

РАДИО- ТЕХНИКА

191/2017



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ УКРАИНЫ
ХАРЬКОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ

РАДИОТЕХНИКА

**Всеукраинский межведомственный
научно-технический сборник**

**ТЕМАТИЧЕСКИЙ ВЫПУСК
«ИНФОРМАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ»**

Основан в 1965 г.

ВЫПУСК 191

Харків
Харківський національний
університет радіоелектроніки
2017

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

Н.И. Слипенченко, д-р физ.-мат наук, проф., ХНУРЕ (главный редактор)
О.Г. Аврунин, д-р техн. наук, проф., ХНУРЕ
В.М. Безрук, д-р техн. наук, проф., ХНУРЕ
И.Д. Горбенко, д-р техн. наук, проф., ХНУ имени В.Н. Каразина
Ю.Е. Гордиенко, д-р физ.-мат. наук, проф., ХНУРЕ
А.Н. Довбня, чл.-кор. НАНУ, д-р физ.-мат. наук, проф., ННЦ ХФТИ
В.А. Дорошенко, д-р физ.-мат. наук, проф., ХНУРЕ
В.М. Карташов, д-р техн. наук, проф., ХНУРЕ
А.А. Коноваленко, академик НАНУ, д-р физ.-мат. наук, РИАН
А.В. Лемешко, д-р техн. наук, проф., ХНУРЕ
Л.Н. Литвиненко, академик НАНУ, д-р физ.-мат. наук, РИАН
А.И. Лучанинов, д-р физ.-мат. наук, проф., ХНУРЕ (зам. главного редактора)
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. Пашенко, канд. физ.-мат. наук, доц., ХНУРЕ (ответственный секретарь)
В.В. Поповский, д-р техн. наук, проф., ХНУРЕ
К.С. Сундучков, д-р техн. наук, проф., НТУ «КПИ»
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
Г.И. Хлопов, д-р техн. наук, ИРЭ НАНУ
А.И. Цопа, д-р техн. наук, проф., ХНУРЕ

Международная редакционная коллегия

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

Ответственные за выпуск: И.Д. Горбенко, д-р техн. наук, проф., А.И. Лучанинов, д-р физ.-мат. наук, проф.

Технический секретарь Е.С. Полякова

Рекомендовано Ученым советом Харьковского национального университета радиоэлектроники, протокол № 60 от 22.12.2017.

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

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

СОДЕРЖАНИЕ

МЕТОДЫ И МЕХАНИЗМЫ КРИПТОГРАФИЧЕСКОЙ ЗАЩИТЫ ИНФОРМАЦИИ

<i>Е.Г. Качко, Ю.И. Горбенко, М.В. Есина, О.С. Акользина</i> Оптимизация алгоритма направленного шифрования NTRU Prime	5
<i>І.Д. Горбенко, О.Г. Качко, М.В. Есіна</i> Аналіз алгоритму направленного шифрування NTRU PRIME ІТ UKRAINE з урахуванням відомих атак	11
<i>Ю.І. Горбенко, К.В. Ісірова</i> Удосконалений механізм одноразових ключів для постквантового періоду на основі геш-функцій	24
<i>Н.Е. Иванов, Р.В. Олейников</i> Оценка пропускной способности платформы Ethereum на основе математической модели смарт-контракта	40
<i>М.Ю. Родінко, Р.В. Олійников</i> Методи пошуку диференційних характеристик циклової функції симетричного блокового шифру «Кипарис»	47
<i>О.О. Кузнецов, Д.В. Иваненко, М.С. Луценко, В.А. Тимченко, О.М. Мелкозерова, М.О. Осадчук, Є.В. Остряньска</i> Порівняльні дослідження алгоритмів потокового криптографічного перетворення	52

СИСТЕМЫ ОБРАБОТКИ И ЗАЩИТЫ ИНФОРМАЦИИ

<i>И.Д. Горбенко, А.А. Замула</i> Аналитическая оценка значений максимальных боковых лепестков функций корреляции сложных нелинейных дискретных сигналов	76
<i>А.В. Бессалов, О.В. Цыганкова</i> Суперсингулярные полные кривые Эдвардса над простым полем	88
<i>В.И. Ёсин</i> Выразительные средства модели данных «объект-событие»	99
<i>В.А. Горбачев, К.Б. Абдулрахман</i> Обзор проблем безопасности и проектирования защищенных электронных систем	113
<i>Д.В. Мьялковский, З.А. Орешко, А.В. Потій</i> Аналіз предметної області ідентифікації та автентифікації	120
<i>В.А. Краснобаев, А.А. Замула, В.Н. Шлокин</i> Методы определения вычетов чисел в комплексной числовой области	128

РАДИОТЕХНИЧЕСКИЕ И ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫЕ СЕТИ И СИСТЕМЫ

