолов П.П. VII съезд РНТОРЭС им. А.С. Попова. *Инфокоммуникационные и радиоэлектронные технологии*. 2022;(5)3:378–394. DOI: 10.29039/2587-9936.2022.05.3.29.
10. Бондарев В.Н. Реализация 2D свертки для спайковых нейросетей. *СВЧ-техника и телекоммуникационные технологии*. 2022;(4):68–69.
11. Слезкин В.Г., Слезкин Г.В. Петлевая антенна с микрополосковой схемой питания. *СВЧ-техника и телекоммуникационные технологии*. 2022;(4):112–113.
12. Афонин И.Л., Поляков А.Л., Дидус В.Т., Шундрин М.И. Метод испытаний земных станций космической связи с большой апертурой антенны. *СВЧ-техника и телекоммуникационные технологии*. 2022;(4):227–228.
13. Совлуков А.С. Радиочастотный метод инвариантной уровнеметрии диэлектрических жидкостей в емкостях. *СВЧ-техника и телекоммуникационные технологии*. 2022;(4):263–264.
14. Гудков А.Г., Веснин С.Г., Соловьев Ю.В., Тихомиров В.Г., Попов В.В. Перспективы микроминиатюризации многоканальных многочастотных радиотермографов. *Инфокоммуникационные и радиоэлектронные технологии*. 2022;(5)1:531–547. DOI: 10.29039/2587-9936.2022.05.4.38.
15. Чижиков С.В., Попов В.В., Тихомиров В.Г., Соловьев Ю.В., Агандеев Р.В. Элементная база МИС СВЧ для многоканального многочастотного радиотермометра. *Инфокоммуникационные и радиоэлектронные технологии*. 2022;(5)1:515–530. DOI: 10.29039/2587-9936.2022.05.4.37.
16. Леушин В.Ю., Агасиева С.В., Веснин С.Г., Седанкин М.К., Порохов И.О., Ветрова Н.А., Горлачева Е.Н., Сидорова М.И. Задачи совершенствования медицинских антенн для микроволновой радиотермометрии биологических объектов (обзор). *Инфокоммуникационные и радиоэлектронные технологии*. 2022;(5)4:484–514. DOI: 10.29039/2587-9936.2022.05.4.36.
17. Комиссарова Е.В., Крехтунов В.М. Линейный модуль фазированной антенной решетки W диапазона частот. *СВЧ-техника и телекоммуникационные технологии*. 2022;(4):77–78.
18. Александров В.Р., Баранов С.Е., Кузнецов М.И., Мальгин С.А., Обухов И.А., Свердлова А.Д., Фатеев Д.А. Искусственный интеллект в задачах планирования производства. *Инфокоммуникационные и радиоэлектронные технологии*. 2022;(5)2:196–208. DOI: 10.29039/2587-9936.2022.05.2.14.

