

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ УКРАИНЫ
ХАРЬКОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ

РАДИОТЕХНИКА

**Всеукраинский межведомственный
научно-технический сборник**

Основан в 1965 г.

ВЫПУСК 196

Харків
Харківський національний
університет радіоелектроніки
2019

УДК 621.3

Сборник включен в список специальных изданий ВАК Украины по физико-математическим и техническим наукам.

Регистрационное свидетельство КВ № 12098-969 ПР от 14. 12. 2006.

Ответственность за содержание статей несут авторы.

Редакционная коллегия

А.И. Лучанинов, *д-р физ.-мат. наук, проф., ХНУРЭ (главный редактор)*
О.Г. Аврунин, *д-р техн. наук, проф., ХНУРЭ*
В.М. Безрук, *д-р техн. наук, проф., ХНУРЭ*
И.Д. Горбенко, *д-р техн. наук, проф., ХНУ имени В.Н. Каразина*
Ю.Е. Гордиенко, *д-р физ.-мат. наук, проф., ХНУРЭ*
А.Н. Довбня, *чл.-кор. НАНУ, д-р физ.-мат. наук, проф., ННЦ ХФТИ*
В.А. Дорошенко, *д-р физ.-мат. наук, проф., ХНУРЭ*
В.М. Карташов, *д-р техн. наук, проф., ХНУРЭ*
А.А. Коноваленко, *академик НАНУ, д-р физ.-мат. наук, РИАН*
А.В. Лемешко, *д-р техн. наук, проф., ХНУРЭ*
Л.М. Литвиненко, *академик НАНУ, д-р физ.-мат. наук, РИАН*
И.М. Неклюдов, *академик НАНУ, д-р физ.-мат. наук, ННЦ ХФТИ*
В.И. Оборжицкий, *д-р. техн. наук, доц., НУ «Львовская политехника»*
А.Г. Пащенко, *канд. физ.-мат. наук, доц., ХНУРЭ (ответственный секретарь)*
К.С. Сундучков, *д-р техн. наук, проф., ИТС*
С.И. Тарапов, *чл.-кор. НАНУ, д-р физ.-мат. наук, проф., ИРЭ НАНУ*
П.Л. Токарский, *д-р физ.-мат. наук, проф., РИАН*
А.И. Фисун, *д-р физ.-мат. наук, проф. ИРЭ НАНУ*
А.И. Цопа, *д-р техн. наук, проф., ХНУРЭ*

Международная редакционная коллегия

A.G. Karabanov, USA
S.E. Sandström, Sveden
N. Chichkov, Germany

*Ответственный за выпуск: А.И. Лучанинов, д-р физ.-мат. наук, проф.
Технический секретарь Е.С. Полякова*

Рекомендовано Ученым советом Харьковского национального университета радиоэлектроники, протокол № 78 от 28.03.2019.

Адрес редакционной коллегии: Харьковский национальный университет радиоэлектроники (ХНУРЭ), просп. Науки, 14, Харьков, 61166, тел. (0572) 7021-397.

Сборник «Радиотехника» включен в Каталог подписных изданий Украины, подписной индекс 08391

ЗБІРНИК НАУКОВИХ ПРАЦЬ
РАДІОТЕХНІКА
Випуск 196
Російською, українською та англійською мовами

СБОРНИК НАУЧНЫХ ТРУДОВ
РАДИОТЕХНИКА
Выпуск 196
На русском, украинском и английском языках

Коректор Л.І. Сащенко

Підп. до друку 28.03.2019. Формат 60x90/8. Папір офсет. Гарнітура Таймс. Друк. ризограф.
Ум. друк. арк. 11,6. Обл.-вид. арк. 10,19. Тираж 300 прим. Зам. № 342. Ціна договір.

Харківський національний університет радіоелектроніки (ХНУРЕ)
Просп. Науки, 14, Харків, 61166.

Оригінал-макет підготовлено і збірник надруковано у ПФ „Колегіум”, тел. (057) 703-53-74.
Свідоцтво про внесення суб’єкта видавничої діяльності до Державного реєстру видавців.
Сер. ДК №1722 від 23.03.2004.

СОДЕРЖАНИЕ

РАДИОЭЛЕКТРОННЫЕ СИСТЕМЫ РАДІОЕЛЕКТРОННІ СИСТЕМИ

<i>В.К. Волосюк, С.С. Жила, А.Д. Собколов, В.В. Павликов, Н.В. Руженцев, Д.С. Сальников, А.А. Мерзлякин, А.И. Цопа</i> Аппаратурно-методическое обеспечение научно-прикладной радиометрии атмосферы	5
<i>В.М. Карташов, И.В. Корытцев, В.Н. Олейников, О.В. Зубков, С.И. Бабкин, С.А. Шейко, Н.А. Левский, И.С. Селезнев</i> Алгоритмы пеленгации беспилотных летательных аппаратов по их акустическому излучению	22
<i>С.В. Солонская, В.В. Жирнов</i> Семантическая технология в обзорных РЛС при обнаружении и распознавании летательных аппаратов	32
<i>Б.В. Перельгин</i> Способ создания радиолокационной сети для гидрометеорологического мониторинга атмосферы	38
<i>Ю.Ю. Коляденко, Н.А. Чурсанов, О.С. Бондаренко</i> Модель электромагнитных взаимодействий в сети LTE	46
<i>Ю.С. Курской</i> Топологическая идентификация оптических систем	51
<i>Т.Д. Гуцол, Н.Г. Косулина, В.В. Семенец, Т.В. Носова</i> Теоретический анализ подавления помех в радиометрическом приемнике	55
<i>Б.В. Жуков, С.И. Борбулев</i> Оперативный контроль параметров жидких горюче-смазочных материалов	62

ОБРАБОТКА СИГНАЛОВ В РЭС ОБРОБКА СИГНАЛІВ В РЕС

<i>Е.В. Рогожкин, Ю.И. Подъячий, Л.Я. Емельянов</i> Модификация цифрового представления радиолокационных сигналов	69
<i>Н.О. Тулякова, А.Н. Трофимчук, А.Е. Стрижак</i> Модифицированные локально-адаптивные мириадные фильтры	77
<i>О.И. Харченко, В.М. Карташов</i> Анализ стохастического фильтра на основе рядов Вольтера в случае аддитивной смеси гармонического сигнала и Гауссова шума на входе	89
<i>Ю.А. Волошин, С.Н. Кулиш, В.П. Олійник</i> Шляхи підвищення інформативності аналізу біоелектричних сигналів	98
<i>В.М. Карташов, В.А. Тихонов, В.В. Воронин, И.С. Селезнев</i> Авторегрессионные фильтры подавления помех в системах акустического зондирования атмосферы	106

ЭЛЕКТРОДИНАМИКА, АНТЕННЫ, МИКРОВОЛНОВЫЕ УСТРОЙСТВА ЕЛЕКТРОДИНАМІКА, АНТЕНИ, МІКРОХВІЛЬОВІ ПРИСТРОЇ

<i>М.Е. Калиберда, Л.Н. Литвиненко, С.А. Погарский</i> Операторный метод в задаче дифракции волн на полубесконечной графеновой решетке	112
<i>Ю.В. Рассохина, В.Г. Крыжановский</i> Анализ ступенчатой неоднородности в микрополосковой линии передачи методом поперечного резонанса: способ алгебраизации краевых задач	117
<i>М.А. Гнатюк, В.М. Морозов, С.В. Марченко</i> Дифракция электромагнитной волны на каскадном соединении прямоугольных волноводов	130
<i>И.Н. Бондаренко, Г.Н. Бендеберя, А.Б. Галат, Е.А. Горбенко</i> Технология локального микроволнового нагрева	138
<i>А.В. Грицунов, И.Н. Бондаренко, В.П. Карнаушенко, М.И. Пятайкина, А.В. Сова</i> К решению уравнения Пуассона для цилиндрической области взаимодействия	145
<i>Т.А. Цалиев</i> Планарная широкополосная щелевая двухкольцевая антенна для мобильной связи пятого поколения	153
<i>Чан Лю, И.Н. Бондаренко, А.А. Дервянко, А.Ю. Панченко</i> Анализ свойств коаксиального СВЧ сенсора. Особенности исследований двухслойных биологических объектов	159

ЭЛЕМЕНТЫ РЭС ЕЛЕМЕНТИ РЕС

<i>В.В. Семенец, О.Г. Аврунін, Л.Н. Михайлова, Н.Г. Косуліна, О.Д. Черенков</i> Визначення параметрів гідродинамічного випромінювача звукових коливань	167
РЕФЕРАТЫ	180

CONTENT

RADIO ELECTRONIC SYSTEMS

<i>B.K. Volosyuk, S.S. Zhyla, A.D. Sobkolov, V.V. Pavlikov, N.V. Ruzhentsev, D.S. Salnikov, A.A. Merzlikin, O.I. Tsopa</i> Hardware and methodological support for scientific and applied radiometry of the atmosphere	5
<i>V.M. Kartashov, I.V. Koryttsev, V.N. Oleynikov, O.V. Zubkov, S.I. Babkin, S.A. Sheyko, N.A. Levskiy, I.S. Seleznev</i> Algorithms for direction finding of unmanned aerial vehicles by their acoustic emission	22
<i>S. Solonskaya, V. Zhyrnov</i> Semantic technology in a survey radar at aircrafts detection and recognition	32
<i>B.V. Perelygin</i> Method of creating a radar network for hydrometeorological monitoring of the atmosphere	38
<i>Yu.Yu. Kolyadenko, N.A. Chursanov, O.S. Bondarenko</i> Model of electromagnetic interactions in LTE network	46
<i>Yu.S. Kurskoy</i> Topological identification of optical systems	51
<i>T.D. Gutsol, N.G. Kosulina, V.V. Semenets, T.V. Nosova</i> Theoretical analysis of interference suppression in a radiometric receiver	55
<i>B.V. Zhukov, S.I. Borbulov</i> Operating control parameters of liquid fuels and lubricants	62

SIGNAL PROCESSING IN RES

<i>E.V. Rogozhkin, Yu.I. Podyachiy, L.Ya. Emelyanov</i> Modification of radar signals digital representation	69
<i>N.O. Tulyakova, O.M. Trofymchuk, O.Ye. Stryzhak</i> Modified locally-adaptive myriad filters	77
<i>O.I. Kharchenko, V.M. Kartashov</i> Volterra transfer functions in analysis of the stochastic filter driven by harmonic plus gaussian noise input	89
<i>Yu.A. Voloshin, S.N. Kulish, V.P. Oleinik</i> Ways to increase informativeness of bioelectric signals analysis	98
<i>V.M. Kartashov, V.A. Tykhonov, V.V. Voronin, I.S. Sieleznov</i> Autoregression filters for interference suppression in atmosphere acoustic sounding systems	106

ELECTRODYNAMICS, ANTENNAS, MICROWAVE DEVICES

<i>M.E. Kaliberda, L.M. Lytvynenko, S.A. Pogarsky</i> Operator method in diffraction by semi-infinite graphene grating	112
<i>Yu.V. Rassokhina, V.G. Krizhanovski</i> The microstrip step discontinuity analysis by transverse resonance technique: method of boundary value problem algebraization	117
<i>M.A. Gnatyuk, V.M. Morozov, S.V. Marchenko</i> Electromagnetic wave diffraction on rectangular waveguides cascaded junction	130
<i>I.N. Bondarenko, G.N. Bendeberya, A.B. Galat, E.A. Gorbenko</i> Technology of local microwave heating	138
<i>A.V. Gritsunov, I.N. Bondarenko, V.P. Karnaushenko, M.I. Pyataikina, A.V. Sova</i> On the solving of Poisson's equation for a cylindrical interaction region	145
<i>T.A. Tsaliev</i> Planar broadband slotted two-ring antenna for mobile communication of the fifth generation radiation	153
<i>Ch. Liu, I.N. Bondarenko, A.A. Derevyanko, A.Yu. Panchenko</i> Analysis of the properties of a coaxial microwave sensor. Features of research of two-layer biological objects	159

RES ELEMENTS

<i>V. V. Semenets, O. G. Avrunin, L. N. Mikhailova, N. G. Kosulina, A. D. Cherenkov</i> Determination of parameters of plane hydrodynamic radiator of acoustic vibrations	167
ABSTRACTS	180

СПОСОБ СОЗДАНИЯ РАДИОЛОКАЦИОННОЙ СЕТИ ДЛЯ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА АТМОСФЕРЫ

Введение

В ряде стран созданы и функционируют радиолокационные сети мониторинга атмосферы или метеорологические радиолокационные сети [1 – 4]. Все они создавались разными способами и на основе известных требований, задаваемых заказчиками. Во всех случаях заказчики были разные, и их было много, поэтому все существующие сети обладают разными свойствами. Анализ показывает, что ни одна из этих сетей, несмотря на заявления о применении системного подхода, не построена на основе системного подхода к созданию больших систем, поэтому в них не удалось реализовать существенные возможности, которые предоставляет радиолокационный метод мониторинга атмосферы и, по этой причине, качество мониторинга существенно ниже потенциально возможного.

Актуальность

Существует настоятельная необходимость разработать способ создания радиолокационной сети мониторинга атмосферы, позволяющий в наибольшей мере реализовать возможности радиолокационного метода мониторинга атмосферы и повысить качество мониторинга.

Цель исследования

Цель исследования – разработка способа создания радиолокационной сети, позволяющего в наибольшей мере реализовать возможности радиолокационного метода мониторинга атмосферы и повысить качество мониторинга.