<i>В.К. Волосюк, С. С. Жила, В.В. Павликов, А.Д. Абрамов, В.Г. Яковлев</i> Оптимальный алгоритм оценки радиояркости в пространственно-распределенных радиометрических системах	143
<i>И.В. Барышев, К.А. Щербина, Е.П. Мсаллам, М.А. Вонсович, А.В. Одокиенко</i> Анализ по показателям качества работы схем узкополосной фильтрации непрерывного доплеровского сигнала	150
<i>В.Е. Кудряшов, С. М. Тамаш, Д. С. Шмаков</i> Рознесена двохпозиційна радіометрична система картографування об'єктів	158
<i>В.М. Безрук, С.А. Иваненко</i> Исследования методов обнаружения неизвестных сигналов	167
<i>Б.В. Перельгин, А.М. Лужбин</i> Построение сплошного радиолокационного поля системы гидрометеорологического мониторинга на основе геометрического подхода	173
<i>В.М. Карташов, В.Н. Олейников., С.А. Шейко, С.И. Бабкин, И.В. Корытцев, О.В. Зубков, М.А. Анохин</i> Информационные характеристики звукового излучения малых беспилотных летательных аппаратов	181
<i>Хассан Мохамед Мухи-Алдин, Е.Б. Ткачева</i> Адаптивный алгоритм перераспределения сетевых ресурсов в сетях с поддержкой технологии NFV	188
<i>А.В. Осадчук, В.С. Осадчук, Я.А. Осадчук, Е.А. Селецкая</i> Частотный преобразователь концентрации газа на основе транзисторной структуры с негативным сопротивлением	195
<i>В.В. Усик, И.Г. Мякий</i> Особенности проведения акустического моделирования как завершающего этапа акустической экспертизы помещений зрительных залов на примере драматического театра на 500 мест	203
РЕФЕРАТЫ	212

CONTENT

METHODS AND MECHANISMS OF CRYPTOGRAPHIC INFORMATION PROTECTION

<i>O.G. Kachko, Yu. I. Gorbenko, M.V. Esina, O.S. Akolzina</i> Optimization of NTRU Prime asymmetric encryption algorithm	5
<i>I.D. Gorbenko, O.G. Kachko, M.V. Yesina</i> Analysis of the end-to-end encryption algorithm NTRU PRIME IIT UKRAINE taking into account known attacks	11
<i>Yu.I. Gorbenko, K.V. Isirova</i> Improved Post-quantum Hash Based One-Time Key Mechanism	24
<i>M. Ivanov, R. Oliynykov</i> Estimating the capacity of the Ethereum platform based on the mathematical model of the smart contract	40
<i>M.Yu. Rodinko, R.V. Oliynykov</i> Methods for finding differential characteristics of block cipher "Cypress"	47
<i>O.O. Kuznetsov, D.V. Ivanenko, M.S. Lutsenko, V.A. Timchenko, OM Melkozerova, M.O. Osadchuk, Є.V. Ostryanska</i> Comparative studies of flow cryptographic transformation algorithms	52

SYSTEMS OF INFORMATION PROCESSING AND PROTECTION

<i>I.D. Gorbenko, A.A. Zamula</i> Analytical estimation of the values of the maximum side lobes of correlation functions of complex nonlinear discrete signals	76
<i>A.V. Bessalov, O.V. Tsygankova</i> Supersingular complete Edwards curves over a prime field	88
<i>V.I. Yesin</i> Expressive means of the «object-event» data model	99
<i>V.A. Gorbachov, K.B. Abdulrahman</i> Overview of security problems and the design of secure electronic systems	111
<i>D.V. Mylkovsky, Z.A. Oreshko, A.V. Potii</i> Analysis of domain identification and authentication	121
<i>V.A. Krasnobayev, A.A. Zamula, V.N. Shlokin</i> Methods of determining the remnants of numbers in a complex numerical domain	121

RADIO ENGINEERING AND TELECOMMUNICATIONS NETWORKS AND SYSTEMS

<i>V.K. Volosyuk, S.S. Zhyla, V.V. Pavlikov, A.D. Abramov, V.G. Yakovlev</i> Optimal algorithm of radio brightness estimation in the spatial distributed radiometric systems	14
<i>I.V. Baryshev, K.A. Scherbina, E.P. Msallam, M.A. Vonsovitch, A.V. Odokienko</i> The experimental research of filtration quality of doppler signal spectral structure by modulated filter	15
<i>V.E. Kudriashov, S.M. Tamash, D.S. Shmakov</i> Diversified bi-static radiometric system for object mapping	15
<i>V.M. Bezruk, S.A. Ivanenko</i> Research methods for detecting unknown signals	16
<i>B.V. Perelygin, A.M. Luzbin</i> Construction of a continuous radar field of a hydrometeorological monitoring system based on a geometric approach	17
<i>V.M. Kartashov, V.N. Oleynikov, S.A. Sheyko, S.I. Babkin, I.V. Koryttsev, O.V. Zubkov, A.M. Anokhin</i> Information characteristics of sound emission from small unmanned aerial vehicles	18
<i>Hassan Mohamed Muhi-Aldeen, O.B. Tkachova</i> Adaptive algorithm reallocation of network resources in a network that supports NFV technology	18
<i>A.V. Osadchuk, V.S. Osadchuk, I.A. Osadchuk, O.O. Seletska</i> Frequency converter of gas concentration in transistor structure with negative resistance	19
<i>V. Usik, I. Myagkiy</i> Features of acoustic modeling as the final stage of acoustic examination of premises of auditoriums exemplified by a drama theater for 500 seats	20

ABSTRACTS

Б.В. ПЕРЕЛЫГИН, канд. техн. наук, А.М. ЛУЖБИН, канд. геогр. наук
**ПОСТРОЕНИЕ СПЛОШНОГО РАДИОЛОКАЦИОННОГО ПОЛЯ
СИСТЕМЫ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА
НА ОСНОВЕ ГЕОМЕТРИЧЕСКОГО ПОДХОДА**