19. Груша А.В., Крутов А.В., Ребров А.С. Метод построения МИС СВЧ ограничителей мощности для повышения порога сгорания. *Инфокоммуникационные и радиоэлектронные технологии*. 2022;(5)1:79–92. DOI: 10.29039/2587-9936.2022.05.1.06.
20. Galdetskiy A. V. On Prospects of Output Power Increasing in Low-Voltage Multibeam Klystrons for Electron Accelerators. *Инфокоммуникационные и радиоэлектронные технологии*. 2022;(5)1:93–100. DOI: 10.29039/2587-9936.2022.05.1.07.
21. Александров В.Р., Баранов С.Е., Обухов И.А. Промышленный интернет вещей для предприятий радиоэлектронной промышленности. *Инфокоммуникационные и радиоэлектронные технологии*. 2022;(5)2:209–217. DOI: 10.29039/2587-9936.2022.05.2.15.
22. Пестряков А.В. Разработка и испытание комбинированной системы глобального мониторинга подвижных объектов. *Инфокоммуникационные и радиоэлектронные технологии*. 2022;(5)2:185–195. DOI: 10.29039/2587-9936.2022.05.2.13.
23. Аджемов А.С., Кудряшова А.Ю. Исследование минимизации вероятности ошибок, возникающих при многомерных методах дискретной модуляции. *СВЧ-техника и телекоммуникационные технологии*. 2022;(4):34–36.
24. Полетаев Д.А., Мальцев К.С., Майко В.В., Власов В.П. Применение СВЧ измерений для сортировки составных элементов археологических объектов. *Инфокоммуникационные и радиоэлектронные технологии*. 2022;(5)4:458–471. DOI: 10.29039/2587-9936.2022.05.4.34.
25. Батура М.П., Шнейдеров Е.Н. Система мониторинга показателей образовательного процесса в области информационных технологий в телекоммуникациях. *СВЧ-техника и телекоммуникационные технологии*. 2022;(4):62–63.
26. Абрамов И.И., Коломейцева Н.В., Лабунов В.А., Щербакова И.Ю. Моделирование характеристик РТД на основе GaN/AlGaIn с вертикальным транспортом. *СВЧ-техника и телекоммуникационные технологии*. 2022;(4):177.
27. Колосов С.В., Шатилова О.О., Батура М.П. Гиро-ЛБВ на волне TE_{02} . *СВЧ-техника и телекоммуникационные технологии*. 2022;(4):199–200.
28. Касьянов А.О., Чернышев А.С. Проходные и отражательные дифракционные решетки, составленные из ТФН-печатных переизлучателей. *СВЧ-техника и телекоммуникационные технологии*. 2022;(4):100–101.
29. Сдобнова В.П., Махно А.С., Крутиев С.В. Полосно-пропускающий фильтр на метаволноводе. *Инфокоммуникационные и радиоэлектронные технологии*. 2022;(5)3:353–360. DOI: 10.29039/2587-9936.2022.05.3.26.
30. Лонкина Д.В., Земляков В.В., Губский Д.С., Крутиев С.В. Полосно-пропускающий фильтр на цилиндрических волноведущих структурах со сложными металлическими гребнями. *Инфокоммуникационные и радиоэлектронные технологии*. 2022;(5)3:361–369. DOI: 10.29039/2587-9936.2022.05.3.27.

31. Светличный А. С., Чувараян Т. А., Крутиев С. В. Полосно-пропускающий фильтр на прямоугольном волноводе с плоскопродольными тонкими диафрагмами *Инфокоммуникационные и радиоэлектронные технологии*. 2022;(5)3:370–376. DOI: 10.29039/2587-9936.2022.05.3.28.
32. Вольвач А. Е., Вольвач Л. Н., Ларионов М. Г. Обнаружение плотных скоплений источников мазера водяного пара во время мощных вспышек в комплексе IRAS 16293-2422. *Инфокоммуникационные и радиоэлектронные технологии*. 2022;(5)1:1–24. DOI: 10.29039/2587-9936.2022.05.1.01.
33. Вольвач Л. Н., Вольвач А. Е., Ларионов М. Г. Сверхмощное всплывающее явление мазера водяного пара в протозвездной системе IRAS 16293-2422. *Инфокоммуникационные и радиоэлектронные технологии*. 2022;(5)2:153–168. DOI: 10.29039/2587-9936.2022.05.2.11.
34. Вольвач Л. Н., Курбасова Г. С., Вольвач А. Е. Анализ метеорологических и солнечных рядов спутниковых наблюдений в пункте Кара-Даг. *Инфокоммуникационные и радиоэлектронные технологии*. 2022;(5)3:295–303. DOI: 10.29039/2587-9936.2022.05.2.21.
35. Новиков С. С., Костерова В. С. Устойчивые и неустойчивые динамические процессы в автоколебательной системе с тремя степенями свободы. *Инфокоммуникационные и радиоэлектронные технологии*. 2022;(5)2:218–235. DOI: 10.29039/2587-9936.2022.05.2.16.
36. Бердюгин А. И., Бадьин А. В., Дорожкин К. В., Гурский Р. П. Система терагерцовой диагностики неоднородностей листовых диэлектриков на основе фазово-контрастного метода. *СВЧ-техника и телекоммуникационные технологии*. 2022;(4):223–224.
37. Бадьин А. В., Кулешов Г. Е., Шематило Т. Н., Москаленко В. Д. Полимерные композиционные материалы на основе сегнетоэлектрика для аддитивной технологии создания тепловых сенсоров субтерагерцового диапазона. *СВЧ-техника и телекоммуникационные технологии*. 2022;(4):149–150.
38. Кулинич И. В., Сомогонянц А. А., Шестериков Е. В., Моховиков Д. М. Интегральные оптические волноводы на основе пленок Si_3N_4 . *Инфокоммуникационные и радиоэлектронные технологии*. 2022;(5)3:318–324. DOI: 10.29039/2587-9936.2022.05.3.23.
39. Эрин Ф. А., Вебер В. И., Куприц В. Ю., Нетесов А. А. Метрики оценки качества работы классификатора малоразмерных объектов на радиолокационном изображении, полученном с помощью радиолокатора с синтезированной апертурой. *Инфокоммуникационные и радиоэлектронные технологии*. 2022;(5)3:325–341. DOI: 10.29039/2587-9936.2022.05.3.24.
40. Малютин Г. А. Модули на основе копланарной линии для измерения СВЧ параметров объемных электрооптических кристаллов, заполняющих верхнюю полуплоскость полосковой структуры. *СВЧ-техника и телекоммуникационные технологии*. 2022;(4):125–126.
41. Ицков В. В. Эволюция стандартов связи для сверхширокополосных низкоскоростных беспроводных персональных сетей. *СВЧ-техника и телекоммуникационные технологии*. 2022;(4):48–49.