Анализ существующих способов создания радиолокационных сетей

Способ создания радиолокационной сети для мониторинга атмосферы NEXRAD (США) заключается в том, что метеорологические радиолокаторы WSR-88D расставлены на поверхности Земли таким образом, при котором высота нижней границы сплошного радиолокационного поля, которое образует радиолокационная сеть, составляет 10000 футов или около 3 км [1]. При таком условии расстояние между радиолокаторами может достигать 440 км, что легко можно увидеть из рис. 1, на котором отображено расположение метеорологических радиолокаторов WSR-88D сети NEXRAD на континентальной части США в сочетании с горизонтальными сечениями их зон наблюдения на высоте 3 км. Импульсная излучаемая мощность WSR-88D составляет 250 кВт, что обеспечивает, по утверждению разработчиков, дальность в режиме измерения отражаемости 450 км и в режиме измерения скорости 250 км. Для обеспечения беспровальности радиолокационного поля при дальностях между радиолокаторами 440 км, как было указано выше, был разработан метеорологический радиолокатор DWSR-10001C EEC USA с импульсной излучаемой мощностью 1 МВт и дальностями действия в режиме измерения отражаемости более 600 км и в режиме измерения скорости 450 км. Таким образом, на высотах менее 3 км радиолокационное поле является очаговым и не покрывает пространство наблюдения.

Способ создания радиолокационной сети для мониторинга атмосферы MAPC (РФ) заключается в том, что метеорологические радиолокаторы ДМРЛ-С расставлены на поверхности Земли так, что расстояние между радиолокаторами равняется 300 км [2]. По мнению создателей сети, подобная дальность действия обусловлена тем, что наиболее опасные явления возникают летом, когда для надежного обнаружения летних кучевых облаков требуется невысокая плотность радиолокационных станций, а сплошное перекрытие зон наблюдения метеорологических радиолокаторов предусматривается только для основных промышленных

и сельскохозяйственных районов и авиационных трасс с интенсивной грозовой деятельностью. Остальная территория прикрывается дискретно. Наглядно построение сети МАРС приведено на рис. 2, на котором отображено расположение метеорологических радиолокаторов ДМРЛ-С на 140 позициях по итогам выполнения двух федеральных целевых программ „Геофизика” и „ОрВД”. Радиолокатор ДМРЛ-С излучает модулированный сложным образом сигнал импульсной мощностью более 15 кВт и обладает дальностью действия в режиме измерения отражаемости 250 км. Таким образом, по самому замыслу создателей сети по экономическим соображениям радиолокационное поле является очаговым и не покрывает пространство наблюдения даже при перекрытии зон наблюдения отдельных радиолокаторов.

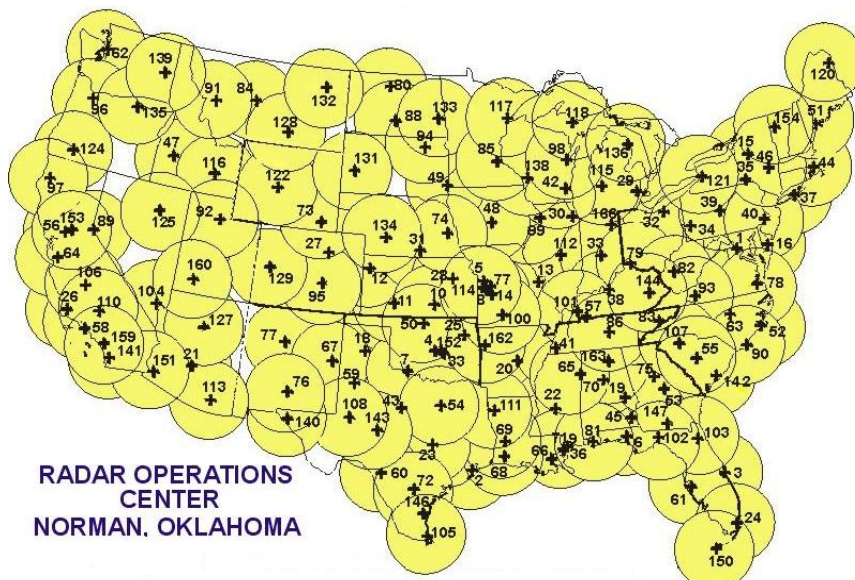


Рис. 1

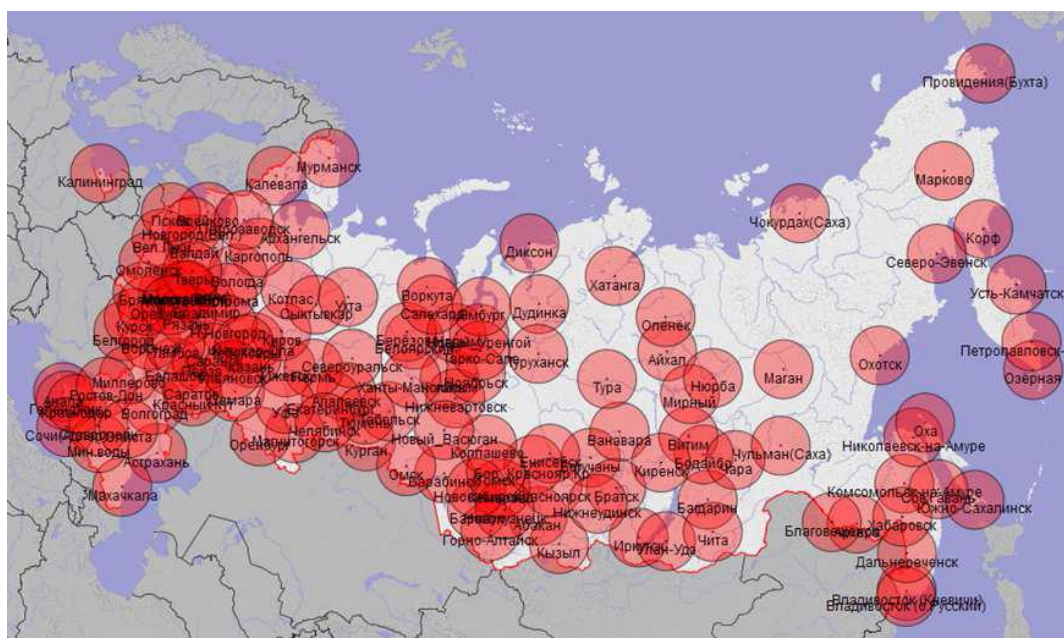


Рис. 2

Способ создания международной радиолокационной сети для мониторинга атмосферы (Западная Европа) обеспечивает нижнюю границу радиолокационного поля 1,5 км [3]. Эта сеть создана из 229 различных радиолокаторов на основе объединения сетей отдельных

стран, составляющих Евросоюз (рис. 3, *а*), поэтому она оказалась очень разнородной, как по задачам, так и по составу, поскольку в каждой из стран сеть строилась на основе разного понимания приоритетов [5]. Это привело к тому, что общая сеть не сформировалась как единая большая система, а смогла сформироваться только на информационном уровне как программа OPERA – Operational Program for the Exchange of Weather Radar Information (на рис. 3, *б* отмечены радиолокаторы, вошедшие в программу OPERA). Однако в проекте COST-75, посвященном совершенствованию европейской радиолокационной метеорологической сети, отмечалось, что создавать сеть нужно способом расстановки радиолокаторов на местности таким образом, чтобы они образовывали на местности треугольную сетку с длинной стороны равной 300 км [3, 4]. В дальнейшем создатели придерживались этого требования, насколько это было возможно. Таким образом, на высотах менее 1,5 км радиолокационное поле является разрывным, особенно в горных районах, и не покрывает пространство наблюдения.

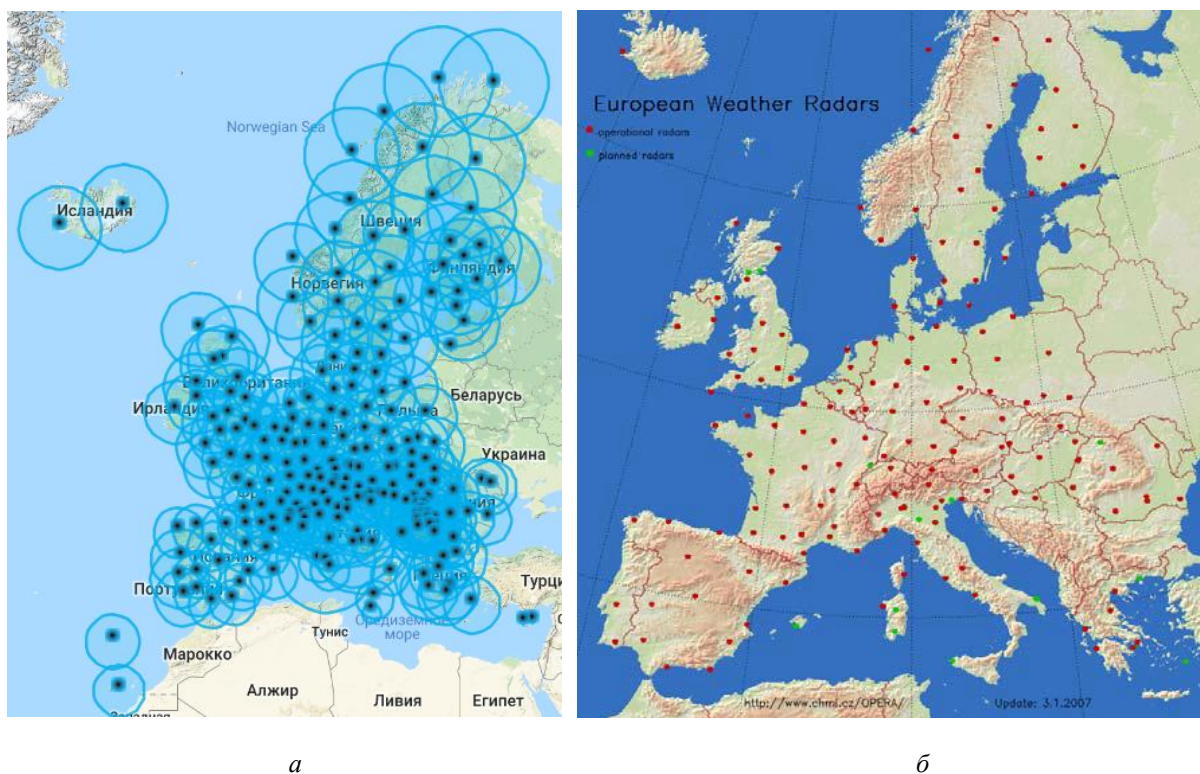


Рис. 3

Способ создания радиолокационной сети для мониторинга атмосферы OWASAN (Япония) (рис. 4, *а*) заключается в том, что метеорологические радиолокаторы с дальностью действия 200 км расставлены на поверхности Земли таким образом, чтобы измерять характеристики осадков [4]. На приоритете измерения осадков построена и радиолокационная сеть в Великобритании (рис. 4, *б*) [4, 5].

Из дальнейшего рассмотрения две последние метеорологические радиолокационные сети можно исключить, поскольку островной статус Японии и Великобритании придает их сетям определенную специфику, которую нет необходимости учитывать для внутриконтинентальных регионов.

Описание исследования и анализ его результатов

Все, кроме двух последних, способы построения метеорологических радиолокационных сетей были подвергнуты геометрическому и системному анализу [6, 7].

Результатом геометрического анализа стал вывод о том, что указанные способы создания радиолокационных сетей мониторинга атмосферы объединяет идея, положенная в их ос-

нование, – радиолокаторы с разной или с одинаковой дальностью действия размещены на поверхности Земли таким образом, что их совокупность образует на местности геометрическую фигуру в виде треугольной сетки со стороной, длина которой изменяется от 250 – 300 км до 450 км (рис. 5, а). Назовем эти способы обобщенно первым способом построения сети.

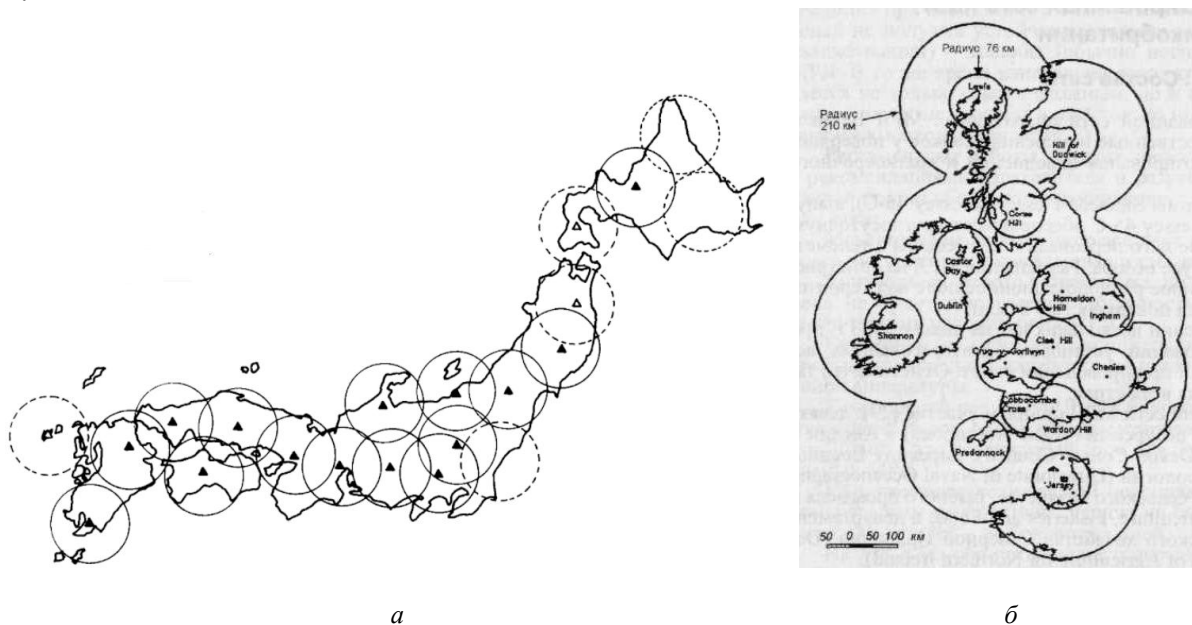


Рис. 4

Результатом системного анализа стал вывод о том, что именно из-за расположения радиолокаторов на основе первого способа не полностью реализуются существенные возможности, которые предоставляет радиолокационный метод мониторинга атмосферы и, по этой причине, качество мониторинга снижается по сравнению с потенциально возможным.