Введение

Вопросам создания метеорологических радиолокационных сетей в литературе уделяется достаточное внимание [1 – 6]. Но анализ источников показывает, что при их создании не рассматриваются вопросы построения радиолокационного поля. Созданию единого радиолокационного поля уделяется внимание при проведении военной деятельности [7]. Но единство поля в этом случае понимается как интеграция радиолокационных ресурсов разных ведомств, их совместное использование с целью уменьшения необходимого для создания радиолокационного поля количества радиолокационных станций, т.е. с целью экономии. Создание системы гидрометеорологического мониторинга как большой системы подразумевает построение потребного радиолокационного поля [8]. Под этим нужно понимать следующее: во-первых, сформированное радиолокационное поле должно быть сплошным или беспровальным, т.е. полностью и без провалов покрывать пространство наблюдений; во-вторых, сформированное радиолокационное поле должно быть устойчивым, т.е. при выходе из строя или подавлении помехами некоторой части радиолокаторов целостность поля не должна нарушаться или может уменьшиться на некоторую допустимую величину; в-третьих, сформированное радиолокационное поле должно быть многочастотным для обеспечения возможности реализации двухчастотного метода индикации града [9].

Статья посвящена созданию сплошного (беспровального) радиолокационного поля системы гидрометеорологического мониторинга, что, в случае реализации, позволит получить всю возможную радиолокационную информацию из пространства наблюдений. Объектом исследования является процесс радиолокационного гидрометеорологического мониторинга, а предметом исследования – радиолокационное поле, образуемое системой радиолокационного гидрометеорологического мониторинга.

Актуальность решения этой задачи сомнений не вызывает, поскольку наличие правильно построенной радиолокационной системы гидрометеорологического мониторинга и правильное использование полученной с ее помощью информации значительно повышает качество прогнозирования состояния атмосферы оперативными подразделениями службы погоды [10].

Цель и метод исследования

Цель исследования – обоснование необходимости применения геометрического подхода к построению радиолокационного поля системы гидрометеорологического мониторинга – достигается на основе применения метода сравнительного анализа и количественной оценки параметров моделей различных вариантов построения радиолокационного поля.

Описание исследования и анализ его результатов

Пространство наблюдений является той частью воздушного пространства, в которой существуют атмосферные объекты, явления и процессы, подлежащие радиолокационному мониторингу. Геометрически пространство наблюдений можно представить в виде цилиндрического объема, образующая которого проходит по границам исследуемой территории, а сверху и снизу этот объем ограничен плоскими основаниями, построенными на минимальной и максимальной потребной высоте (рис. 1). Минимальная потребная высота для радиолокационного поля системы гидрометеорологического мониторинга должна составлять около 0,5 км, а максимальная – до 20-25 километров [11].

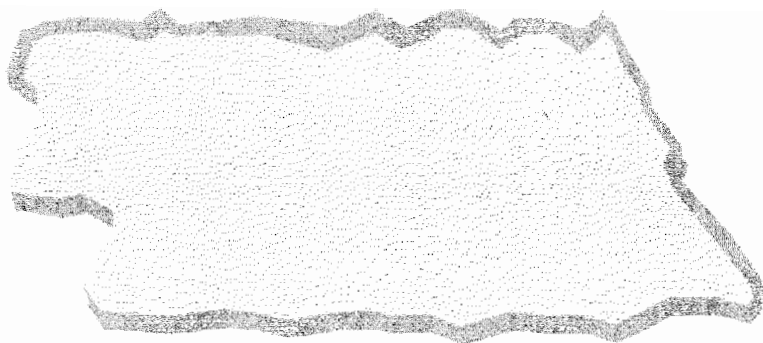


Рис. 1

Построение сплошного радиолокационного поля предусматривает полное и наиболее точное покрытие им пространства наблюдений. Осуществляется это покрытие при помощи распределения зондирующего излучения в пространстве наблюдений и приеме из него сигналов, отраженных от метеорологических объектов и явлений. Зондирующее излучение в пространстве распределяется с помощью антенных систем. Понятно, что при большом пространстве наблюдений распределить в нем зондирующее излучение одной антенной не удастся. Нужна система антенн, т.е. множество радиолокационных станций, которые будут осуществлять обзор при помощи антенн. В этом случае одна радиолокационная станция образует зону обзора или зону наблюдения (на рис. 2, *а* – трехмерное изображение зоны обзора, на рис. 2, *б* – вертикальная проекция горизонтального сечения зоны обзора на определенной высоте). А множество радиолокационных станций образуют радиолокационное поле (рис. 3, *а* – трехмерное изображение радиолокационного поля, рис. 3, *б* – вертикальная проекция горизонтального сечения радиолокационного поля на определенной высоте). Возникает вопрос: каким образом расположить метеорологические радиолокационные станции для создания радиолокационного поля?