42. Андреев Ю. В., Петросян М. М. Эффект «волновода» при распространении сверхширокополосных сигналов в помещении. *Инфокоммуникационные и радиоэлектронные технологии*. 2022;(5)1:70–78. DOI: 10.29039/2587-9936.2022.05.3.22.

43. Кондратенко А. В., Сорвачев П. С. Специализированный комплект GaAs МИС для ППМ АФАР X-диапазона. *СВЧ-техника и телекоммуникационные технологии*. 2022;(4):9–10.

44. Алыбин В. Г., Семочкин А. С., Рожков В. М., Авраменко С. В. Особенности конструкции усилителей СВЧ мощности для служебных систем космических аппаратов. *Инфокоммуникационные и радиоэлектронные технологии*. 2022;(5)1:70–78. DOI: 10.29039/2587-9936.2022.05.1.05.

45. Karushkin N. F., Obukhov I. A. Nanophoton Generator of Picosecond Pulses. *Инфокоммуникационные и радиоэлектронные технологии*. 2022;(5)2: 169–184. DOI: 10.29039/2587-9936.2022.05.2.12.

46. Леонтьев А. Н., Гинзбург Н. С., Зотова И. В., Розенталь Р. М., Малкин А. М., Сергеев А. С. Теоретическое исследование и численное моделирование сильноточного релятивистского гиротрона миллиметрового диапазона длин волн в режиме умножения частоты. *СВЧ-техника и телекоммуникационные технологии*. 2022;(4):202–202.

47. Запевалов В. Е. О повышении рабочей частоты гиротронов. *СВЧ-техника и телекоммуникационные технологии*. 2022;(4):207–208.

48. Малыгин И. В., Сурков Д. В., Кудинов С. И., Иванов В. Э. Разработка и исследование маломощного СВЧ усилителя диапазона 9550—9650 МГц для метеорологических радиолокационных станций нового поколения. *СВЧ-техника и телекоммуникационные технологии*. 2022;(4):1–2.

49. Букрин И. В., Гусев А. В., Иванов В. Э., Плохих О. В., Рысев В. В., Сурков Д. В. Некоторые результаты испытаний и эксплуатации навигационной системы радиозондирования атмосферы «Полюс». *СВЧ-техника и телекоммуникационные технологии*. 2022;(4):235–236.

50. Снигирев М. В., Сосновский А. В., Коберниченко В. Г. Исследование эффективности фильтров подавления фазового шума интерферограмм радиолокаторов с синтезированной апертурой. *СВЧ-техника и телекоммуникационные технологии*. 2022;(4):347–348.

51. Криворучко Ю. Т., Липаков Н. Е., Мурсалов Д. Л. Реализация дальномерного канала в бортовом и наземном оборудовании MLS в когнитивных СВЧ системах инструментальной посадки маневренных самолетов. *СВЧ-техника и телекоммуникационные технологии*. 2022;(4):46–47.

52. Громоздин В. В., Иевлев К. В., Козуб М. С., Новикова Т. В. Метод определения дальности действия береговой радиолокационной станции. *Инфокоммуникационные и радиоэлектронные технологии*. 2022;(5)2:236–246. DOI: 10.29039/2587-9936.2022.05.2.17.