В основу предлагаемого способа создания радиолокационной сети для мониторинга атмосферы положено размещение радиолокаторов с дальностью действия до 100 км таким образом, при котором их совокупность образует на местности геометрическую фигуру в виде шестиугольной сетки, при этом расстояние между соседними радиолокаторами равняется дальности действия радиолокаторов (рис. 5, б). Назовем его вторым способом построения сети.

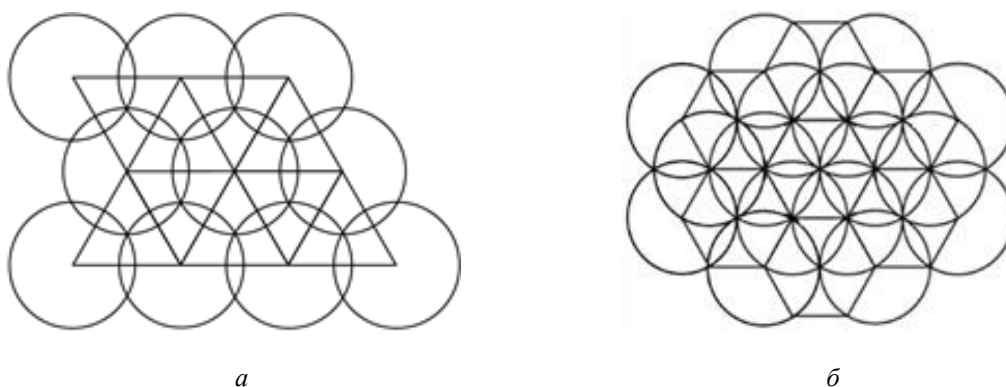


Рис. 5

Для выявления преимуществ второго способа проведем сравнительный анализ обоих способов построения метеорологических радиолокационных сетей.

Увеличенные расстояния между радиолокаторами при первом способе (рис. 6, а) приводят к повышению высоты нижней границы сплошного радиолокационного поля, что препятствует обнаружению и идентификации гидрометеорологических объектов, процессов и явле-

ний, включая опасные, внутри пространства наблюдения. При втором способе построения за счет уменьшения расстояния между радиолокаторами и, следовательно, уменьшения непроглядываемых (мертвых) зон извлекается информация из большей части пространства наблюдений. Из рис. 6, б легко понять, что уменьшение мертвой зоны будет происходить при сближении радиолокаторов и, вследствие этого, будет уменьшаться высота нижней границы образуемого радиолокационного поля, что и обеспечит извлечение информации из большей части пространства наблюдений.

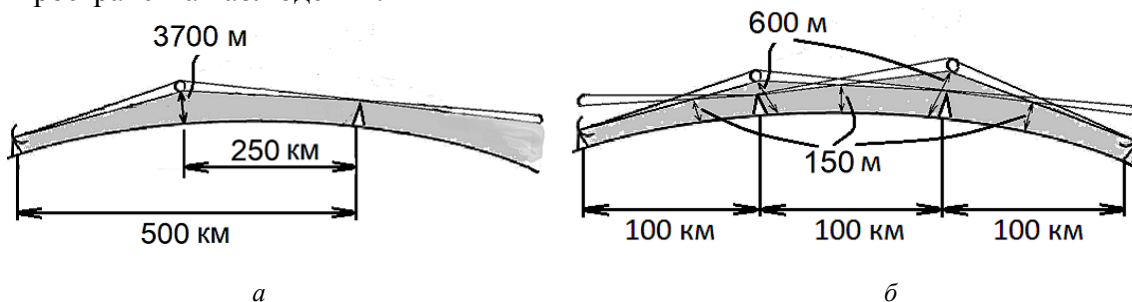


Рис. 6

Численные значения на рис. 6 легко рассчитываются на основе известных соображений [8]. Полагая, что указанные на рис. 6 дальности реализуются при угле места антенной системы $\varepsilon = 0^\circ$ (т.е. на уровне радиогоризонта), можем воспользоваться известным уравнением радиогоризонта:

$$D_{\Gamma} = 4,11 \cdot (\sqrt{H_3} + \sqrt{h_a}), \quad (1)$$

где D_{Γ} – горизонтальная дальность в километрах; H_3 – поправка высоты на кривизну Земли в метрах, или высота нижней границы сплошного радиолокационного поля; h_a – высота электрического центра антенны в метрах.

Подставив в (1) указанные значения дальностей и положив $h_a = 0$, получим значение высоты нижней границы сплошного радиолокационного поля для радиолокаторов, расположенных непосредственно на поверхности Земли:

$$H_3 = \frac{D_{\Gamma}^2}{16,9}. \quad (2)$$

Изменяя высоту электрического центра радиолокатора h_a в разумных пределах, можно подобрать требуемую высоту нижней границы сплошного радиолокационного поля.

За счет увеличенных расстояний между радиолокаторами при первом способе построения также увеличиваются размеры участков в районах затенения препятствиями (за счет появления углов закрытия) [9], что порождает непроглядываемые зоны, в которых не обнаруживаются объекты, процессы и явления. На рис. 7 несложно увидеть уменьшение мертвой зоны за счет более близкого расположения радиолокаторов друг к другу по второму способу. Вследствие этого уменьшается объем зоны затенения препятствием, т.е. если радиолокатор 2 отодвинуть вправо, тем самым увеличив расстояние до радиолокатора 1, то объем мертвой зоны возрастет (затененный участок на рис. 7), поскольку линия радиогоризонта радиолокатора 2 будет удаляться от препятствия.

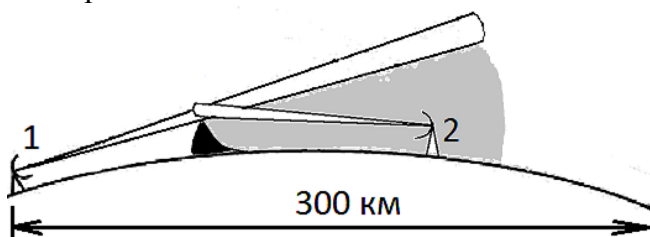


Рис. 7

На увеличенных дальностях при первом способе построения сети за счет расширения диаграммы направленности антенны увеличиваются линейные размеры импульсного объема, что ухудшает линейную разрешающую способность внутри сети [9]. При применении второго способа за счет меньшего пространственного расширения луча диаграммы направленности антенны радиолокатора при меньшей его дальности действия достигается более высокая пространственная разрешающая способность внутри радиолокационной сети (рис. 8). Ширина диаграммы направленности антенны на рис. 8 полагается равной 1 градусу.

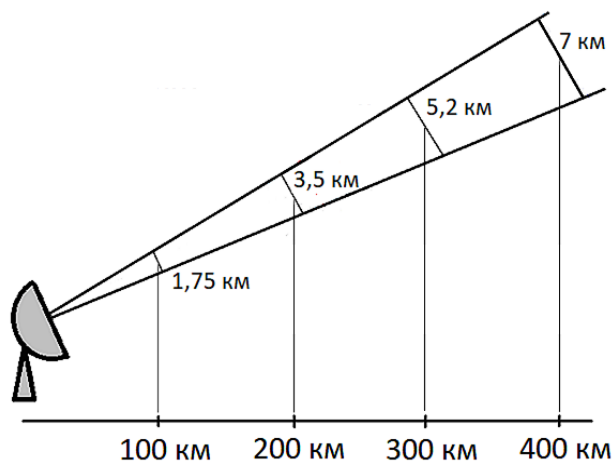


Рис. 8

Увеличенные расстояния между радиолокаторами при первом способе построения сети снижают устойчивость функционирования сети, поскольку при выходе из строя одного радиолокатора произойдет существенная потеря информации из-за того, что пространство вокруг вышедшего из строя радиолокатора обслуживаться не будет. При втором способе за счет более плотного перекрытия зон наблюдения радиолокаторов повышается устойчивость радиолокационной сети при выходе из строя части радиолокаторов [10]. На рис. 9 проиллюстрировано сокращение радиолокационного поля радиолокационной сети для мониторинга атмосферы при уменьшении количества радиолокаторов, например с 16 до 8 для первого (верхняя строка рисунков) и второго (нижняя строка рисунков) способов построения сети. Слева направо в каждой вертикальной паре рисунков уменьшается число радиолокаторов на две штуки в каждом из способов.

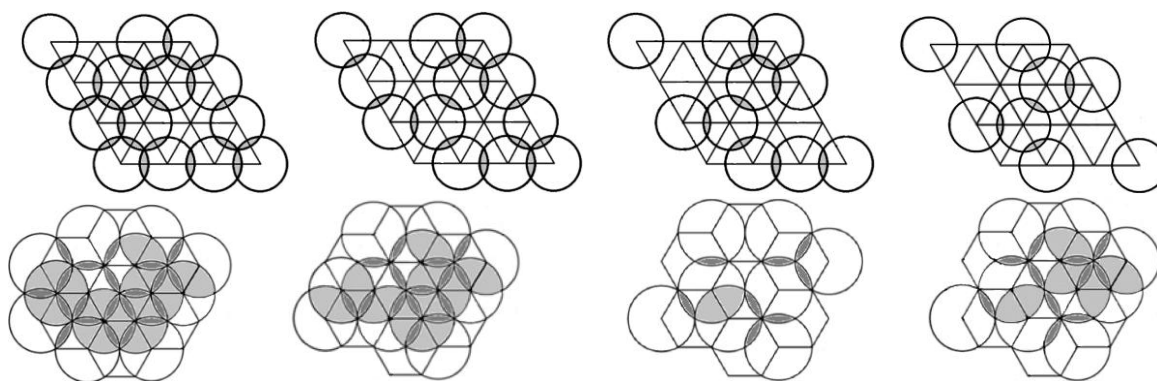


Рис. 9

В итоге по обоим правым рисункам каждого из способов хорошо видно, что радиолокационное поле при втором способе построения сети, по сравнению с первым способом, сокращается в существенно меньшей степени даже при выходе из строя половины радиолокаторов сети.

Увеличенные расстояния между радиолокаторами при первом способе построения сети и построение сети на треугольной сетке на основе касания зон наблюдения или небольшого их наложения до получения требуемой высоты верхней границы радиолокационного поля $H_{ВГ}$ приводит к необходимости осуществления сканирования полностью во всей зоне наблюдения радиолокатора (рис. 10). Процедура сканирования может оказаться длительной, что приведет к пропуску опасного процесса или явления. Ускорение процедуры сканирования, как это проводится в существующих сетях, приводит к потере информации или снижению ее качества. [11].

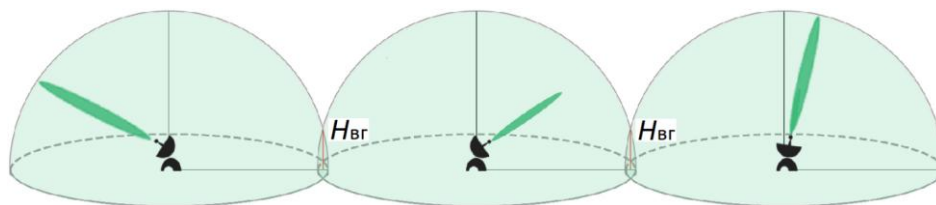


Рис. 10

При построении сети по второму способу отсутствует необходимость осуществлять каждым из радиолокаторов обзор пространства под большими углами места (рис. 11). Радиолокационная сеть экономно тратит энергию зондирующего излучения, при этом выдерживаются временные параметры сканирования, потому что не нужно повышать до 90° угол места диаграммы направленности антенны радиолокатора выше $26,6^\circ$ по причине достижения требуемой высоты верхней границы радиолокационного поля $H_{ВГ}$ в точке пересечения O диаграмм направленности соседних радиолокаторов. А высота нижней границы радиолокационного поля $H_{НГ}$ будет обеспечена автоматически при опускании диаграмм направленности антенн радиолокаторов до $\varepsilon = 0^\circ$ [12]. Рис. 12 иллюстрируют структуру зоны наблюдения нескольких радиолокаторов при ограниченном сканировании пространства, при этом образуемое радиолокационное поле полностью покрывает пространство наблюдения.

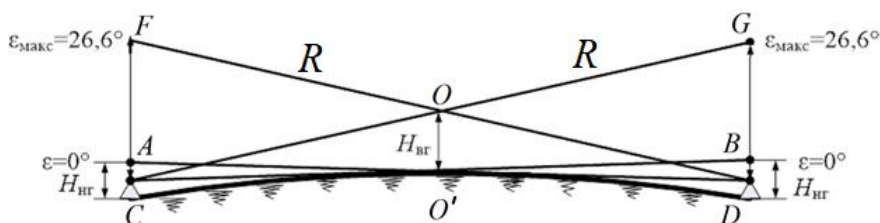


Рис. 11

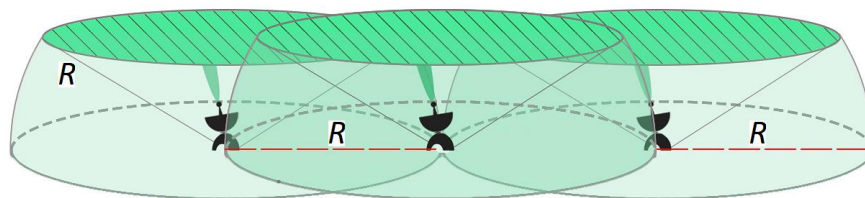


Рис. 12

При построении сети по второму способу дальность действия радиолокаторов уменьшена. Значит, в пространство излучается меньшее количество энергии. А за счет уменьшения энергии зондирующего излучения, и, как следствие, уменьшения мощности излучения, снижается опасность воздействия на людей электромагнитного излучения каждого из радиолокаторов и радиолокационной сети в целом, что для второго способа является фактом.

При построении сети по второму способу, с уменьшением дальности действия радиолокаторов уменьшаются размеры зоны наблюдения каждого из радиолокаторов. Откуда следует, что темп выдачи данных мониторинга каждым из радиолокаторов и сетью в целом может быть либо увеличен, либо могут быть снижены требования к системе передачи данных.