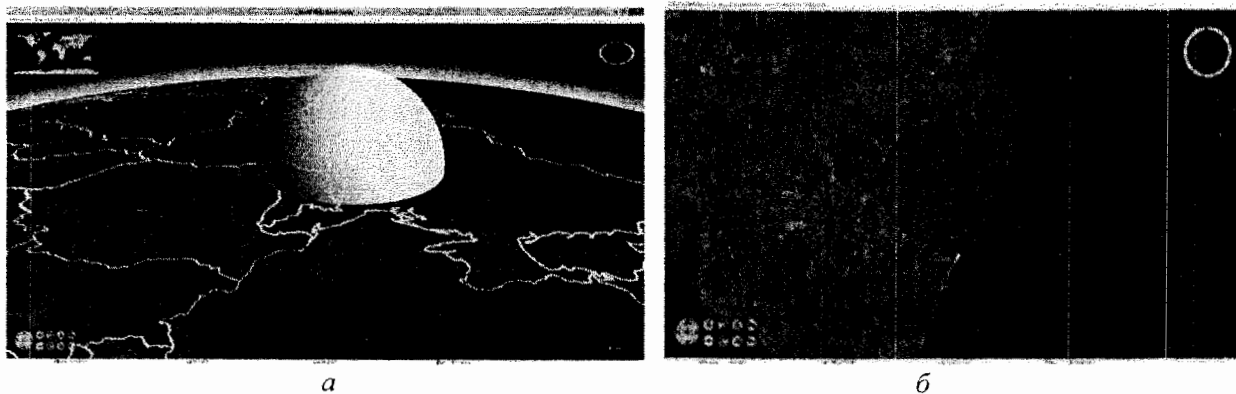


Рис. 2

Моделирование показывает, что желание оснастить радиолокатором каждую гидрометеорологическую станцию (рис. 4, *а*) приведет к получению ничем не оправданной сложности и энергетической избыточности системы мониторинга. Система будет иметь очень неравномерное распределение зондирующего излучения, а при сборе и отождествлении радиолокационной информации возникнут существенные трудности. Это хорошо иллюстрирует рис. 4, *б*. Зоны наблюдения многократно перекрываются, очень неравномерное распределение энергии в пространстве, что и будет вызвать упомянутые избыточность и сложность обработки информации.

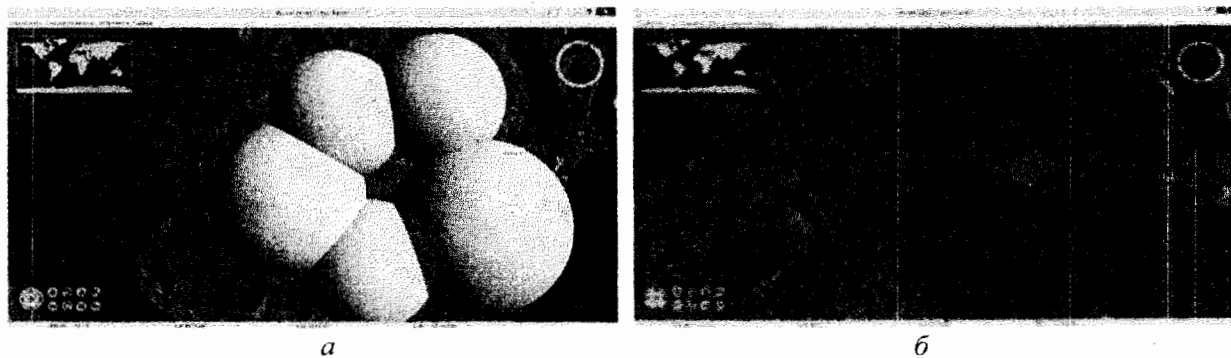


Рис. 3

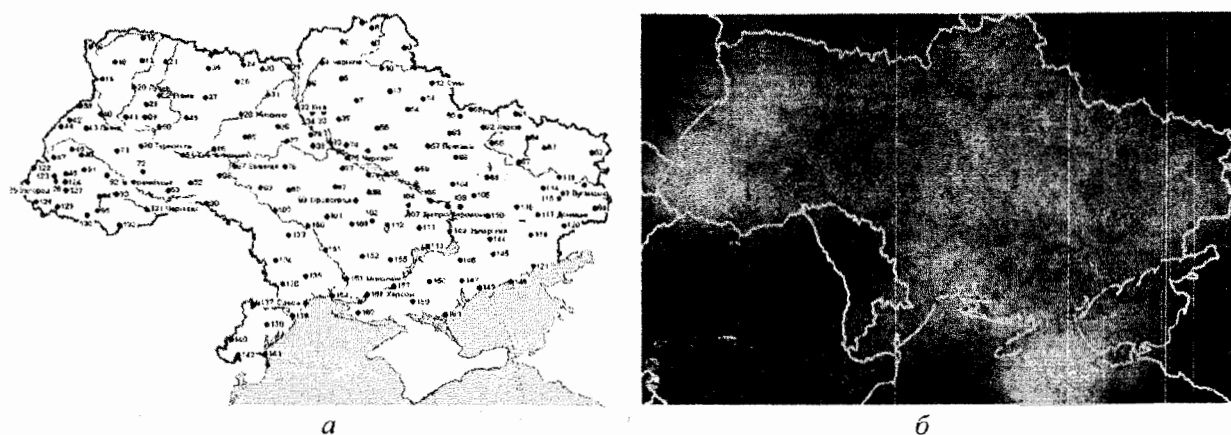


Рис. 4

Приведенный вариант построения радиолокационного поля можно выполнить с прореживанием радиолокаторов, но моделирование показывает, что недостатки от этого не исчезнут. При значительном прореживании и при сохранении позиций радиолокаторов привязанными к существующей сети гидрометеорологических станций увеличится минимальная высота радиолокационного поля. И избежать этого недостатка в существующей системе построения радиолокационной сети не удастся.