53. Пузанков Л. А. Конструкторская деятельность крымских радиолюбителей. *Инфокоммуникационные и радиоэлектронные технологии*. 2022;(5)4:570–586. DOI: 10.29039/2587-9936.2022.05.3.40.

54. Пхайко Н. А., Кондратьев А. А., Пахомов С. Н., Потапов А. В., Сорокин И. А., Тищенко А. С. Экспериментальные исследования характеристик фотокатодов ультрафиолетового диапазона спектра. *Инфокоммуникационные и радиоэлектронные технологии*. 2022;(5)3:325–341. DOI: 10.29039/2587-9936.2022.05.3.24.

55. Казаков А. Г., Пхайко Н. А., Сафронов К. В., Горнов В. Н., Пешкичева Л. Е., Пахомов С. Н., Писарев Е. М., Смирнов Ю. Ю., Савельев А. В. Изготовление и исследование низкоплотных металлических материалов. *Инфокоммуникационные и радиоэлектронные технологии*. 2022;(5)3:342–352. DOI: 10.29039/2587-9936.2022.05.3.25.

56. Bashkuev Yu. B., Khaptanov V. B., Dembelov M. G. Determination of Forest Environment Density by Georadar “ОКО-2”. *Инфокоммуникационные и радиоэлектронные технологии*. 2022;(5)4:429–435. DOI: 10.29039/2587-9936.2022.05.2.21.

57. Пестриков В. М. Проблемы дальней телефонии на рубеже 19 и 20 веков и поиски их решения. *Инфокоммуникационные и радиоэлектронные технологии*. 2022;(5)1:117–151. DOI: 10.29039/2587-9936.2022.05.1.10.

58. Пестриков В. М. Майкл Пупин и пупинизация телефонных линий. *Инфокоммуникационные и радиоэлектронные технологии*. 2022;(5)2:260–293. DOI: 10.29039/2587-9936.2022.05.2.20.

59. Пестриков В. М. Выбор тренда развития Bell System в начале XX века. *Инфокоммуникационные и радиоэлектронные технологии*. 2022;(5)3:395–427. DOI: 10.29039/2587-9936.2022.05.3.30.

60. Пестриков В. М. Роберт Милликен и его роль в рождении современных радиоламп. *Инфокоммуникационные и радиоэлектронные технологии*. 2022;(5)4:587–610. DOI: 10.29039/2587-9936.2022.05.3.41.

61. Qingdong Deng, Qijia Guo, Rui Li, Guangyuan Yang, Yan Liu, Zhaochang He. Non-Thermal Air Arc Plasma Assisted Biomass Gasification. *Инфокоммуникационные и радиоэлектронные технологии*. 2022;(5)1:108–116. DOI: 10.29039/2587-9936.2022.05.1.09.

62. Hongzhu Xi, Pengkang Wang, Chunhua Bao, and Yongming Liu. The Research on Backward Wave Oscillator with Wide Tunable Bandwidth and High Power. *Инфокоммуникационные и радиоэлектронные технологии*. 2022;(5)1:101–107. DOI: 10.29039/2587-9936.2022.05.1.08.

References

1. Yermolov P. P. The brief history of CriMiCo (a commemorative essay dedicated to the 20th anniversary of the first convocation of the above conference). In: *21st International Crimean Conference “Microwave and Telecommunication Technology”*. Sevastopol: SevNTU; 2011. Vol. 1, pp. 3–16. (In Russ.)

2. Bogdanov S. A. The use of neural networks in the construction of nonlinear models of field-effect transistors. *Infocommunications and Radio Technologies*. 2022;(5)1:45–53. DOI: 10.29039/2587-9936.2022.05.1.03. (In Russ.)