Выводы

Следует отметить, что применение второго способа при создании радиолокационной сети мониторинга атмосферы приводит к системному подходу и позволяет получить системный эффект в виде экономного расходования энергии зондирующего излучения, оптимального покрытия радиолокационным полем пространства наблюдений без ухудшения при этом показателей качества информации. При подобном создании сети практически исчезает понятие радиогоризонта, уменьшается влияние крупномасштабного рельефа местности и снижается воздействие осадков на возможности мониторинга. Уменьшение потребной дальности действия метеорологической радиолокационной станции улучшает пространственную разрешающую способность внутри сети и позволяет понизить импульсную мощность зондирующего излучения, что уменьшит опасность сети для человека. Второй способ создания радиолокационной сети мониторинга атмосферы в значительной мере позволяет не только приблизить качество мониторинга к потенциально возможному, но и ослабить ограничения, присущие радиолокационному методу получения метеорологической информации.

Заключение

Создание радиолокационной сети для мониторинга атмосферы на основе предложенного способа позволит более полно реализовать возможности радиолокационного метода мониторинга атмосферы, ослабить ограничения, присущие радиолокационному методу получения метеорологической информации и существенно приблизить качество мониторинга к потенциально возможному.

Список литературы:

1. Golden J.H. The prospects and promise of NEXRAD: 1990's and beyond. // COST 73. 1989. P. 17–36.
2. Технический проект „Общесистемные решения по сбору, анализу, контролю и предоставлению радиолокационной информации от ДМРЛ-С”. Режим доступа: <http://www.aviamettelecom.ru/docs/lib2/TP-DMRL-2014.pdf>.
3. European Commission, EUR 18567, „COST 75 – Advanced weather radar systems – International seminar” ; ed. C.G. Collier. Luxemburg : Office for official publications of the European Communities. 1999. 858 p.
4. Базлова Т.А., Бочарников Н.В., Брылев Г.Б. [и др.] Метеорологические автоматизированные радиолокационные сети ; под ред. Г.Б. Брылева. С.-Петербург : Гидрометиздат, 2002. 332 с.
5. Perelygin B.V. Reasonable deployment of radar field for environmental monitoring system // Telecommunications and radio engineering. 2016. Vol. 75. № 9. P. 823–833. Doi: 10.1615/TelecomRadEng.v75.i9.70.
6. Перельгин Б.В., Лужбин А.М. Построение сплошного радиолокационного поля системы гидрометеорологического мониторинга на основе геометрического подхода // Радиотехника. 2017. № 191. С. 173–180.
7. Perelygin B.V. Implementation of systematic approach in the creation of radar systems of meteorological monitoring // Telecommunications and radio engineering. 2018. Vol. 77. № 3. P. 199–209. Doi: 10.1615/TelecomRadEng.v77.i3.20
8. Мищенко Ю.А. Зоны обнаружения. Москва : Воениздат, 1963. 96 с.
9. Абшаев М.Т., Абшаев А.М. Возможности и ограничения радиолокационных метеорологических измерений // Проблемы военно-прикладной геофизики и контроля природной среды. Труды II Всерос. конф. Т. I. С.-Петербург, 24–26 апреля 2012 г. С.-Петербург : ВКА им. А.Ф. Можайского, 2012. С. 276–288.
10. Перельгин Б.В. Обеспечение устойчивости радиолокационного поля при построении системы гидрометеорологического мониторинга // Радиотехника. 2018. № 192. С. 21–27.
11. Временные методические указания по использованию информации доплеровского метеорологического радиолокатора ДМРЛ-С в синоптической практике. 2-я ред. Режим доступа: <http://www.meteorad.ru/static/VMU-DMRL-180503.pdf>
12. Перельгин Б.В. Рациональное распределение энергии зондирующего излучения в пространстве наблюдения системы гидрометеорологического мониторинга // Радиотехника. 2018. № 194. С. 12–18.

РАДИОЭЛЕКТРОННЫЕ СИСТЕМЫ
РАДИОЕЛЕКТРОННІ СИСТЕМИ
RADIO ELECTRONIC SYSTEMS

УДК 621.396.96: 551.501

Аппаратурно-методическое обеспечение научно-прикладной радиометрии атмосферы / В.К. Волосюк, С.С. Жила, А.Д. Собколов, В.В. Павликов, Н.В. Руженцев, Д.С. Сальников, А.А. Мерзликун, А.И. Цона // Радиотехника : Всеукр. межвед. науч.-техн. сб. 2019. Вып. 196. С. 5 – 21.

Описан разработанный радиометрический комплекс для исследования атмосферы на частотах 12, 40 и 94 ГГц и обоснован выбор его рабочих частот для дистанционного зондирования и вспомогательных телекоммуникационных приложений. Оценены точностные характеристики для различных методов калибровки и процедур радиометрических измерений, для определения радиояркостной температуры атмосферы и полного вертикального ослабления в ней. Представлены результаты экспериментального тестирования разработанного аппаратно-методического обеспечения для задач научно-прикладной радиометрии атмосферы.

Ключевые слова: радиометрия, спутниковая связь, миллиметровый диапазон, атмосфера, микроклимат, радиоволны.

Табл. 4. Ил. 15. Библиогр.: 24 назв.

УДК 621.396.96: 551.501

Аппаратурно-методичне забезпечення науково-прикладної радіометрії атмосфери / В.К. Волосюк, С.С. Жила, А.Д. Собколов, В.В. Павліков, М.В. Руженцев, Д.С. Сальников, А.О. Мерзликун, О.І. Цона // Радіотехніка : Всеукр. міжвід. наук.-техн. зб. 2019. Вип. 196. С. 5 – 21.

Описано розроблений радіометричний комплекс для дослідження атмосфери на частотах 12, 40 і 94 ГГц та обґрунтовано вибір його робочих частот для дистанційного зондування та допоміжних телекомунікаційних додатків. Оцінено точні характеристики для різних методів калібровки та процедур радіометричних вимірів, для визначення радіоактивної температури атмосфери та повного вертикального ослаблення в ній. Представлено результати експериментального тестування розробленого обладнання та методичного забезпечення задач науково-прикладної радіометрії атмосфери.

Ключові слова: радіометрія, супутниковий зв'язок, міліметровий діапазон, атмосфера, мікроклімат, радіохвилі.

Табл. 4. Іл. 15. Бібліогр.: 24 назв.

UDC 621.396.96: 551.501

Hardware and methodological support for scientific and applied radiometry of the atmosphere / В.К. Volosyuk, S.S. Zhyla, A.D. Sobkolov, V.V. Pavlikov, N.V. Ruzhentsev, D.S. Salnikov, A.A. Merzlykun, O.I. Tsopa // Radiotekhnika : All-Ukr. Sci. Interdep. Mag. 2019. №196. P. 5 – 21.

The developed radiometric complex for studying the atmosphere at frequencies of 12, 40 and 94 GHz is described and the choice of its operating frequencies for remote sensing and auxiliary telecommunication applications is justified. Estimation of the accuracy characteristics is carried out for various calibration methods and procedures for radiometric measurements, for determining the radio brightness temperature of the atmosphere and for complete vertical attenuation in it. The results of experimental testing of the hardware-methodological support developed for the tasks of scientific and applied atmospheric radiometry are presented.

Key words: radiometry, satellite communications, millimeter range, atmosphere, microclimate, radio waves.

4 tab. 15 fig. Ref.: 24 items.

УДК 629.7.022

Алгоритмы пеленгации беспилотных летательных аппаратов по их акустическому излучению / В.М. Карташов, И.В. Корытцев, В.Н. Олейников, О.В. Зубков, С.И. Бабкин, С.А. Шейко, Н.А. Левский, И.С. Селезнев // Радиотехника : Всеукр. межвед. науч.-техн. сб. 2019. Вып. 196. С. 22 – 31.

Выполнен обзор и анализ алгоритмов пеленгации беспилотных летательных аппаратов по их акустическому излучению. Показано, что при использовании классических методов пеленгации в силу их особенностей и относительно малых размеров апертуры антенной системы затруднительным оказывается разрешение близко расположенных источников акустического излучения. Задачи разрешения и пеленгации объектов решаются с необходимой точностью сверхразрешающими методами. Выбор Метод пеленгования БПЛА при разработке локационной акустической системы должен выбираться с учетом априорной информации об исследуемых объектах, имеющейся сигнально-помеховой обстановке, а также с учетом конфигурации антенной решетки, ее геометрических параметров, количества антенных элементов.

Ключевые слова: беспилотный летательный аппарат, алгоритмы пеленгации, акустическое излучение, антенная решетка.

Ил. 2. Библиогр.: 19 назв.

УДК 629.7.022

Алгоритми пеленгації безпілотних літальних апаратів за їх акустичним випромінюванням / В.М. Карташов, І.В. Коритцев, В.М. Олейніков, О.В. Зубков, С.І. Бабкін, С.О. Шейко, М.О. Левський, І.С. Селезньов // Радіотехніка : Всеукр. міжвід. наук.-техн. зб. 2019. Вип. 196. С. 22 – 31.

Виконано огляд та аналіз алгоритмів пеленгації безпілотних літальних апаратів за їх акустичним випромінюванням. Показано, що при використанні класичних методів пеленгації в силу їх особливостей і відносно малих розмірів апертури антенної системи важко розрізнити близько розташовані джерела акустичного випромінювання. Надрозрізнявальні методи забезпечують вирішення завдання розрізнення і пеленгації з необхідною точністю. Метод пеленгування БПЛА при розробці локаційної акустичної системи повинен вибиратись з урахуванням наявності апріорної інформації про досліджувані об'єкти, наявної сигнально-завадової обстановки, а також з урахуванням конфігурації антенної решітки, її геометричних параметрів, кількості антенних елементів.

Ключові слова: безпілотний літальний апарат, алгоритми пеленгації, акустичне випромінювання, антенна решітка.

Л. 2. Бібліогр.: 19 назв.

UDC 629.7.022

Algorithms for direction finding of unmanned aerial vehicles by their acoustic emission / V.M. Kartashov, I.V. Koryttsev, V.N. Oleynikov, O.V. Zubkov, S.I. Babkin, S.A. Sheyko, N.A. Levskiy, I.S. Seleznev // Radiotekhnika : All-Ukr. Sci. Interdep. Mag. 2019. №196. P. 22 – 31.

The article presents a review and analysis of algorithms for direction finding of unmanned aerial vehicles by their acoustic emission. It is shown that it is difficult to resolve closely located sources of acoustic emission, when using classical methods of direction finding due to their features and relatively small dimensions of the aperture of the antenna system. The use of super resolution methods provides a solution to the problem of resolution and direction finding of objects with the required accuracy. The choice of the UAVs direction finding method in the development of the radar acoustic system must be made taking into account availability of a priori information about the studied objects, available signal-to-noise environment, as well as configuration of the antenna array, its geometric parameters, number of antenna elements.

Key words: unmanned aerial vehicles (UAV), direction finding algorithms, acoustic emission, antenna array.
2 fig. Ref.: 19 items.

УДК 004.89: 621.396

Семантическая технология в обзорных РЛС при обнаружении и распознавании летательных аппаратов / С.В. Солонская, В.В. Жирнов // Радіотехніка : Всеукр. міжвід. наук.-техн. зб. 2019. Вип. 196. С. 32 – 37.

Рассматривается семантическая технология в обзорных РЛС при обнаружении и распознавании малозаметного и малоподвижного воздушного объекта. Эта технология основывается на методах искусственного интеллекта, в основе которого лежит семантический анализ радиолокационной информации путем формирования пространственно-временных изображений с использованием алгебры конечных предикатов. Такой подход позволяет реализовать технологию обнаружения малозаметных объектов в реальном времени при сжатии радиолокационной информации с сохранением ее полноты и быстродействия семантического анализа. В результате вероятность обнаружения малозаметных объектов увеличивается с 0,2 до 0,8, что равноценно увеличению зоны видимости РЛС в два раза.

Ключевые слова: летательный аппарат, семантическая технология, малозаметный и малоподвижный воздушный объект, обнаружение, распознавание, радиолокационные отметки, интеллектуальная система.

Табл. 1. Ил.4. Библиогр.: 12 назв.

УДК 004.89: 621.396

Семантична технологія в оглядових РЛС при виявленні і розпізнаванні літальних апаратів / С.В. Солонська, В.В. Жирнов // Радіотехніка : Всеукр. міжвід. наук.-техн. зб. 2019. Вип. 196. С. 32 – 37.

Розглядається семантична технологія в оглядових РЛС при виявленні і розпізнаванні малопомітного і малорухливого повітряного об'єкту. Ця технологія ґрунтується на методах штучного інтелекту, в основі якого лежить семантичний аналіз інформації радіолокації шляхом формування просторово-часових зображень з використанням алгебри кінцевих предикатів. Такий підхід дозволяє реалізувати технологію виявлення малопомітних об'єктів в реальному часі при стискуванні інформації радіолокації із збереженням її повноти і швидкодії семантичного аналізу. В результаті вірогідність виявлення малопомітних об'єктів збільшується з 0,2 до 0,8, що рівноцінно збільшенню зони видимості РЛС в два рази.

Ключові слова: літальний апарат, семантична технологія, малопомітний і малорухливий повітряний об'єкт, виявлення, розпізнавання, відмітки радіолокацій, інтелектуальна система.

Табл. 1. Л. 4. Бібліогр.: 12 назв.

UDC 004.89: 621.396

Semantic technology in a survey radar at aircrafts detection and recognition / S. Solonskaya, V. Zhyrnov // Radiotekhnika : All-Ukr. Sci. Interdep. Mag. 2019. №196. P. 32 – 37.

The semantic technology in the surveillance radars is considered when detecting and recognizing a hardly noticeable and slow-moving air object. This technology is based on the methods of artificial intelligence, which is based on the semantic analysis of radar information by forming space-time images using the algebra of finite predicates. Such an approach makes it possible to implement the technology of detecting hardly visible objects in real time when compressing radar information while preserving its completeness and speed of semantic analysis. As a result, the probability of detecting hardly noticeable objects increases from 0.2 to 0.8, which is equivalent to a twofold increase in the radar visibility range.

Key words: aircraft, semantic technology, hardly noticeable and slow moving air object, detection, recognition, radio-location marks, intelligent system.