Предлагается применить для построения радиолокационного поля системы гидрометеорологического мониторинга геометрический подход. Он заключается в том, что радиолокаторы предполагается разместить в вершинах связанных простейших геометрических фигур – треугольников, квадратов, пятиугольников, шестиугольников и т.д. (рис. 5). Из геометрии известно, что сеть из пятиугольников и семиугольников нельзя без искажений выложить на плоскости [12]. Поэтому эти варианты размещения радиолокаторов рассматривать не будем, но в оценке параметров радиолокационного поля используем.

Реализация геометрического подхода при моделировании приводит к следующим результатам. Расположение радиолокаторов в вершинах треугольников обеспечивает полное перекрытие пространства наблюдений в горизонтальной плоскости и, при некотором сближении радиолокаторов, в вертикальной плоскости (рис. 6). При этом отсутствует существенная избыточность (сегменты более темного тона) по перекрытию в горизонтальной плоскости, свойственная предыдущему описанному случаю, но энергетическая избыточность в вертикальной плоскости будет существенной, и тем существенней, чем больше будет дальность действия радиолокатора, поскольку потребная высота верхней границы радиолокационного поля составляет всего 20-25 км.

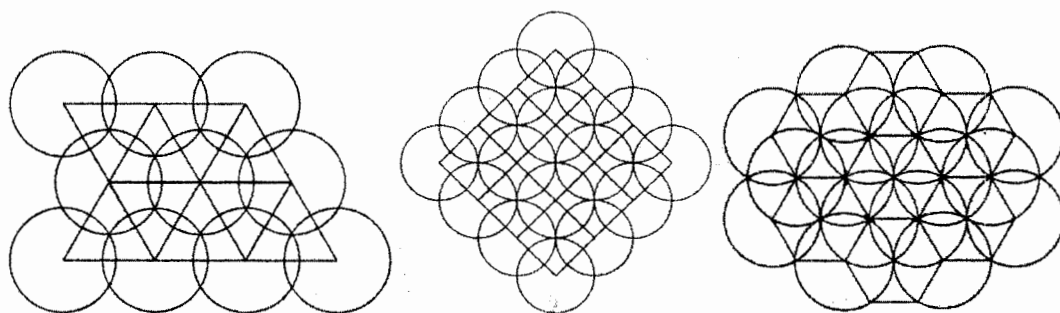


Рис. 5

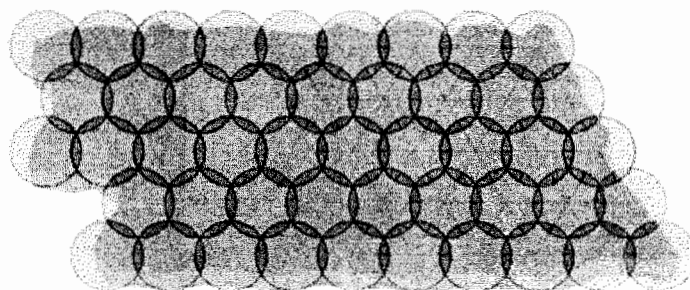


Рис. 6

Расположение радиолокаторов в вершинах квадратов также обеспечивает полное перекрытие пространства наблюдений в горизонтальной плоскости и, при некотором сближении радиолокаторов, в вертикальной плоскости (рис. 7). Однако при таком расположении видно явно большее перекрытие зон обзора радиолокаторов по сравнению с расположением в вершинах треугольников (более темные сегменты), что ухудшает энергетическую экономичность этого варианта построения радиолокационного поля.

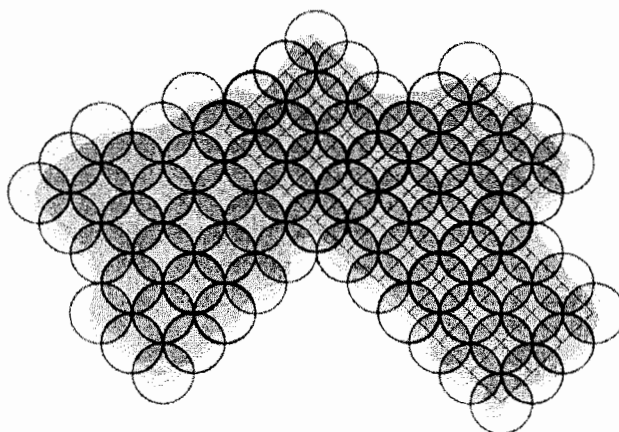


Рис. 7

Расположение радиолокаторов в вершинах шестиугольников также обеспечивает полное перекрытие пространства наблюдений в горизонтальной плоскости и, при некотором сближении радиолокаторов, в вертикальной плоскости (рис. 8). Но при подобном расположении явно видно еще большее, в середине практически полное, перекрытие зон обзора радиолокаторов по сравнению с предыдущими случаями (область серого тона), что еще больше ухудшает энергетическую экономичность этого варианта построения радиолокационного поля.