3. Dmitriev A.S., Yefremova E.V., Itskov V.V., Petrosyan M.M., Ryzhov A.I. Ultra-wideband radio communication based on chaotic radio pulses in the meter and decimeter range. *Infocommunications and Radio Technologies*. 2022;(5)1:25–44. DOI: 10.29039/2587-9936.2022.05.1.02. (In Russ.)
4. Bogomolova E.A., Galdetsky A.V., Savin A.N. Planar Retarding Systems for TWTs in the Millimeter Wave Range. *Infocommunications and Radio Technologies*. 2022;(5)1:54–69. DOI: 10.29039/2587-9936.2022.05.1.04. (In Russ.)
5. Gerasimov Yu.M., Petrichkovich Ya.Ya. Radiation-resistant VLSI “system-on-a-chip” and RAM – design features for bulk silicon CMOS technologies. *Infocommunications and Radio Technologies*. 2022;(5)4:548–569. DOI: 10.29039/2587-9936.2022.05.4.39. (In Russ.)
6. Shirokov I.B., Yevdokimov P.A., Sokolova M.I. Simulation of a coaxial-waveguide transition in the ANSYS HFSS software package. *Infocommunications and Radio Technologies*. 2022;(5)2:247–252. DOI: 10.29039/2587-9936.2022.05.2.18. (In Russ.)
7. Degtyarev A.N., Kozhemyakin A.S. A matched filter synthesis method for white noise and non-Gaussian noise conditions. *Infocommunications and Radio Technologies*. 2022;(5)2:253–259. DOI: 10.29039/2587-9936.2022.05.2.19. (In Russ.)
8. Shirokov I.B., Serdyuk I.V., Azarov A.A., Shirokova E.I. Investigation of the wireless power transmission system. *Infocommunications and Radio Technologies*. 2022;(5)4:445–457. DOI: 10.29039/2587-9936.2022.05.4.33. (In Russ.)
9. Samsonov G.A., Yermolov P.P. VII Congress of RNTORES n. a. A.S. Popov. *Infocommunications and Radio Technologies*. 2022;(5)3:378–394. DOI: 10.29039/2587-9936.2022.05.3.29. (In Russ.)
10. Bondarev V.N. Implementation of 2D convolution for spike neural networks. *Microwave and Telecommunication Technology*. 2022;(4):68–69. (In Russ.)
11. Slezkin V.G., Slezkin G. V. Loop antenna with microstrip power supply. *Microwave and Telecommunication Technology*. 2022;(4):112–113. (In Russ.)
12. Afonin I.L., Polyakov A.L., Didus V.T., Shundrin M. I. Method of testing space communication earth stations with a large antenna aperture. *Microwave and Telecommunication Technology*. 2022;(4):227–228. (In Russ.)
13. Sovlukov A.S. Radio frequency method of invariant level measurement of dielectric liquids in containers. *Microwave and Telecommunication Technology*. 2022;(4):263–264. (In Russ.)
14. Gudkov A.G., Vesnin S.G., Soloviev Yu.V., Tikhomirov V.G., Popov V.V. Prospects for microminiaturization of multichannel multifrequency radiothermographs. *Infocommunications and Radio Technologies*. 2022;(5)1:531–547. DOI: 10.29039/2587-9936.2022.05.4.38. (In Russ.)
15. Chizhikov S.V., Popov V.V., Tikhomirov V.G., Soloviev Yu. Element base of microwave MIS for a multichannel multifrequency

radiothermometer. *Infocommunications and Radio Technologies*. 2022;(5)1:515–530. DOI: 10.29039/2587-9936.2022.05.4.37. (In Russ.)

16. Leushin V. Yu., Agasieva S. V., Vesnin S. G., Sedankin M. K., Porokhov I. O., Vetrova N. A., Gorchacheva E. N., Sidorova M. I. Tasks improvement of medical antennas for microwave radiothermometry of biological objects (review). *Infocommunications and Radio Technologies*. 2022;(5)4:484–514. DOI: 10.29039/2587-9936.2022.05.4.36. (In Russ.)

17. Komissarova E. V., Krekhtunov V. M. Linear module of phased antenna array W frequency range. *Microwave and Telecommunication Technology*. 2022;(4):77–78. (In Russ.)

18. Aleksandrov V. R., Baranov S. E., Kuznetsov M. I., Malgin S. A., Obukhov I. A., Sverdlova A. D., Fateev D. A. Artificial intelligence in production planning problems. *Infocommunications and Radio Technologies*. 2022;(5)2:196–208. DOI: 10.29039/2587-9936.2022.05.2.14. (In Russ.)

19. Grusha A. V., Krutov A. V., Rebrov A. S. Method of constructing MIS microwave power limiters to increase the combustion threshold. *Infocommunications and Radio Technologies*. 2022;(5)1:79–92. DOI: 10.29039/2587-9936.2022.05.1.06. (In Russ.)

20. Galdetskiy A. V. On Prospects of Output Power Increasing in Low-Voltage Multibeam Klystrons for Electron Accelerators. *Infocommunications and Radio Technologies*. 2022;(5)1:93–100. DOI: 10.29039/2587-9936.2022.05.1.07.