1 tab. 4 fig. Ref.: 12 items.

УДК 621.396.96:504.064.3

Способ создания радиолокационной сети для гидрометеорологического мониторинга атмосферы /

Б.В. Перельгин // Радиотехника : Всеукр. межвед. науч.-техн. сб. 2019. Вып. 196. С. 38 – 45.

Предлагается при создании радиолокационной сети для гидрометеорологического мониторинга атмосферы размещать радиолокаторы с дальностью действия до 100 километров таким способом, при котором их совокупность образует на местности геометрическую фигуру в виде шестиугольной сетки, при этом расстояние между соседними радиолокаторами должно быть равным дальности действия радиолокаторов. За счет подобного построения сети возможности радиолокационного метода мониторинга атмосферы приближаются к потенциально возможным и тем самым повышается качество мониторинга.

Ключевые слова: гидрометеорологический мониторинг атмосферы, радиолокационная сеть, способ создания.

Ил. 12. Библиогр.: 12 назв.

УДК 621.396.96:504.064.3

Спосіб створення радіолокаційної мережі для гідрометеорологічного моніторингу атмосфери /

Б.В. Перелігін // Радиотехніка : Всеукр. міжвід. наук.-техн. зб. 2019. Вип. 196. С. 38 – 45.

Пропонується при створенні радіолокаційної мережі для гідрометеорологічного моніторингу атмосфери розміщувати радіолокатори з дальністю дії до 100 кілометрів таким чином, при якому їхня сукупність створює на місцевості геометричну фігуру у вигляді шестикутної сітки, при цьому відстань між сусідніми радіолокаторами повинна дорівнювати дальності дії радіолокаторів. За рахунок подібної побудови мережі можливості радіолокаційного метода моніторингу атмосфери наближуються до потенційно можливих і тому підвищується якість моніторингу.

Ключові слова: гідрометеорологічний моніторинг атмосфери, радіолокаційна мережа, спосіб створення.

Ил. 12. Бібліогр.: 12 назв.

UDC 621.396.96:504.064.3

Method of creating a radar network for hydrometeorological monitoring of the atmosphere / B.V. Pereygin

// Radiotekhnika : All-Ukr. Sci. Interdep. Mag. 2019. №196. P. 38 – 45.

It is proposed to place radars with a range of up to 100 kilometers in such a way that their totality forms a hexagonal grid on the ground, while the distance between adjacent radars should be equal to the range of radars, when creating a radar network for hydrometeorological monitoring of the atmosphere. Due to such a network construction, the capabilities of the radar method of monitoring the atmosphere are approaching the potentially possible and thus the quality of monitoring is improved.

Key words: hydrometeorological monitoring of the atmosphere, radar network, method of creating.

12 fig. Ref.: 12 items.

УДК 621.3.006.357

Модель електромагнитних взаємодій в сети LTE / Ю.Ю. Коляденко, Н.А. Чурсанов,

О.С. Бондаренко // Радиотехника : Всеукр. межвед. науч.-техн. сб. 2019. Вып. 196. С. 46 – 50.

Разработана математическая модель электромагнитных взаимодействий в группировках РЭС сети LTE. Данная модель состоит из модели размещения и перемещения радиоэлектронных средств (абонентских терминалов) сети. В качестве модели размещения и перемещения АТ предложено использовать формирующий фильтр для изменения координат АТ. Модель электромагнитных взаимодействий также состоит из модели распространения сигналов в линиях связи, которая учитывает мощность передатчика, коэффициенты усиления передающей и приемной антенн, ослабление в свободном пространстве при изменяющемся расстоянии, коэффициенты полезного действия приемного и передающего фидеров, дополнительное затухание, вызванное влиянием стен, перекрытий этажей, случайную компоненту дополнительного затухания (быстрые и медленные замирания).

Ключевые слова: Электромагнитная совместимость, радиоэлектронные средства, сети мобильной связи.

Ил. 1. Библиогр.: 11 назв.

УДК 621.3.006.357

Модель електромагнітних взаємодій в мережі LTE / Ю.Ю. Коляденко, М.О. Чурсанов, О.С. Бондаренко // Радіотехніка : Всеукр. міжвід. наук.-техн. зб. 2019. Вип. 196. С. 46 – 50.

Розроблено математичну модель електромагнітних взаємодій в угрупованнях РЕЗ мережі LTE. Дана модель складається з моделі розміщення і переміщення радіоелектронних засобів (абонентських терміналів) мережі. В якості моделі розміщення і переміщення АТ запропоновано використовувати формуючий фільтр для зміни координат АТ. Модель електромагнітних взаємодій так само складається з моделі поширення сигналів в лініях зв'язку, яка враховує потужність передавача, коефіцієнти посилення передавальної і приймальної антен, ослаблення у вільному просторі при відстані, яка змінюється, коефіцієнти корисної дії приймального і передавального фідерів, додаткове загасання, викликане впливом стін, перекриттів поверхів, випадкову компоненту додаткового загасання (швидкі і повільні завмирання)

Ключові слова: Електромагнітна сумісність, радіоелектронні засоби, мережі мобільного зв'язку.

Л. 1. Бібліогр.: 11 назв.

UDC 621.3.006.357

Model of electromagnetic interactions in LTE network / Yu.Yu. Kolyadenko, N.A. Chursanov, O.S. Bondarenko // Radiotekhnika : All-Ukr. Sci. Interdep. Mag. 2019. №196. P. 46 – 50.

A mathematical model of electromagnetic interactions in the groups of radio electronic networks of the LTE network has been developed. This model consists of a model of placement and movement of radio electronic means (subscriber terminals) of the network. The use of a shaping filter for changing the ATs coordinates has been proposed as a model for the AT locating and moving. The model of electromagnetic interactions also consists of a model of signals propagation in communication lines, which takes into account the transmitter power, transmitting and receiving antennas gain, attenuation in free space with varying distances, efficiency of the receiving and transmitting feeders, additional attenuation caused by the influence of walls, floors overlaps, random component of additional attenuation (fast and slow fading).

Key words: Electromagnetic compatibility, radio electronic means, mobile communication networks.

1 fig. Ref.: 11 items.

УДК 621.373.826:53.088.23

Топологическая идентификация оптических систем / Ю.С. Курской // Радиотехника : Всеукр. межвед. науч.-техн. сб. 2019. Вып. 196. С. 51 – 54.

Цель работы – создание топологической модели поиска и идентификации скрытых оптических систем наблюдения. Модель основана на фрактальных представлениях о структуре оптического сигнала и определении фрактальной размерности распределения интенсивности в плоскости сечения отраженного от цели лазерного импульса. Показано, что приближение значения фрактальной размерности к единице является предпосылкой к классификации цели как оптического прибора наблюдения. Для классификации типа оптического прибора, наряду с фрактальной размерностью, должен быть разработан ансамбль фрактальных признаков: вид фрактальных сигнатур, вид пространственного спектра и значения пространственных частот, характеризующих структуру сигнала.

Ключевые слова: топология, оптический сигнал, фрактальная размерность.

Библиогр.: 8 назв.

УДК 621.373.826:53.088.23

Топологічна ідентифікація оптичних систем / Ю.С. Курський // Радіотехніка : Всеукр. міжвід. наук.-техн. зб. 2019. Вип. 196. С. 51 – 54.

Мета роботи – створення топологічної моделі пошуку та ідентифікації прихованих оптичних систем спостереження. Модель заснована на фрактальних уявленнях про структуру оптичного сигналу і визначенні фрактальної розмірності розподілу інтенсивності в площині перетину відбитого від цілі лазерного імпульсу. Показано, що наближення значення фрактальної розмірності до одиниці є передумовою до ідентифікації цілі як оптичного приладу спостереження. Для класифікації типу оптичного приладу, поряд з фрактальною розмірністю, має бути розроблений ансамбль фрактальних ознак: вид фрактальних сигнатур, вид просторового спектра і значення просторових частот, що характеризують структуру сигналу.

Ключові слова: топологія, оптичний сигнал, фрактальна розмірність.

Бібліогр.: 8 назв.

UDC 621.373.826:53.088.23

Topological identification of optical systems / Yu.S. Kurskoy // Radiotekhnika : All-Ukr. Sci. Interdep. Mag. 2019. №196. P. 51 – 54.

The purpose of this work is to create a topological model for the search and identification of hidden optical surveillance systems. The model is based on fractal ideas about the structure of the optical signal and the determination of the fractal dimension of the intensity distribution in the section plane of a laser pulse reflected from the target. It is shown that the approximation of the value of the fractal dimension to unity is a prerequisite for the classification of a target as an optical observation device. To classify the type of optical device, along with the fractal dimension, an ensemble of fractal features should be developed: the type of fractal signatures, the type of spatial spectrum and the values of spatial frequencies characterizing the signal structure.

Key words: topology, optical signal, fractal dimension.

Ref.: 8 items.

УДК 621.375

Теоретический анализ подавления помех в радиометрическом приемнике / Т.Д. Гуцол, Н.Г. Косулина, В.В. Семенец, Т.В. Носова // Радиотехника : Всеукр. межвед. науч.-техн. сб. 2019. Вып. 196. С. 55 – 61.

Теоретически обоснован адаптивный алгоритм подавления внеполосных помех. В основу обоснования положен метод выделения сигнала на фоне аддитивных шумов. Сущность метода состоит в пропуске смеси сигнала и шума через фильтр, в котором шум подавляется, а сигнал практически не изменяется. Для определения эффективности схема аддитивного компенсатора внеполосных помех и вычисления отношения сигнал/шум на его выходе использован метод минимума среднего квадрата ошибки.

Ключевые слова: внеполосная помеха; фильтр подавления помех; сигнал/шум на выходе фильтра; среднеквадратичная ошибка.

Ил. 3. Библиогр.: 26 назв.

УДК 621.375

Теоретичний аналіз придушення перешкод в радіометричному приймачі / Т.Д. Гуцол, Н.Г. Косулина, В.В. Семенец, Т.В. Носова // Радіотехніка : Всеукр. міжвід. наук.-техн. зб. 2019. Вип. 196. С. 55 – 61.

Теоретично обґрунтовано адаптивний алгоритм придушення позасмугових перешкод. В основу обґрунтування покладений метод виділення сигналу на тлі адитивних шумів. Суть методу полягає в пропусці суміші сигналу і шуму через фільтр, в якому шум пригнічується, а сигнал практично не змінюється. Для визначення ефективності схеми адитивного компенсатора позасмугових перешкод і обчислення відносини сигнал/шум на його виході використаний метод мінімуму середнього квадрата помилки.

Ключові слова: позасмугова перешкода; фільтр для пригнічення перешкод; сигнал/шум на виході фільтра; середньоквадратична помилка.

Іл. 3. Бібліогр.: 26 назв.

UDC 621.375

Theoretical analysis of interference suppression in a radiometric receiver / T.D. Gutsol, N.G. Kosulina, V.V. Semenets, T.V. Nosova // Radiotekhnika : All-Ukr. Sci. Interdep. Mag. 2019. №196. P. 55 – 61.

The subject of this article is theoretical substantiation of the adaptive algorithm of out-of-band interference suppression. The substantiation is based on the method of signal isolation from the background of additive interference. The essence of the method is to pass a mixture of signal and interference through a filter in which interference is suppressed while the signal practically does not change. The method of minimum mean square error was used to estimate the efficiency of the scheme of the additive compensator for out-of-band interference and to calculate the output signal-to-interference ratio.

Key words: out-of-band interference; interference suppression filter; signal / noise at the output of the filter; mean square error.

3 fig. Ref.: 26 items.

УДК: 537.226.3

Оперативный контроль параметров жидких горючесмазочных материалов / Б.В. Жуков, С.И. Борбулев // Радиотехника : Всеукр. межвед. науч.-техн. сб. 2019. Вып. 196. С. 62 – 68.

Представлены результаты исследований комплексной диэлектрической проницаемости для нескольких типов жидких ГСМ с помощью резонаторного метода.

Ключевые слова: Комплексная диэлектрическая проницаемость, резонаторный метод, жидкие горючесмазочные материалы.

Ил. 7. Библиогр.: 5 назв.

УДК: 537.226.3

Оперативний контроль параметрів рідких паливно мастильних матеріалів / Б.В. Жуков, С.І. Борбулев // Радіотехніка : Всеукр. міжвід. наук.-техн. зб. 2019. Вип. 196. С. 62 – 68.

Представлено результати досліджень комплексної діелектричної проникності для декількох типів рідких паливно мастильних матеріалів за допомогою резонаторного методу.

Ключові слова: Комплексна діелектрична проникність, резонаторний метод, рідкі паливно-мастильні матеріали.

Іл. 7. Бібліогр.: 5 назв.

UDC: 537.226.3

Operating control parameters of liquid fuels and lubricants / B.V. Zhukov, S.I. Borbulov // Radiotekhnika : All-Ukr. Sci. Interdep. Mag. 2019. №196. P. 62 – 68.

The results of studies of the complex dielectric permeability for several types of liquid fuels and lubricants using the resonator method are presented.

Key words: Complex dielectric constant, resonator method, liquid fuels and lubricants.

7 fig. Ref.: 5 items.

ОБРАБОТКА СИГНАЛОВ В РЭС ОБРОБКА СИГНАЛІВ В РЕС SIGNAL PROCESSING IN RES

УДК 621.396:004.67:550.388

Модификация цифрового представления радиолокационных сигналов / *Е.В. Рогожкин, Ю.И. Подъячий, Л.Я. Емельянов* // Радиотехника : Всеукр. межвед. науч.-техн. сб. 2019. Вып. 196. С. 69 – 76.

Приведены результаты модификации цифрового представления радиолокационных сигналов с целью существенно уменьшить частоту дискретизации при обработке как отражений от точечных объектов (самолетов, космических аппаратов), так и сигналов некогерентного рассеяния от распределенной цели. Предложен алгоритм обработки таких сигналов. Проведенные расчеты подтверждают высокую чувствительность предложенного варианта к малым значениям доплеровского сдвига при больших длительностях радиолокационного импульса. Разработанное дискретное представление радиолокационных сигналов применимо как для радаров некогерентного рассеяния, так и для традиционных РЛС активного типа.