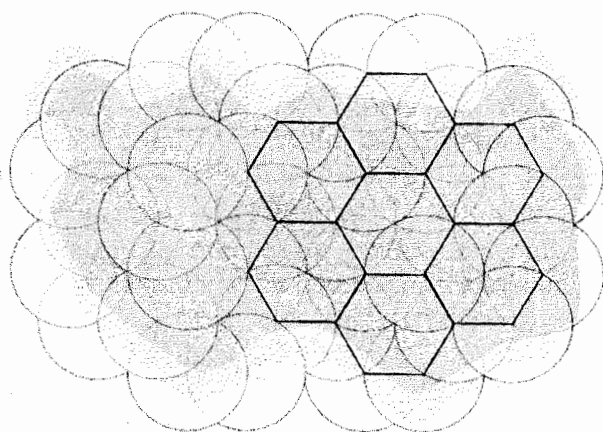


Рис. 8

При построении радиолокационного поля должна быть обеспечена его беспровальность начиная с минимальной требуемой высоты (0,5 км) до максимальной (20–25 км). Это достигается уменьшением сторон многоугольника до тех пор, пока в центре фигуры не произойдет касание зон обзора радиолокаторов, находящихся в вершинах многоугольника, как это видно на предыдущих рисунках. Тогда при дальности действия радиолокатора R сторона равностороннего треугольника должна быть равна $2R\cos 30^\circ$ или $1,732 R$. Для других многоугольников данные приведены в табл. 1.

Таблица 1

Дальность действия радиолокатора	Расстояние между радиолокаторами ($D=2R\cos X^\circ$) для формирования беспровального радиолокационного поля при расположении радиолокаторов в вершинах						
	на концах отрезка прямой линии	равностороннего треугольника	квадрата	правильного пятиугольника	правильного шестиугольника	правильного семиугольника	правильного восьмиугольника
	$X^\circ=0^\circ$	$X^\circ=30^\circ$	$X^\circ=45^\circ$	$X^\circ=54^\circ$	$X^\circ=60^\circ$	$X^\circ=64,3^\circ$	$X^\circ=67,5^\circ$
R	$D=2 \cdot R$	$D=1,732 \cdot R$	$D=1,414 \cdot R$	$D=1,176 \cdot R$	$D=1 \cdot R$	$D=0,87 \cdot R$	$D=0,76 \cdot R$

В результате анализа полученных данных можно прийти к выводу о том, что для построения радиолокационного поля нецелесообразно выбирать многоугольник с числом вершин (порядок многоугольника) больше шести, поскольку, в противном случае, начинают взаимно накладываться зоны обзора не только смежных радиолокаторов, но и далеко отстоящих друг от друга. А это – явная энергетическая избыточность и усложнение обработки из-за необходимости отождествления данных. Таким образом, при построении радиолокационного поля целесообразными остаются три варианта размещения радиолокаторов: в вершинах треугольников, квадратов и шестиугольников; пятиугольники отпадают по указанной ранее причине.

Для построения радиолокационного поля по приведенным выше вариантам качественной оценки недостаточно, нужна количественная оценка качества поля. Поэтому для количественной оценки энергетических характеристик поля представляет интерес выяснение коэффициента перекрытия радиолокационного поля и его энергетической экономичности в зависимости от варианта размещения радиолокаторов. Коэффициентом перекрытия K_p вполне логично назвать отношение суммарного объема зон наблюдения, обслуживаемого более чем одной радиолокационной станцией, к общему объему зон наблюдения, т.е.

$$K_{\Pi} = \frac{\sum_1^n V_{\text{совм}}}{\sum_1^n V_{\text{ЗН}}}, \quad (1)$$

где $V_{\text{совм}}$ – объем области пространства, обслуживаемого двумя соседними радиолокаторами; $V_{\text{ЗН}}$ – объем зоны наблюдения одного радиолокатора, n – порядок многоугольника.

При такой трактовке при полном совмещении позиций радиолокаторов $K_{\Pi}=1$, а если зоны наблюдения не пересекаются, то $K_{\Pi}=0$, что является вполне естественным.

Проверка практического применения этого коэффициента выявила ненужную сложность его расчета. Гораздо удобнее проводить расчеты, если использовать показатель перекрытия вертикальных проекций горизонтальных сечений зон наблюдения радиолокаторов на минимальной беспровальной высоте. В этом случае в (1) объемы заменяются на соответствующие площади вертикальных проекций этих объемов на горизонтальную плоскость, но смысл понятия перекрытия от этого не изменяется. Логично назвать такой показатель коэффициентом перекрытия в горизонтальной плоскости $K_{\Pi\Gamma}$, т.е.

$$K_{\Pi\Gamma} = \frac{\sum_1^n S_{\text{совм}}}{\sum_1^n S_{\text{ЗН}}}, \quad (2)$$

где $S_{\text{совм}}$ – площадь проекции области пространства, обслуживаемого двумя соседними радиолокаторами, $S_{\text{ЗН}}$ – площадь проекции зоны наблюдения одного радиолокатора, n – порядок многоугольника.

Для расчета $K_{\Pi\Gamma}$ были применены известные из геометрии формулы для расчета площади круга $S_{\text{кр}}=\pi R^2$ и площади сегмента $S_{\text{сегм}} = \frac{R^2}{2} \left(\pi \frac{\alpha^{\circ}}{180^{\circ}} - \sin \alpha^{\circ} \right)$ [12]. Здесь R – дальность действия радиолокатора, α – центральный угол, который опирается на сегмент, образующийся при пересечении двух зон обзора радиолокаторов. Расчеты для α дали результаты, представленные в табл. 2.

Таблица 2

Расположение радиолокаторов в вершинах			
равностороннего треугольника	квадрата	правильного пятиугольника	правильного шестиугольника
$\alpha = 60^{\circ}$	$\alpha = 90^{\circ}$	$\alpha = 108^{\circ}$	$\alpha = 120^{\circ}$

Дальнейшие расчеты позволили графически представить зависимость $K_{\Pi\Gamma}$ от порядка многоугольника (рис. 9).