21. Aleksandrov V. R., Baranov S. E., Obukhov I. A. Industrial Internet of things for enterprises of the radio-electronic industry. *Infocommunications and Radio Technologies*. 2022;(5)2:209–217. DOI: 10.29039/2587-9936.2022.05.2.15. (In Russ.)

22. Pestryakov A. V. Development and testing of a combined system for global monitoring of moving objects. *Infocommunications and Radio Technologies*. 2022;(5)2:185–195. DOI: 10.29039/2587-9936.2022.05.2.13. (In Russ.)

23. Adzhemov A. S., Kudryashova A. Yu. Investigation of minimizing the probability of errors arising in multidimensional discrete modulation methods. *Microwave and Telecommunication Technology*. 2022;(4):34–36. (In Russ.)

24. Poletaev D. A., Maltsev K. S., Maiko V. V., Vlasov V. P. The use of microwave measurements for sorting the constituent elements of archaeological objects. *Infocommunications and Radio Technologies*. 2022;(5)4:458–471. DOI: 10.29039/2587-9936.2022.05.4.34. (In Russ.)

25. Batura M. P., Shneiderov E. N. System for monitoring indicators of the educational process in the field of information technology in telecommunications. *Microwave and Telecommunication Technology*. 2022;(4):62–63. (In Russ.)

26. Abramov I. I., Kolomeytseva N. V., Labunov V. A., Shcherbakova I. Yu. Modeling of RTD characteristics based on GaN/AlGaIn with vertical transport. *Microwave and Telecommunication Technology*. 2022;(4):177. (In Russ.)

27. Kolosov S.V., Shatilova O.O., Batura M.P. Gyro-TWT at TE_{02} wave. *Microwave and Telecommunication Technology*. 2022;(4):199–200. (In Russ.)
28. Kasyanov A.O., Chernyshev A.S. Transmission and reflective diffraction gratings composed of TFH-printed transducers. *Microwave and Telecommunication Technology*. 2022;(4):100–101. (In Russ.)
29. Sdobnova V.P., Makhno A.S., Krutiev S.V. Band pass filter on a metawaveguide. *Infocommunications and Radio Technologies*. 2022;(5)3:353–360. DOI: 10.29039/2587-9936.2022.05.3.26. (In Russ.)
30. Lonkina D.V., Zemlyakov V.V., Gubsky D.S., Krutiev S.V. Bandpass filter on cylindrical waveguide structures with complex metal ridges. *Infocommunications and Radio Technologies*. 2022;(5)3:361–369. DOI: 10.29039/2587-9936.2022.05.3.27. (In Russ.)
31. Svetlichny A.S., Chuvarayan T.A., Krutiev S.V. Band pass filter on a rectangular waveguide with flat longitudinal thin diaphragms. *Infocommunications and Radio Technologies*. 2022;(5)3:370–376. DOI: 10.29039/2587-9936.2022.05.3.28. (In Russ.)
32. Volvach A.E., Volvach L.N., Larionov M.G. Detection of dense clusters of water vapor maser sources during powerful flares in the IRAS 16293-2422 complex. *Infocommunications and Radio Technologies*. 2022;(5)1:1–24. DOI: 10.29039/2587-9936.2022.05.1.01. (In Russ.)
33. Volvach L.N., Volvach A.E., Larionov M.G. Superpowerful flare phenomenon of a water vapor maser in the protostellar system IRAS 16293-2422. *Infocommunications and Radio Technologies*. 2022;(5)2:153–168. DOI: 10.29039/2587-9936.2022.05.2.11. (In Russ.)
34. Volvach L.N., Kurbasova G.S., Volvach A.E. Analysis of meteorological and solar series of satellite observations at the Kara-Dag site. *Infocommunications and Radio Technologies*. 2022;(5)3:295–303. DOI: 10.29039/2587-9936.2022.05.2.21. (In Russ.)
35. Novikov S.S., Kosterova V.S. Stable and Unstable Dynamic Processes in a Self-Oscillatory System with Three Degrees of Freedom. *Infocommunications and Radio Technologies*. 2022;(5)2:218–235. DOI: 10.29039/2587-9936.2022.05.2.16. (In Russ.)
36. Berdyugin A.I., Bad'in A.V., Dorozhkin K.V., Gurskii R.P. Terahertz Diagnosis System for Inhomogeneities in Sheet Dielectrics Based on the Phase-Contrast Method. *Microwave and Telecommunication Technology*. 2022;(4):223–224. (In Russ.)
37. Bad'in A.V., Kuleshov G.E., Shematilo T.N., Moskalenko V.D. Polymer composite materials based on a ferroelectric for additive technology for creating thermal sensors in the subterahertz range. *Microwave and Telecommunication Technology*. 2022;(4):149–150. (In Russ.)
38. Kulinich I.V., Somogonyants A.A., Shesterikov E.V., Mokhovikov D.M. Integral optical waveguides based on Si_3N_4 films. *Infocommunications and Radio Technologies*. 2022;(5)3:318–324. DOI: 10.29039/2587-9936.2022.05.3.23. (In Russ.)