Ключевые слова: обработка радиолокационных сигналов, корреляционная обработка, сигнал некогерентного рассеяния, автокорреляционная функция.

Табл. 1. Ил. 2. Библиогр.: 8 назв.

УДК 621.396:004.67:550.388

Модифікація цифрового представлення радіолокаційних сигналів / *Є.В. Рогожкін, Ю.І. Под'ячий, Л.Я. Ємельянов* // Радіотехніка : Всеукр. міжвід. наук.-техн. зб. 2019. Вип. 196. С. 69 – 76.

Наведено результати модифікації цифрового представлення радіолокаційних сигналів з метою істотного зменшення частоти дискретизації при обробці як відбиття від точкових об'єктів (літаків, космічних апаратів), так і сигналів некогерентного розсіяння від розподіленої цілі. Запропоновано алгоритм обробки таких сигналів. Проведені розрахунки підтверджують високу чутливість запропонованого варіанту до малих значень доплерівського зсуву при великих тривалістях радіолокаційного імпульсу. Розроблене дискретне представлення радіолокаційних сигналів може бути застосовано як для радарів некогерентного розсіяння, так і для традиційних РЛС активного типу.

Ключові слова: обробка радіолокаційних сигналів, кореляційна обробка, сигнал некогерентного розсіяння, автокореляційна функція.

Табл. 1. Ил. 2. Библиогр.: 8 назв.

UDC 621.396:004.67:550.388

Modification of radar signals digital representation / *E.V. Rogozhkin, Yu.I. Podyachiy, L.Ya. Emelyanov* // Radiotekhnika : All-Ukr. Sci. Interdep. Mag. 2019. №196. P. 69 – 76.

The results of modification of the radar signals digital representation aimed at significant reducing the sampling rate when processing both reflections from point objects (airplanes, spacecraft), and incoherent scatter signals from a distributed target are presented. An algorithm for processing such signals is proposed. The calculations confirm the high sensitivity of the proposed variant up to small values of the Doppler shift for large durations of the radar pulse. The developed discrete representation of radar signals is applicable both for incoherent scatter radars and for traditional radars of the active type.

Key words: radar signal processing, correlation processing, incoherent scatter signal, autocorrelation function.

1 tab. 2 fig. Ref.: 8 items.

УДК 621.372; 616.12-073.7

Модифицированные локально-адаптивные мириадные фильтры / *Н.О. Тулякова, А.Н. Трофимчук, А.Е. Стрижак* // Радиотехника : Всеукр. межвед. науч.-техн. сб. 2019. Вып. 196. С. 77 – 88.

Предложены модифицированные мириадные локально-адаптивные фильтры (ЛАФ) в скользящем окне данных с комплексным использованием показателей локальной активности (ПЛА) разработанных ранее мириадных ЛАФ. Достигнуто улучшение интегральных для всего комплексного одномерного сигнала и локальных показателей эффективности на участках линейного изменения, постоянного уровня и скачка функции сигнала по критерию среднеквадратической ошибки. В данных мириадных ЛАФ на основе сравнения ПЛА переключаются адаптивные мириадные фильтры с зависимой от локальных оценок масштаба адаптацией параметра линейности K и различными значениями размера окна и коэффициента, влияющего на K . В одном из предложенных ЛАФ ПЛА используются также и для приближенной оценки уровня шума и соответствующего выбора набора компонентных фильтров с параметрами, более подходящими оцененному уровню шума. Предложено для лучшего устранения выбросов предварительно применять робастный мириадный фильтр Хемпела. Алгоритмы реализуются в реальном времени.

Ключевые слова: локально-адаптивная мириадная фильтрация, одномерный комплексный сигнал, статистические оценки эффективности.

Табл. 1. Ил. 5. Библиогр.: 37 назв.

УДК 621.372; 616.12-073.7

Модифіковані локально-адаптивні міриадні фільтри / *Н.О. Тулякова, О.М. Трофимчук, О.Є. Стрижак* // Радіотехніка : Всеукр. міжвід. наук.-техн. зб. 2019. Вип. 196. С. 77 – 88.

Запропоновано модифіковані міриадні локально-адаптивні фільтри (ЛАФ) в ковзному вікні даних з комплексним використанням показників локальної активності (ПЛА) розроблених раніше міриадних ЛАФ. Досягнуто покращення інтегральних для всього комплексного одновимірного сигналу та локальних показників ефективності на ділянках лінійного змінення, постійного рівня та стрибка функції сигналу за критерієм середньоквадратичної помилки. В даних міриадних ЛАФ на основі порівняння ПЛА перемикаються адаптивні міриадні фільтри з залежною від локальних оцінок масштабу адаптацією параметру лінійності K та різними значеннями розміру вікна та коефіцієнта, що впливає на K . В одному з запропонованих ЛАФ ПЛА використовуються також задля приблизної оцінки рівня шуму та відповідного вибору набору компонентних фільтрів з параметрами, що більш підходять оціненому рівню шуму. Запропоновано для кращого усунення викидів попередньо застосовувати робастний міриадний фільтр Хемпела. Алгоритми реалізуються в реальному часі.

Ключові слова: локально-адаптивна міриадна фільтрація, одновимірний комплексний сигнал, статистичні оцінки ефективності.

Табл. 1. Іл. 5. Бібліогр.: 37 назв.

UDC 621.372; 616.12-073.7

Modified locally-adaptive myriad filters / N.O. Tulyakova, O.M. Trofymchuk, O.Ye. Stryzhak // Radiotekhnika : All-Ukr. Sci. Interdep. Mag. 2019. №196. P. 77 – 88.

Modified myriad locally-adaptive filters (LAF) in a sliding data window with complex use of local activity indicators (LAIs) of previously designed myriad LAFs are proposed. Improvement of integral indicator for the whole complex one-dimensional signal and local efficiency indicators at segments of linear change, constant level and step edge of signal function was achieved according to criterion of the mean-square error. Based on LAIs comparison, the myriad LAFs switch adaptive myriad filters with adaptation of linearity parameter K depending upon local scale estimates and with different values of window length and coefficient influencing on K . In one of the proposed LAFs, the LAI are also used for approximate estimation of the noise level and for choosing the corresponding set of component filters with parameters more appropriate to the estimated noise level. The preliminary use of the robust Hampel myriad filter is proposed for better spikes removal. The algorithms are implemented in real time.

Key words: locally-adaptive myriad filtering, one-dimensional complex signal, statistical estimates of efficiency.

1 tab. 5 fig. Ref.: 37 items.

УДК 621.372(075)

Анализ стохастического фильтра на основе рядов Вольтера в случае аддитивной смеси гармонического сигнала и Гауссова шума на входе / О.И. Харченко, В.М. Карташов // Радиотехника : Всеукр. межвед. науч.-техн. сб. 2019. Вып. 196. С. 89 – 97.

Работа является продолжением цикла исследований нелинейных систем при различных входных воздействиях. Ранее рассмотрены случаи гармонического входного сигнала, белого гауссова шума.

Рассмотрена стохастическая фильтрация сигнала с манипуляцией с минимальным сдвигом. Решено уравнение стохастического резонанса с помощью рядов Вольтера при подаче на вход фильтра аддитивной суммы гармонического колебания и гауссова шума. В основу решения положены передаточные функции Вольтера.

Ключевые слова: стохастический резонанс, манипуляция с минимальным сдвигом, ряды Вольтера, передаточные функции Вольтера, гауссов шум.

Табл. 2. Ил. 3. Библиогр.: 10 назв.

УДК 621.372(075)

Аналіз стохастичного фільтри на основі рядів Вольтера в випадку адитивною суміші гармонійного сигналу і Гаусова шуму на вході / О.І. Харченко, В.М. Карташов // Радіотехніка : Всеукр. міжвід. наук.-техн. зб. 2019. Вип. 196. С. 89 – 97.

Робота є продовженням циклу досліджень нелінійних систем при різних входних впливах. Раніше були розглянуті випадки гармонійного входного сигналу, білого гаусова шуму. У дослідженні розглянуто стохастичну фільтрацію сигналу з маніпуляцією з мінімальним зрушенням. Розв'язано рівняння стохастичного резонансу за допомогою рядів Вольтера при подачі на вхід фільтра адитивної суми гармонійного коливання та гаусова шуму. В основу розв'язання покладено передавальні функції Вольтера.

Ключові слова: стохастичний резонанс, маніпуляція з мінімальним зрушенням, ряди Вольтера, передавальні функції Вольтера, гаусів шум.

Табл. 2. Іл. 3. Бібліогр.: 10 назв.

UDC 621.372(075)

Volterra transfer functions in analysis of the stochastic filter driven by harmonic plus gaussian noise input / O.I. Kharchenko, V.M. Kartashov // Radiotekhnika : All-Ukr. Sci. Interdep. Mag. 2019. №196. P. 89 – 97.

The work is a continuation of the cycle of studies of nonlinear systems at various input effects. Previously, cases of harmonic input signal, white Gaussian noise were considered. In present paper a stochastic filtering of the minimum shift keying waveform is considered. The equation of a stochastic resonance is solved by means of Volterra series in case of harmonics plus Gaussian noise input. The solution is based on Volterra transfer functions.

Key words: minimum shift keying, stochastic resonance, Volterra series, Volterra transfer functions, Gaussian noise.

2 tab. 3 fig. Ref.: 10 items.

УДК 621.315.592

Пути повышения информативности анализа биоэлектрических сигналов / Ю.А. Волошин, С.Н. Кулиш, В.П. Олейник // Радиотехника : Всеукр. межвед. науч.-техн. сб. 2019. Вып. 196. С. 98 – 105.

На сегодня достигнут предел диагностических возможностей стандартных методов обработки сигналов для обнаружения скрытых изменений физиологического состояния человека. В связи с этим возникла необходимость в поиске новых подходов к системному анализу биомедицинских сигналов различного физического происхождения. Проведен обзор возможностей применения различных известных методов анализа сложных функциональных зависимостей для обработки биоэлектрических сигналов. Предложен выбор того или иного метода для выявления целевых информационных характеристик с интегрального электрического сигнала биологического происхождения.

Ключевые слова: биосигнал, вейвлет-анализ, фрактал, кардиосигнал, корреляция, преобразование Фурье.

Табл. 1. Ил. 4. Библиогр.: 8 назв.

УДК 621.315.592

Шляхи підвищення інформативності аналізу біоелектричних сигналів / Ю.А. Волошин, С.Н. Кулиш, В.П. Олійник // Радіотехніка : Всеукр. міжвід. наук.-техн. зб. 2019. Вип. 196. С. 98 – 105.

На сьогодні досягнута межа діагностичних можливостей стандартних методів обробки сигналів для виявлення прихованих змін фізіологічного стану людини. У зв'язку з цим виникла необхідність пошуку нових підходів до системного аналізу біомедичних сигналів різного фізичного походження. В дослідженні проведено огляд можливостей застосування різних відомих методів аналізу складних функціональних залежностей для обробки біоелектричних сигналів. Запропоновано вибір того чи іншого методу для виявлення цільових інформаційних характеристик з інтегрального електричного сигналу біологічного походження.

Ключові слова: біосигнал, вейвлет-аналіз, фрактал, кардіосигнал, кореляція, перетворення Фур'є.

Табл. 1. Іл. 4. Бібліогр.: 8 назв.

UDC 621.315.592

Ways to increase informativeness of bioelectric signals analysis/ Yu.A. Voloshin, S.N. Kulish, V.P. Oleinik // Radiotekhnika : All-Ukr. Sci. Interdep. Mag. 2019. №196. P. 98 – 105.

Today, the limit of diagnostic capabilities of standard signal processing methods for detecting hidden changes in the physiological state of a person has been reached. In this regard, there was a need to find new approaches to the systematic analysis of biomedical signals of various physical origin. In this regard, it became necessary to search for new approaches to the system analysis of biomedical signals of various physical origin. A review of the possibilities of using various well-known methods of analyzing complex functional dependencies for processing bioelectric signals has been made. A choice of one method or another to identify the target information characteristics from an integral electrical signal of biological origin is proposed.

Key words: biosignals, wavelet analysis, fractal, cardiosignal, correlation, Fourier transform.

1 tab. 4 fig. Ref.: 8 items.

УДК 621.391

Авторегрессионные фильтры подавления помех в системах акустического зондирования атмосферы / В.М. Карташов, В.А. Тихонов, В.В. Воронин, И.С. Селезнев // Радиотехника: Всеукр. межвед. науч.-техн. сб. 2019. Вып.196. С. 106 – 111.

Построены модели авторегрессии и проанализированы параметрические спектры акустических помех, имеющих место при работе систем акустического зондирования в условиях функционирования аэропорта. Особое внимание уделено синтезу авторегрессионных фильтров предсказания для подавления помех. Получены значения коэффициентов подавления авторегрессионными фильтрами предсказания акустических помех, создаваемых самолетами.

Ключевые слова: авторегрессия, акустическое зондирование атмосферы, подавление помех, оценка частоты, адаптивный фильтр.

Ил. 7. Библиогр.: 7 назв.

УДК 621.391

Авторегресійні фільтри придушення перешкод в системах акустичного зондування атмосфери / В.М. Карташов, В.А. Тихонов, В.В. Воронін, І.С. Селєзньов // Радіотехніка: Всеукр. міжвід. наук.-техн. зб. 2016. Вип. 196. С. 106 – 111.

Побудовано моделі авторегресії і проведено аналіз параметричних спектрів акустичних перешкод, що мають місце при роботі систем акустичного зондування в умовах функціонування аеропорту. Особливу увагу приділено синтезу авторегресійних фільтрів передбачення для придушення перешкод. Отримано значення коефіцієнтів придушення авторегресійними фільтрами передбачення акустичних перешкод, створюваних літаками.

Ключові слова: авторегресія, акустичне зондування атмосфери, придушення перешкод, оцінка частоти, адаптивний фільтр.

Іл. 7. Бібліогр.: 7 назв.