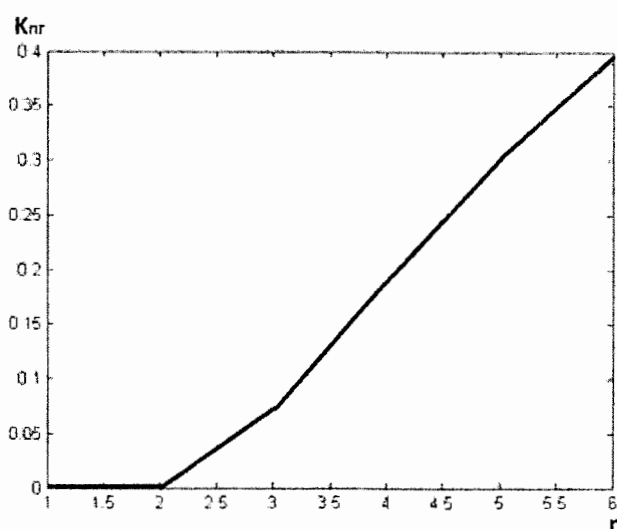


Рис. 9

Ход коэффициента перекрытия отражает то, что увеличение порядка многоугольника, в вершинах которых устанавливаются радиолокаторы, ведет к увеличению доли радиолокационного поля, обслуживаемой двумя, а то и тремя радиолокаторами, тем самым увеличивая непроизводительные затраты зондирующего излучения. Это обязательно надо учитывать при построении радиолокационного поля.

Как было отмечено выше, представляет интерес выяснение вопроса экономности распределения энергии зондирующего излучения внутри радиолокационного поля при взаимном наложении зон наблюдения радиолокаторов. Можно степень экономности характеризовать коэффициентом экономности $K_э$. Этот коэффициент должен быть равен единице при отсутствии взаимного наложения зон наблюдения и нулю при полном наложении. Поскольку экономность связана с взаимным перекрытием зон наблюдения, то решением является введение коэффициента $K_э = 1 - K_{пл}$. Ход этого коэффициента в зависимости от порядка многоугольника приведен на рис. 10.

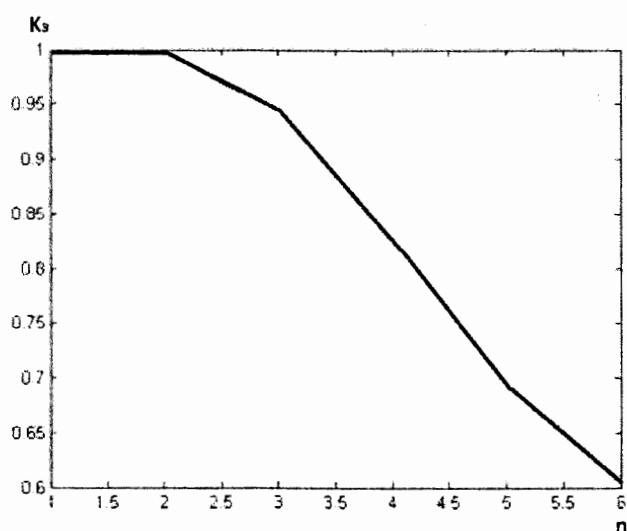


Рис. 10

Анализ графика на рис. 10 показывает, что отдельно стоящие радиолокаторы будут использовать энергию зондирующего излучения в наибольшей степени экономно (без учета вертикального распределения энергии). А при расположении их в вершинах шестиугольников только 60 % радиолокационного поля будет обслуживаться экономно, в остальной его части объекты, явления и процессы будут наблюдаться двумя радиолокаторами и более.

Выводы

Исследование показало, что применение геометрического подхода к построению радиолокационного поля метеорологической радиолокационной системы мониторинга позволяет достаточно просто получить результат. Наиболее рациональным является размещение радиолокаторов в вершинах треугольников, квадратов и шестиугольников. Выбор варианта размещения позволит удовлетворить различные требования к метеорологической радиолокационной системе мониторинга: от наиболее экономного варианта расходования энергии зондирующего излучения до наиболее устойчивого варианта построения системы.

Список литературы: 1. *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. 2. *Технический проект „Общесистемные решения по сбору, анализу, контролю и предоставлению радиолокационной информации от ДМРЛ-С”*. – Режим доступа: <http://www.aviamettelecom.ru/TP-DMRL-2014.pdf>. – Дата доступа: 15.09.2016. – Технический проект. 3. *Golden J.H.* The prospects and promise of

NEXRAD: 1990's and beyond / J.H. Golden // COST 73. – 1989. – P. 17–36. 4. Принципы построения автоматизированных систем метеорологического обеспечения авиации ; под ред. Г.Г. Щукина. – Л. : Гидрометеоздат, 1991. – 373 с. 5. Метеорологические автоматизированные радиолокационные сети ; под ред. Г.Б. Брылева. – С.-Пб. : Гидрометеоздат, 2002. – 330 с. 6. Радиолокационные метеорологические наблюдения. В 2-х т. Т.2 ; под ред. А.С. Солонина. – С.-Пб. : Наука, 2010. – 518 с. 7. Петрушенко, М.М., Карлов, В.Д. Створення єдиного поля радіолокаційного контролю повітряного простору держави // Наука і техніка Повітряних Сил Збройних Сил України. – 2010. – № 1 (3). – С. 111–116. 8. Perelygin, V.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. 9. Абшаев, М.Т., Бурцев, И.И., Ваксенбург, С.И., Шевела, Г.Ф. Руководство по применению радиолокаторов МРЛ-4, МРЛ-5 и МРЛ-6 в системе градозащиты. – Л. : Гидрометеоздат, 1980. – 231 с. 10. Грачова, Н.І., Кузнєцова, В.В., Романенко, Л.Н., Самаріна, Л.П. Дослідження радіолокаційних характеристик небезпечних явищ погоди на території України // Наукові праці УкрНДГМІ. – 2015. – Вип. 267. – С. 38–45. 11. Перельгин, Б.В., Боровская, Г.А., Лужбин, А.М. Анализ требований потребителей к характеристикам информации, получаемой от метеорологической радиолокационной системы мониторинга // Радиотехника. – 2016. № 187. – С. 58–65. 12. Корн, Г., Корн, Т. Справочник по математике для научных работников и инженеров. – М. : Наука, 1984. – 832 с.

