

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ УКРАИНЫ
ХАРЬКОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ

РАДИОТЕХНИКА

**Всеукраинский межведомственный
научно-технический сборник**

Основан в 1965 г.

В Ы П У С К 1 9 4

Харків
Харківський національний
університет радіоелектроніки
2018

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. Пашенко, *канд. физ.-мат. наук, доц., ХНУРЭ (ответственный секретарь)*
В.В. Поповский, *д-р техн. наук, проф., ХНУРЭ*
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*
Г.И. Хлопов, *д-р техн. наук, 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 № 71 от 26.09.2018.

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 194
Російською, українською та англійською мовами

СБОРНИК НАУЧНЫХ ТРУДОВ
РАДИОТЕХНИКА
Выпуск 194
На русском, украинском и английском языках

Коректор Л.І. Сащенко

Підп. до друку 26.09.2018. Формат 60x90/8. Папір офсет. Гарнітура Таймс. Друк. ризограф.
Ум. друк. арк. 10,2. Обл.-вид. арк. 10,77. Тираж 300 прим. Зам. № 262. 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

<i>В.К. Волосюк, С.С. Жила, Д.В. Колесников</i> Феноменологическое описание когерентных радиолокационных изображений на основе понятий меры множества и стохастического интеграла	5
<i>Б.В. Перельгин</i> Рациональное распределение энергии зондирующего излучения в пространстве наблюдения системы гидрометеорологического мониторинга	12
<i>О.А. Ремаева, К.А. Соколинский</i> Определение среднего вдоль луча показателя преломления воздуха на основе эффекта уширения линий поглощения молекул воздуха	19
<i>В.А. Романюк, С.О. Стародубцев, С.В. Шаповалов</i> Дослідження можливості підвищення точності вимірювань концентрації частинок вибухових речовин методами дистанційного зондування	23
<i>Ю.П. Мачехин, Ю.С. Курской, А.С. Гнатенко</i> Принципы моделирования измерений в оптических нелинейных динамических системах	29
<i>В.В. Кондрат, О.И. Костенко, В.В. Куценко</i> Шляхи модернізації оптико-електронних засобів розвідки та прицілювання ОВТ	34
<i>Т.Р. Шмелёва</i> Верификация шестиугольной коммуникационной решетки бесконечными сетями Петри	38
<i>И.И. Бобок</i> Стеганоаналитический метод для выявления скрытого канала связи с малой пропускной способностью	46
<i>Д.Г. Сахно, Е.А. Иванова, Д.Ю. Горелов</i> Анализ пространственной структуры метеорных потоков и ассоциаций каталога ХНУРЭ	52

ОБРАБОТКА СИГНАЛОВ

<i>Т.Д. Гуцол, О.Д. Черенков, В.В. Семенець</i> Аналіз системи пригнічення потужної вузькополосної перешкоди в радіометричному приймачі	66
<i>С.В. Солонская, В.В. Жирнов</i> Обработка сигналов в интеллектуальных системах контроля малозаметных и малоподвижных воздушных объектов	73
<i>Н.О. Тулякова, А.Н. Трофимчук, А.Е. Стрижак</i> Адаптивный метод с шумо- и сигнально-зависимым переключением фильтров для подавления нестационарного шума в сигнале электрокардиограммы в реальном времени	79

ФИЗИКА ПРИБОРОВ И СИСТЕМ

<i>Н.П. Стогний, Н.П. Климова, Н.С. Бутенко</i> Особенности переходных процессов в серебряном нанопроводе с оптически динамической оболочкой	97
<i>Чан Лю, И.Н. Бондаренко, А.Ю. Панченко, Н.И. Слипченко</i> Электродинамический сенсор определения состояния воды в биологических объектах	104
<i>Н.Н. Чернышов, Н.И. Слипченко, А.В. Белоусов, М.А.Ф. Алкхавалдех</i> Фотогальванический эффект при оптических переходах для ультраквантового предела между спиновыми зонами уровней Ландау	112

РАДИОТЕХНИЧЕСКИЕ УСТРОЙСТВА

<i>А.Д. Меняйло, В.В. Рапин</i> Автогенераторный следящий фильтр с нелинейной обратной связью	119
<i>А.И. Бых, Ю.И. Козин, В.И. Леонидов, А.В. Кравцов, Р.А. Бобнев</i> Построение систем частотной импедансометрии биотканей с использованием платформ “Arduino”	127
<i>А.Н. Андреев, О.Н. Андреева, А.Г. Лазаренко</i> Автоматизированный комплекс для градуировки терморезисторов и измерения их параметров	133
<i>И.С. Бондаренко, О.Н. Богдан</i> Исследование влияния магнитного поля и ультразвука на биосистемы	138