UDC 621.391

Autoregression filters for interference suppression in atmosphere acoustic sounding systems / V.M. Kartashov, V.A. Tykhonov, V.V. Voronin, I.S. Sieleznov // Radiotekhnika: All-Ukr. Sci. Interdep. Mag. 2019. N 196. P. 106 – 111.

The models of autoregression are built and parametric spectra of acoustic noise, which take place during the operation of acoustic sounding systems in conditions of airport operation, are analyzed. Special attention is paid to the synthesis of autoregressive prediction filters for interference suppression. The values of the suppression coefficients are obtained by autoregressive filters for predicting acoustic noise generated by airplanes.

Key words: autoregression, acoustic sounding of the atmosphere, under-pressure interference, frequency estimation, adaptive filter.

7 fig. Ref.: 7 items.

ЭЛЕКТРОДИНАМИКА, АНТЕННЫ, МИКРОВОЛНОВЫЕ УСТРОЙСТВА ЕЛЕКТРОДИНАМІКА, АНТЕНИ, МІКРОХВИЛЬОВІ ПРИСТРОЇ ELECTRODYNAMICS, ANTENNAS, MICROWAVE DEVICES

УДК 537.874.6

Операторный метод в задаче дифракции волн на полубесконечной графеновой решетке / М.Е. Калиберда, Л.Н. Литвиненко, С.А. Погарский // Радиотехника : Всеукр. межвед. науч.-техн. сб. 2019. Вып. 196. С. 112 – 116.

Рассматривается дифракция плоской H -поляризованной электромагнитной волны на плоской полубесконечной решетке, состоящей из графеновых лент, в терагерцовом диапазоне. Представлено нелинейное операторное уравнение относительно оператора отражения структуры. Оператор отражения одиночной графеновой ленты найден методом сингулярных интегральных уравнений. Приведены зависимости полного поперечного сечения рассеяния от частоты, распределение поля на частоте близкой к частоте плазмонного резонанса.

Ключевые слова: графен, полубесконечная решетка, операторное уравнение.

Ил. 4. Библиогр.: 22 назв.

Операторний метод в задачі дифракції хвиль на напівнескінченній графеновій решітці / М.Є. Каліберда, Л.М. Литвиненко, С.О. Погарський // Радіотехніка : Всеукр. міжвід. наук.-техн. зб. 2019. Вип. 196. С. 112 – 116.

Розглянуто задачу дифракції плоскої H -поляризованої електромагнітної хвилі на плоскій напівнескінченній решітці з графенових стрічок в терагерцовому діапазоні. Представлено нелінійне операторне рівняння відносно оператора відбиття структури. Оператор відбиття поодинокі графенової стрічки знайдено методом сингулярних інтегральних рівнянь. Наведено залежності повного перетину розсіяння від частоти, розподіл поля на частоті близькій до частоти плазмонного резонансу.

Ключові слова: графен, напівнескінченна решітка, операторне рівняння.

Іл. 4. Бібліогр.: 22 назв.

Operator method in diffraction by semi-infinite graphene grating / M.E. Kaliberda, L.M. Lytvynenko, S.A. Pogarsky // Radiotekhnika : All-Ukr. Sci. Interdep. Mag. 2019. №196. P. 112 – 116.

Diffraction of the H -polarized plane electromagnetic wave in the THz range by the semi-infinite graphene strip grating is considered. The non-linear operator equation relatively unknown reflection operator of the structure is presented. The reflection operator of a single graphene strip is obtained with the use of the method of singular integral equations. The dependencies of the total scattering cross section as well as field patterns at the plasmon resonance frequency are represented.

Key words: graphene, semi-infinite grating, operator equation.

4 fig. Ref.: 22 items.

УДК 537.86.42

Анализ ступенчатой неоднородности в микрополосковой линии передачи методом поперечного резонанса: способ алгебраизации краевых задач / Ю.В. Рассохина, В.Г. Крыжановский // Радиотехника : Всеукр. межвед. науч.-техн. сб. 2019. Вып. 196. С. 117 – 129.

Построены двумерные собственные функции магнитного и электрического векторного потенциалов в виде разложения их в ряды по ортогональным полиномам Чебышева 1-го и 2-го рода для описания плотности тока в полосковой линии передачи со ступенчатой неоднородностью конечной длины в ней. Построены и исследованы на сходимость алгоритмы решения краевых задач на резонансные частоты симметричного микрополоскового резонатора с емкостным отрезком в нем. Учет особенностей поведения поля на тонком ребре в нерегулярной полосковой линии обеспечивает быструю сходимость алгоритма и небольшие порядки решаемых систем линейных алгебраических уравнений. В качестве примеров применения, методом поперечного резонанса рассчитаны характеристики рассеяния на двухплоскостных симметричных неоднородностях, состоящих из емкостного отрезка микрополосковой линии и щелевых резонаторов сложной формы в ее заземляющих плоскости.

Ключевые слова: микрополосковая линия, ступенчатая неоднородность, ортогональные полиномы, метод поперечного резонанса, характеристики рассеяния

Ил. 9. Библиогр.: 14 назв.

УДК 537.86.42

Аналіз східчастої неоднорідності у мікросмужковій лінії передачі методом поперечного резонансу: спосіб алгебраїзації крайових задач / Ю.В. Рассохіна, В.Г. Крижановський // Радіотехніка : Всеукр. міжвід. наук.-техн. зб. 2019. Вип. 196. С. 117 – 129.

Побудовано двовимірні власні функції магнітного і електричного векторного потенціалів у вигляді розкладання їх в ряди за ортогональними поліномами Чебишова 1-го та 2-го роду для опису щільності струму у смужковій лінії передачі із ступінчастою неоднорідністю кінцевої довжини у ній. Побудовано та досліджено на збіжність алгоритми розв'язання крайових задач на резонансні частоти мікросмужкового резонатору із ємнісним відрізком у ньому. Врахування особливостей поведінки поля на тонкому ребрі у нерегулярній смужковій лінії забезпечує швидку збіжність алгоритму та невеликі порядки систем лінійних алгебраїчних рівнянь, що розв'язуються. Як приклад застосування, методом поперечного резонансу розраховано характеристики розсіювання на двоплосинних симетричних неоднорідностях, що складаються з ємнісного відрізка мікросмужкової лінії та щілинних резонаторів складної форми в її заземлюючій площині.

Ключові слова: мікросмужкова лінія, ступінчаста неоднорідність, ортогональні поліноми, метод поперечного резонансу, характеристики розсіювання

Л. 9. Бібліогр.: 14 назв.

UDC 537.86.42

The microstrip step discontinuity analysis by transverse resonance technique: method of boundary value problem algebraization / Yu.V. Rassokhina, V.G. Krizhanovski // Radiotekhnika : All-Ukr. Sci. Interdep. Mag. 2019. №196. P. 117 – 129.

The two-dimensional eigenfunctions of the magnetic and electric vector potentials are constructed in the form of their expansion in series of Chebyshev orthogonal polynomials of 1st and 2nd kind to describe the current density in a strip transmission line with a step discontinuity of finite length. The solving boundary value problems algorithms for the resonant frequencies of a symmetric microstrip resonator with a capacitive section in it are developed and investigated on convergence. The account of the field behavior on thin edge in a nonuniform strip line provides the fast convergence of algorithm and small orders of solvable linear algebraic equations system. As examples of application, the transverse resonance method was used to calculate the scattering characteristics on 2-plane symmetric discontinuities consisting of a capacitive section of a microstrip line and slot resonators of complex shape in its ground plane.

Key words: microstrip line, step discontinuity, orthogonal polynomials, transverse resonance method, scattering characteristics

9 fig. Ref.: 14 items.

УДК 537.876

Дифракція електромагнітної волни на каскадному соединении прямоугольных волноводов / М.А. Гнатюк, В.М. Морозов, С.В. Марченко // Радіотехніка : Всеукр. міжвід. наук.-техн. зб. 2019. Вип. 196. С. 130 – 137.

Предложен подход на основе метода частичных пересекающихся областей для решения задачи дифракции электромагнитной волны на каскадном соединении трех прямоугольных волноводов различного поперечного сечения. Получены частотные зависимости коэффициента отражения для различных продольных размеров промежуточного волновода.

Ключевые слова: Интегральные уравнения, функция Грина, прямоугольный волновод, ортогональные функции.

Табл. 1. Ил. 4. Библиогр.: 12 назв.

УДК 537.876

Дифракція електромагнітної хвилі на каскадному з'єднанні прямокутних хвилеводів / М.О. Гнатюк, В.М. Морозов, С.В. Марченко // Радіотехніка : Всеукр. міжвід. наук.-техн. зб. 2019. Вип. 196. С. 130 – 137.

Запропоновано підхід на основі методу часткових пересічних областей для вирішення задачі дифракції електромагнітної хвилі на каскадному з'єднанні трьох прямокутних хвилеводів різного поперечного перерізу. Отримано частотні залежності коефіцієнта відбиття для різних поздовжніх розмірів проміжного хвилеводу.

Ключові слова: Інтегральні рівняння, функція Гріна, прямокутний хвилевод, ортогональні функції.

Табл. 1. Іл. 4. Бібліогр.: 12 назв.

UDC 537.876

Electromagnetic wave diffraction on rectangular waveguides cascaded junction/ M.A. Gnatyuk, V.M. Morozov, S.V. Marchenko // Radiotekhnika : All-Ukr. Sci. Interdep. Mag. 2019. №196. P. 130 – 137.

The approach within the overlapping partial domain method is offered. The electromagnetic wave diffraction problem on cascaded junction of rectangular waveguides is considered. Frequency dependences of the reflection coefficient magnitude are obtained for different values of the intermediate waveguide longitudinal size.

Key words: Integral equation, Green's function, rectangular waveguide, orthogonal eigenfunctions.

1 tab. 4 fig. Ref.: 12 items.

УДК 621.385.833.2:620.3

Технология локального микроволнового нагрева / И.Н. Бондаренко, Г.Н. Бендеберя, А.Б. Галат, Е.А. Горбенко // Радиотехника : Всеукр. межвед. науч.-техн. сб. 2019. Вып. 196. С. 138 – 144.

Проведены экспериментальные исследования возможностей практической реализации технологии локального микроволнового нагрева. Показано соответствие существующих теоретических моделей процесса тому, что происходит на практике. Приведены результаты измерения распределения температуры по образцу при воздействии на него излучающим микроволновым коаксиальным зондом. Определены направления дальнейшего совершенствования режимов работы и основных узлов СВЧ модификатора.

Ключевые слова: локализация, микроволновый нагрев, коаксиальный зонд, ближнеполевой источник излучения, распределение температуры.

Ил. 10. Библиогр.: 30 назв.

УДК 621.385.833.2:620.3

Технологія локального мікрохвильового нагріву / І.М. Бондаренко, Г.М. Бендеберя, О.Б. Галат, Е.О. Горбенко // Радіотехніка : Всеукр. міжвід. наук.-техн. зб. 2019. Вип. 196. С. 138 – 144.

Проведено експериментальні дослідження можливостей практичної реалізації технології локального мікрохвильового нагріву. Показано відповідність існуючих теоретичних моделей процесу тому, що відбувається в практиці. Наведено результати вимірювання розподілу температури за зразком під впливом на нього випромінюючим мікрохвильовим коаксіальним зондом. Визначено напрями подальшого вдосконалення режимів роботи та основних вузлів НВЧ модифікатора.

Ключові слова: локалізація, мікрохвильовий нагрів, коаксіальний зонд, ближньопольові джерела випромінювання, розподіл температури.

Іл. 10. Бібліогр.: 30 назв.

UDC 621.385.833.2:620.3

Technology of local microwave heating / I.N. Bondarenko, G.N. Bendeberya, A.B. Galat, E.A. Gorbenko // Radiotekhnika : All-Ukr. Sci. Interdep. Mag. 2019. №196. P. 138 – 144.

Experimental studies of the possibilities of local microwave heating technology practical implementation were carried out. The correspondence of the existing theoretical models of the process to what is happening in practice is shown. The results of measuring the temperature distribution over the sample when exposed to a radiating microwave coaxial probe are given. The directions for further improvement of the operating modes and the main components of the microwave modifier are determined.

Key words: localization, microwave heating, coaxial probe, near-field radiation source, temperature distribution
10 fig. Ref.: 30 items.

УДК 621.385

К решению уравнения Пуассона для цилиндрической области взаимодействия / А.В. Грицунов, И.Н. Бондаренко, В.П. Карнаушенко, М.И. Пятайкина, А.В. Сова // Радиотехника : Всеукр. межвед. науч.-техн. сб. 2019. Вып. 196. С. 145 – 152.

Описан новый численный метод быстрого решения уравнения Пуассона в односвязных областях взаимодействия вакуумных СВЧ-приборов О-типа. Основная специфика этого метода, так называемого Фурье анализа и декомпозиции по собственным функциям (FAED) использование конечного ряда Фурье для приближения радиальной зависимости электростатического потенциала вместо известного алгоритма циклической редукции Хокни (CR). Это позволяет использовать граничные условия Неймана для электростатического потенциала на оси области взаимодействия вместо условий Дирихле, как в приборах М-типа.

Ключевые слова: электростатический потенциал, анализ Фурье, собственная функция, циклическая редукция.

Табл. 1. Ил. 4. Библиогр.: 10 назв.

УДК 621.385

До розв'язання рівняння Пуассона для циліндричної області взаємодії / О.В. Грицунов, І.М. Бондаренко, В.П. Карнаушенко, М.І. Пятайкина, Г.В. Сова // Радіотехніка : Всеукр. міжвід. наук.-техн. зб. 2019. Вип. 196. С. 145 – 152.

Описано новий числовий метод швидкого розв'язання рівняння Пуассона в однозв'язних областях взаємодії вакуумних НВЧ-приладів О-типу. Основна специфіка цього методу, так званого Фур'є аналізу та декомпозиції по власним функціям (FAED) використання скінченного ряду Фур'є для наближення радіальної залежності електростатичного потенціалу замість відомого алгоритму циклічної редукції Хокні (CR). Це дозволяє використовувати граничні умови Неймана для електростатичного потенціалу на осі області взаємодії замість умов Діріхле, як у приладах М-типу.