*Одесский государственный
экологический университет*

Поступила в редколлегию 11.11.2017

parts of the spectrum, with the purpose of their further use. However, most of the algorithms require knowledge of certain information about detecting signals. However, in practice this is rare. This paper discusses the methods of detecting of unknown signals, which do not require a priori knowledge of detecting signals.

3 fig. Ref.: 7 items.

УДК 621.396.96:504.064.3

Построение сплошного радиолокационного поля системы гидрометеорологического мониторинга на основе геометрического подхода / Б.В. Перельгин, А.М. Лужбин // Радиотехника : Всеукр. межвед. науч.-техн. сб. – 2017. – Вып. 191. – С. 173 – 180.

Рассматривается понятие сплошного радиолокационного поля формируемого при помощи системы метеорологических радиолокационных станций. Для размещения метеорологических радиолокационных станций предлагается применять геометрический подход, который заключается в расстановке метеорологических радиолокационных станций в вершинах различных многоугольников и который существенно упрощает построение необходимого радиолокационного поля. Предлагаются количественные показатели для оценки качества радиолокационного поля и приводятся результаты их расчетов для различных вариантов построения радиолокационного поля.

Табл. 2. Ил. 10. Библиогр.: 12 назв.

УДК 621.396.96:504.064.3

Побудова суцільного радіолокаційного поля системи гідрометеорологічного моніторингу на основі геометричного підходу / Б.В. Перельгін, А.М. Лужбін // Радіотехніка : Всеукр. міжвід. наук.-техн. зб. – 2017. – Вип. 191. – С. 173 – 180.

Розглядається поняття суцільного радіолокаційного поля, яке формується за допомогою системи метеорологічних радіолокаційних станцій. Для розміщення метеорологічних радіолокаційних станцій пропонується застосовувати геометричний підхід, який полягає в розстановці метеорологічних радіолокаційних станцій в вершинах різних багатокутників і який суттєво спрощує побудову потрібного радіолокаційного поля. Пропонуються кількісні показники для оцінки якості радіолокаційного поля та наводяться результати їх розрахунків для різних варіантів побудови радіолокаційного поля.

Табл. 2. Іл. 10. Бібліогр.: 12 назв.

UDC 621.396.96:504.064.3

Construction of a continuous radar field of a hydrometeorological monitoring system based on a geometric approach / B.V. Perelygin, A.M. Luzbin // Radiotekhnika : All-Ukr. Sci. Interdep. Mag. – 2017. – №191. – P. 173 – 180.

The concept of a continuous radar field generated by a system of meteorological radars is considered. To accommodate meteorological radars, it is proposed to apply a geometric approach, which consists in arranging meteorological radar stations at the vertices of various polygons and which greatly simplifies the construction of the required radar field. Quantitative indicators for estimating the quality of the radar field and the results of their calculations for various variants of constructing the radar field are proposed.

2 tab. 10 fig. Ref.: 12 items.

УДК 629.7.022

Информационные характеристики звукового излучения малых беспилотных летательных аппаратов / В.М. Карташов, В.Н. Олейников., С.А. Шейко, С.И. Бабкин, И.В. Корытцев., О.В. Зубков, М.А. Анохин // Радиотехника : Всеукр. межвед. науч.-техн. сб. – 2017. – Вып. 191. – С. 181 – 187.

Приведены результаты сравнения экспериментально полученных информационных характеристик звуковых сигналов двух видов малых беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) – квадрокоптера и моноплана. Исследования показали, что энергетические спектры сигналов имеют значительную область широкополосного шума и ярко выраженные гармонические составляющие с частотами, кратными частоте вращения винта. Даже при усреднении спектральных оценок по ансамблю выборок уверенно наблюдаются гармоники с частотами до 8 – 10 кГц. При большом различии режимов двигателей квадрокоптера спектральные максимумы разделяются на несколько, что может являться одним из важных факторов для классификации БПЛА. Описывает-

**ЗБІРНИК НАУКОВИХ ПРАЦЬ
РАДІОТЕХНІКА**
Выпуск 191
Російською, українською та англійською мовами

**СБОРНИК НАУЧНЫХ ТРУДОВ
РАДИОТЕХНИКА**
Выпуск 191
На русском, украинском и английском языках

Коректор Л.І. Сащенко

Підп. до друку 29.12.2017. Формат 60x90/8. Папір офсет. Гарнітура Таймс. Друк. ризограф.
Ум. друк. арк. 11,3. Обл.-вид. арк. 10,77. Тираж 300 прим. Зам. № 221. 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.