39. Erin F. A., Weber V. I., Kuprits V. Yu., Netesov A. A. *Infocommunications and Radio Technologies*. 2022;(5)3:325–341. DOI: 10.29039/2587-9936.2022.05.3.24. (In Russ.)

40. Malyutin G. A. Modules based on a coplanar line for measuring the microwave parameters of bulk electro-optical crystals filling the upper half-plane of a stripe structure. *Microwave and Telecommunication Technology*. 2022;(4):125–126. (In Russ.)

41. Itskov V. V. Evolution of communication standards for ultra-wideband low-speed wireless personal networks. *Microwave and Telecommunication Technology*. 2022;(4):48–49. (In Russ.)

42. Andreev Yu. V., Petrosyan M. M. The “waveguide” effect during the propagation of ultra-wideband signals in a room. *Infocommunications and Radio Technologies*. 2022;(5)1:70–78. DOI: 10.29039/2587-9936.2022.05.3.22. (In Russ.)

43. Kondratenko A. V., Sorvachev P. S. Specialized set of GaAs MIS for X-band APAA transceiver modules. *Microwave and Telecommunication Technology*. 2022;(4):9–10. (In Russ.)

44. Alybin V. G., Syomochkin A. S., Rogkov V. M., Avramenko S. V. Major Items of Construction Amplifiers of UNF Power for the Auxiliary Systems of Spacecrafts. *Infocommunications and Radio Technologies*. 2022;(5)1:70–78. DOI: 10.29039/2587-9936.2022.05.1.05. (In Russ.)

45. Karushkin N. F., Obukhov I. A. Nanophoton Generator of Picosecond Pulses. *Infocommunications and Radio Technologies*. 2022;(5)2: 169–184. DOI: 10.29039/2587-9936.2022.05.2.12.

46. Leont'ev A. N., Ginzburg N. S., Zotova I. V., Rozental' R. M., Malkin A. M., Sergeev A. S. Theoretical study and numerical simulation of a high-current relativistic gyrotron in the millimeter wavelength range in frequency multiplication mode. *Microwave and Telecommunication Technology*. 2022;(4):202–202. (In Russ.)

47. Zapevalov V. E. On increasing the operating frequency of gyrotrons. *Microwave and Telecommunication Technology*. 2022;(4):207–208. (In Russ.)

48. Malygin I. V., Surkov D. V., Kudinov S. I., Ivanov V. E. Development and research of a low-noise microwave amplifier in the range 9550–9650 MHz for meteorological radar stations of a new generation. *Microwave and Telecommunication Technology*. 2022;(4):1–2. (In Russ.)

49. Bukrin I. V., Gusev A. V., Ivanov V. E., Plokhikh O. V., Rysev V. V., Surkov D. V. Some results of testing and operation of the “Polus” atmospheric radio sounding navigation system. *Microwave and Telecommunication Technology*. 2022;(4):235–236. (In Russ.)

50. Snigirev M. V., Sosnovsky A. V., Kobernichenko V. G. Investigation of the efficiency of phase noise suppression filters for synthesized aperture radar interferograms. *Microwave and Telecommunication Technology*. 2022;(4):347–348. (In Russ.)

51. Krivoruchko Yu. T., Lipakov N. E., Mursalov D. L. Implementation of the ranging channel in MLS airborne and ground equipment in

cognitive microwave systems for instrumental landing of maneuverable aircraft. *Microwave and Telecommunication Technology*. 2022;(4):46–47. (In Russ.)