Ключові слова: електростатичний потенціал, аналіз Фур'є, власна функція, циклічна редукція.

Табл. 1. Іл. 4. Бібліогр.: 10 назв.

UDC 621.385

On the solving of Poisson's equation for a cylindrical interaction region / A.V. Gritsunov, I.N. Bondarenko, V.P. Karnaushenko, M.I. Pyataikina, A.V. Sova // Radiotekhnika : All-Ukr. Sci. Interdep. Mag. 2019. №196. P. 145 – 152.

A new numerical method for fast solving of Poisson's equation in the simply connected interaction regions of O-type vacuum microwave devices is described. The principal specificity of this method, so-called Fourier analysis and eigenfunction decomposition (FAED), consists in using the finite Fourier series for the approximation of the radial dependence of electrostatic potential instead of the well-known Hockney's cyclic reduction (CR) algorithm. This allows using Neumann boundary condition for the electrostatic potential at the axis of the interaction region instead of Dirichlet one, as in M-type devices.

Key words: electrostatic potential, Fourier analysis, eigenfunction, cyclic reduction.

1 tab. 4 fig. Ref.: 10 items.

УДК 621.396.677.8

Планарная широкополосная щелевая двухкольцевая антенна для мобильной связи пятого поколения / Т.А. Цалиев // Радиотехника : Всеукр. межвед. науч.-техн. сб. 2019. Вып. 196. С. 153 – 158.

Представлена топология планарной широкополосной щелевой двухкольцевой антенны и приводятся частотные зависимости ее электродинамических характеристик, которые сравниваются с аналогичными характеристиками «гантельной» щелевой антенны. Показаны результаты компьютерного моделирования для этих антенн в виде распределений напряженности электрического поля в ближней зоне.

Антенну предлагаемой формы и геометрических размеров можно отнести к классу широкополосных. Рабочая полоса частот, определяемая как по КНД, так и по коэффициенту отражения на входе, может включать в себя одновременно все участки перспективных стандартов мобильной связи пятого поколения.

Широкополосные свойства этой антенны обусловлены наличием в ее конструкции двух широких частично скрещенных планарных колец и узкой относительно короткой щели, которая находится в области их пересечения. Наряду с широкополосностью преимуществами такого антенного элемента являются: повышенное значение КНД по сравнению с дипольными и щелевыми антеннами, а также технологичность изготовления, дающая определенную выгоду при массовом производстве.

Ключевые слова: кольцевые антенны, щелевые антенны, планарные антенны, частотные свойства, широкополосность.

Табл. 2. Ил. 5. Библиогр.: 8 назв.

УДК 621.396.677.8

Планарна ширококосмугова щілинна двокільцева антена для мобільного зв'язку п'ятого покоління / Т.А. Цалиєв // Радіотехніка : Всеукр. міжвід. наук.-техн. зб. 2019. Вип. 196. С. 153 – 158.

Представлено топологію планарної ширококосмугової щілинної двокільцевої антени й наводяться частотні залежності її електродинамічних характеристик, які порівнюються з аналогічними характеристиками «гантальної» щілинної антени. Показано результати комп'ютерного моделювання для цих антен у вигляді розподілів напруженості електричного поля в близькій зоні.

Антену запропонованої форми й геометричних розмірів можна віднести до класу ширококосмугових. Робоча смуга частот, обумовлена як по КСД, так і за коефіцієнтом відбиття на вході, може містити в собі одночасно всі ділянки перспективних стандартів мобільного зв'язку п'ятого покоління.

Широкосмугові властивості цієї антени обумовлені наявністю в її конструкції двох широких частково скрещених планарних кілець і вузької відносно короткої щілини, яка знаходиться в області їх перетинання. Поряд із ширококосмуговістю, перевагами такого антенного елемента, є: підвищене значення КСД у порівнянні з дипольними й щілинними антенами, а також технологічність виготовлення, що дає певну вигоду при масовому виробництві.

Ключові слова: кільцеві антени, щілинні антени, планарні антени, частотні властивості, ширококосмуговість.

Табл. 2. Іл. 5. Бібліогр.: 8 назв.

UDC 621.396.677.8

Planar broadband slotted two-ring antenna for mobile communication of the fifth generation radiation / T.A. Tsaliev // Radiotekhnika : All-Ukr. Sci. Interdep. Mag. 2019. №196. P. 153 – 158.

The topology of the planar broadband slotted two-ring antenna is presented and frequency dependences of its electrodynamic characteristics, which are compared with similar characteristics of the slit antenna of "dumbbell" type, are given. The results of computer simulation for these antennas in the form of distributions of the electric field strength in the near field are also shown.

The antenna of the proposed shape and geometric dimensions can be referred to the broadband class. The working frequency band, determined by both the directivity and the reflection coefficient at the input, can include simultaneously all the areas of promising mobile communication standards of the fifth generation.

Broadband properties of this antenna are due to the presence in its design of two broad partially crossed planar rings and a narrow relatively short slit, which is the area of their intersection. Along with the broadband, the advantages of such an antenna element are: an increased value of the directivity as compared to dipole and slot antennas, as well as manufacturability, which gives a certain benefit in mass production.

Key words: ring antennas, slot antennas, frequency dependences, broadband

2 tab. 5 fig. Ref.: 8 items.

УДК 537.8.029.6;621.37.029.6

Анализ свойств коаксиального СВЧ сенсора. Особенности исследований двухслойных биологических объектов / Чан Лю, И.Н. Бондаренко, А.А. Деревянко, А.Ю. Панченко // Радиотехника : Всеукр. межвед. науч.-техн. сб. 2019. Вып. 196. С. 159 – 166.

Сенсоры, основанные на использовании ближнего поля электродинамических систем, позволяют в широком диапазоне частот определять свойства объектов. Они позволяют получить высокую разрешающую способность. Анализируется разрешающая способность СВЧ сенсора, для которого создана строгая аналитическая модель. Основой анализа является решение задачи описания полей в рабочей области такого сенсора. Представленная математическая модель допускает возможность расширения решения на случай исследования многослойных объектов. Обсуждаются предварительные результаты расчетов компонент электромагнитного поля в рабочей области сенсора, дается оценка ее размерам.

Ключевые слова: апертура, емкость, коаксиальная линия, граничные условия, собственные функции, компоненты электромагнитного поля.

Ил. 4. Библиогр.: 15 назв.

УДК 537.8.029.6;621.37.029.6

Аналіз властивостей коаксіального НВЧ сенсора. Особливості досліджень двошарових біологічних об'єктів / Чан Лю, І.М. Бондаренко, О.А. Деревянко, О.Ю. Панченко // Радіотехніка : Всеукр. міжвід. наук.-техн. зб. 2019. Вип. 196. С. 159 – 166.

Сенсори, які основані на використанні ближнього поля електродинамічних систем, дозволяють в широкому діапазоні частот визначати властивості об'єктів. Вони дозволяють мати високу роздільну здатність. Анализується роздільна здатність НВЧ сенсора, для якого створено строгі аналітичну модель. Основою аналізу є розв'язок задачі опису полів у робочій області такого сенсора. Дана математична модель допускає можливість розширити рішення на випадок дослідження багатошарових об'єктів. Оговорюються попередні результати розрахунків компонент електромагнітного поля у робочій області сенсора, дана оцінка її розмірам.

Ключові слова: апертура, ємність, коаксіальна лінія, граничні умови, власні функції, компоненти електромагнітного поля.

Ил. 4. Бібліогр.: 15 назв.

UDC 537.8.029.6;621.37.029.6

Analysis of the properties of a coaxial microwave sensor. Features of research of two-layer biological objects / Ch. Liu, I.N. Bondarenko, A.A. Derevyanko, A.Yu. Panchenko // Radiotekhnika : All-Ukr. Sci. Interdep. Mag. 2019. №196. P. 159 – 166.

Sensors based on the use of the near field of electrodynamic systems allow us to determine the properties of objects in a wide range of frequencies. They make it possible getting high resolution. The paper analyzes the resolution of the microwave sensor, for which a rigorous analytical model was created. The analysis is based on solving the problem of describing fields in the working area of such a sensor. The presented mathematical model allows the possibility of expanding the solution to the case of the study of multilayer objects. The preliminary results of calculations of the components of the electromagnetic field in the working area of the sensor are discussed, and its dimensions are estimated.

Key words: aperture, capacitance, coaxial line, boundary conditions, eigenfunctions, electromagnetic field components.

4 fig. Ref.: 15 items.

ЭЛЕМЕНТЫ РЭС ЕЛЕМЕНТИ РЕС RES ELEMENTS

УДК 631 371:621

Определение параметров гидродинамического излучателя звуковых колебаний / В.В. Семенец, О.Г. Аврунин, Л.Н. Михайлова, Н.Г. Косулина, А.Д. Черенков // Радиотехника : Всеукр. межвед. науч.-техн. сб. 2019. Вып. 196. С. 167 – 179.

Обработка волокнистых материалов водными растворами должна сохранять природные свойства волокна с целью получения качественного сырья для текстильной промышленности. Данный гидродинамический излучатель представляет собой устройство, состоящее из корпуса прямоугольного сечения с квадратной трубой внутри, трех конических сходящихся насадок, подсоединенных к этой трубе со щелевыми выходными отверстиями.

Для теоретического исследования плоского гидродинамического звукового излучателя рассмотрена модель периодической решетки с периодом d , образованной конечным числом упругих стержней прямоугольного поперечного сечения. Предполагается, что концы стержней решетки жестко закреплены, и каждый стержень решетки может совершать только гармонические упругие изгибающие колебания. Для уточнения конструктивных параметров преобразователя был проведен многофакторный эксперимент. В результате эксперимента установлены следующие значения параметров: частота для промывания волокнистых материалов 1,3 кГц; длина стержней 26 см; ширина стержней 4 мм; количество стержней 19 шт.; толщина стержней 1,5 мм; период решетки

ки 5 мм. Плоский гидродинамический излучатель с уточненными конструктивными параметрами обеспечивает интенсивность звуковых колебаний в пределах $1,2 \text{ Вт/см}^2$ на поверхности шерсти с колебательной скоростью $0,21 \text{ м/с}$. Гидродинамический излучатель должен размещаться над слоем волокнистых материалов на расстоянии $7 \cdot 10^{-3} \text{ м}$.

Ключевые слова: промывка волокнистых материалов, гидродинамический излучатель, звуковые колебания, конструктивные параметры.

Табл. 1. Ил. 4. Библиогр.: 21 назв.

УДК 631 371:621

Визначення параметрів гідродинамічного випромінювача звукових коливань / В.В. Семенець, О.Г. Аврунін, Л.Н. Михайлова, Н.Г. Косуліна, О.Д. Черенков // Радіотехніка : Всеукр. міжвід. наук.-техн. зб. 2019. Вип. 196. С. 167 – 179.

Обработка волокнистых материалов водными розчинами повинна зберігати природні властивості волокон з метою отримання якісної сировини для текстильної промисловості. Даний гідродинамічний випромінювач являє собою пристрій, що складається з корпусу прямокутного перерізу з квадратною трубою всередині, трьох конічних насадок, що сходяться, і приєднаних до цієї труби зі щілинними вихідними отворами.

Для теоретичного дослідження гідродинамічного випромінювача звукових коливань розглянуто модель періодичної решітки, утвореної кінцевим числом пружних стрижнів прямокутного поперечного перерізу. Передбачається, що кінці стрижнів решітки жорстко закріплені, і кожен з них може здійснювати тільки гармонійні пружні згинаючі коливання. Для уточнення конструктивних параметрів перетворювача був проведений багатофакторний експеримент. В результаті були встановлені наступні значення параметрів: частота для промивання волокнистих матеріалів $1,3 \text{ кГц}$; довжина стрижнів 26 см , ширина стрижнів 4 мм ; кількість стрижнів 19 шт. ; товщина стрижнів $1,5 \text{ мм}$; період решітки 5 мм . Гідродинамічний випромінювач з уточненими конструктивними параметрами забезпечує інтенсивність звукових коливань в межах $1,2 \text{ Вт/см}^2$ на поверхні волокнистих матеріалів з коливальною швидкістю $0,21 \text{ м/с}$. Гідродинамічний випромінювач повинен розміщуватися над шаром волокнистих матеріалів на відстані $7 \cdot 10^{-3} \text{ м}$.

Ключові слова: промивка волокнистих матеріалів, гідродинамічний випромінювач, звукові коливання, конструктивні параметри.

Табл. 1. Ил. 4. Библиогр.: 21 назв.

UDC 631 371:621

Determination of parameters of plane hydrodynamic radiator of acoustic vibrations / V. Semenets, O. Avrunin, L. Mikhailova, N. Kosulina, A. Cherenkov // Radiotekhnika : All-Ukr. Sci. Interdep. Mag. 2019. №196. P. 167 – 179.

Processing of fibrous materials with aqueous solutions should preserve the natural properties of the fiber in order to obtain high-quality raw materials for the textile industry. This hydrodynamic radiator is a device consisting of a rectangular body with a square tube inside, three conical converging nozzles connected to this tube with slotted outlets.

For a theoretical study of a flat hydrodynamic sound emitter, a model of a periodic lattice with a period d formed by a finite number of elastic rods of rectangular cross section is considered. It is assumed that the ends of the bars of the lattice are rigidly fixed, and each rod of the lattice can perform only harmonic elastic bending vibrations. To clarify the design parameters of the transducer, a multifactorial experiment was conducted. As a result of the experiment, the following parameters were established: frequency for washing fibrous materials 1.3 kHz ; rod length 26 cm ; rod width 4 mm ; number of rods 19 pcs. ; rod thickness 1.5 mm ; grating period 5 mm . A flat hydrodynamic radiator with refined design parameters provides the intensity of sound vibrations within 1.2 W / cm^2 on the surface of wool with an oscillating speed of 0.21 m / s . A hydrodynamic emitter should be placed above a layer of fibrous materials at a distance of $7 \cdot 10^{-3} \text{ m}$.

Key words: washing of fibrous materials, hydrodynamic emitter, sound vibrations, design parameters.

1 tab. 4 fig. Ref.: 21 items.