52. Gromozdin V. V., Ievlev K. V., Kozub M. S., Novikova T. V. Method for determining the range of a coastal radar station. *Infocommunications and Radio Technologies*. 2022;(5)2:236–246. DOI: 10.29039/2587-9936.2022.05.2.17. (In Russ.)

53. Puzankov L. A. Design activity of the Crimean radio amateurs. *Infocommunications and Radio Technologies*. 2022;(5)4:570–586. DOI: 10.29039/2587-9936.2022.05.3.40. (In Russ.)

54. Pkhaiko N. A., Kondratiev A. A., Pakhomov S. N., Potapov A. V., Sorokin I. A., Tishchenko A. S. Experimental studies of the characteristics of photocathodes in the ultraviolet range of the spectrum. *Infocommunications and Radio Technologies*. 2022;(5)3:325–341. DOI: 10.29039/2587-9936.2022.05.3.24. (In Russ.)

55. Kazakov A. G., Pkhaiko N. A., Safronov K. V., Gornov V. N., Peshkicheva L. E., Pakhomov S. N., Pisarev E. M., Smirnov Yu. Yu., Saveliev A. V. Fabrication and research of low-density metal materials. *Infocommunications and Radio Technologies*. 2022;(5)3:342–352. DOI: 10.29039/2587-9936.2022.05.3.25. (In Russ.)

56. Bashkuev Yu. B., Khaptanov V. B., Dembelov M. G. Determination of Forest Environment Density by Georadar “OKO-2”. *Infocommunications and Radio Technologies*. 2022;(5)4:429–435. DOI: 10.29039/2587-9936.2022.05.2.21.

57. Pestrikov V. M. Problems of long-distance telephony at the turn of the 19th and 20th centuries and the search for their solution. *Infocommunications and Radio Technologies*. 2022;(5)1:117–151. DOI: 10.29039/2587-9936.2022.05.1.10. (In Russ.)

58. Pestrikov V. M. Michael Pupin and pupinization of telephone lines. *Infocommunications and Radio Technologies*. 2022;(5)2:260–293. DOI: 10.29039/2587-9936.2022.05.2.20. (In Russ.)

59. Pestrikov V. M. The choice of the development trend of the Bell System at the beginning of the 20th century. *Infocommunications and Radio Technologies*. 2022;(5)3:395–427. DOI: 10.29039/2587-9936.2022.05.3.30. (In Russ.)

60. Pestrikov V. M. Robert Milliken and his role in the birth of modern radio tubes. *Infocommunications and Radio Technologies*. 2022;(5)4:587–610. DOI: 10.29039/2587-9936.2022.05.3.41. (In Russ.)

61. Qingdong Deng, Qijia Guo, Rui Li, Guangyuan Yang, Yan Liu, Zhaochang He. Non-Thermal Air Arc Plasma Assisted Biomass Gasification. *Infocommunications and Radio Technologies*. 2022;(5)1:108–116. DOI: 10.29039/2587-9936.2022.05.1.09.

62. Hongzhu Xi, Pengkang Wang, Chunhua Bao, and Yongming Liu. The Research on Backward Wave Oscillator with Wide Tunable Bandwidth and High Power. *Infocommunications and Radio Technologies*. 2022;(5)1:101–107. DOI: 10.29039/2587-9936.2022.05.1.08.

Информация об авторах

Ермолов Павел Петрович, кандидат технических наук, доцент, заведующий базовой кафедрой инновационной радиоэлектроники Института радиоэлектроники и интеллектуальных технических систем Севастопольского государственного университета, Россия.

Папуловская Наталья Владимировна, кандидат педагогических наук, доцент кафедры информационных технологий и систем управления Института радиоэлектроники и информационных технологий – РТФ Уральского федерального университета имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия.

Information about the authors

Pavel P. Yermolov, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Head of the Basic Department “Innovative Radio Electronics” of the Institute of Radio Electronics and Intelligent Technical Systems, Sevastopol State University, Russia.

Nataliya V. Papulovskaya, Candidate of Pedagogical Sciences, Associate Professor, Department of Information Technologies and Control Systems, Institute of Radioelectronics and Information Technology – RTF, Ural Federal University named after the first President of Russia B.N. Yeltsin, Ekaterinburg, Russia.

Поступила / Received: 28.11.2022

Принята в печать / Accepted: 12.12.2022