ДИАГНОСТИКА И МОНИТОРИНГ СИСТЕМ

<i>Ю.Н. Шмелев, С.И. Владов, А.Ф. Крышан, С.Д. Гвоздик</i> Применение нейросетевых технологий в системе контроля технического состояния авиационного двигателя ТВ3-117 в полетных режимах	147
<i>И.Н. Бондаренко, Ю.С. Васильев</i> Особенности формирования информационных сигналов резонансных измерительных преобразователей с апертурными и зондовыми чувствительными элементами	155
РЕФЕРАТЫ	161

CONTENT

RADIO ELECTRONIC SYSTEMS

<i>V.K. Volosyuk, S.S. Zhyla, D.V. Kolesnikov</i> Phenomenological description of coherent radar images based on concepts of the measure on a set and stochastic integral	5
<i>B.V. Perelygin</i> Rational distribution of energy of probing radiation in the observation space of the hydrometeorological monitoring system	12
<i>O.A. Remayeva, K.A. Sokolinskyi</i> Determination of refractive index of air along the ray based on the effect of absorption line broadening of air molecules	19
<i>V.A. Romanyuk, S.O. Starodubtsev, S.V. Shapovalov</i> Study of the possibility of increasing the accuracy of measuring the concentration of particles of explosives by remote sensing methods	23
<i>Yu.P. Machekhin, Yu.S. Kurskoy, A.S. Gnatenko</i> Principles of measurement modeling in optical nonlinear dynamical systems	29
<i>V. Kondrat, O. Kostenko, V. Kutsenko</i> Ways of upgrading optical-electronic reconnaissance and aiming weapons and military equipment	34
<i>T.R. Shmeleva</i> Verification of the hexagonal communication grid by infinite Petri nets	38
<i>I.I. Bobok</i> The steganoanalytical method for revealing a hidden communication channel with low capacity	46
<i>D.G. Sakhno, O.O. Ivanova, D.Y. Gorelov</i> Analysis of the spatial structure of meteor showers and associations of the KNURE catalog	52

SIGNAL PROCESSING

<i>T.D. Gutsol, A.D. Cherenkov, V.V. Semenets</i> Analysis of suppression of high-power narrow-band interference in radiometric receivers	66
<i>S. Solonskaya, V. Zhyrnov</i> Signal processing in intelligent control systems for low-visibility and low-mobility air units	73
<i>N.O. Tulyakova, O.M. Trofymchuk, O.Ye. Stryzhak</i> Adaptive method with noise- and signal-dependent switching of filters for suppression of non-stationary noise in an electrocardiogram signal in real time	79

PHYSICS OF DEVICES AND SYSTEMS

<i>N.P. Stognii, N.P. Klimova, N.S. Butenko</i> Characteristics of transient processes in a silver nanowire with optically dynamic shell	97
<i>Chang Liu, I.N. Bondarenko, A.Yu. Panchenko, N.I. Slipchenko</i> Electrodynamic sensor for determining the state of water in biological objects	104
<i>N.N. Chernyshov, N.I. Slipchenko, A.V. Belousov, M.A.F. Alkhalwaldeh</i> Photovoltaic effect in optical transitions for ultraquantum limit between spin areas of Landau levels	112

RADIO ENGINEERING DEVICES

<i>A.D. Menyalo, V.V. Rapin</i> Oscillator tracking filter with nonlinear feedback	119
<i>A.I. Bykh, U.I. Kosin, V.I. Leonidov, A.V. Kravtsov, R.A. Bobnev</i> Construction of systems of frequency impedance metering of biological tissues using “Arduino” platforms	127
<i>A.N. Andreev, O.N. Andreeva, A.G. Lazarenko</i> Automated complex for thermistors calibration and measurement of their parameters	133
<i>I.S. Bondarenko, O.N. Bogdan</i> Investigation of the effect of magnetic field and ultrasound on biological systems	138

DIAGNOSTICS AND MONITORING OF SYSTEMS

<i>Yu.N. Shmelev, S.I. Vladov, A.F. Kryshan, S.D. Gvozdik</i> Application of neural network technologies in the technical state control system of the aircraft engine TV3-117 in flight modes	147
<i>I.N. Bondarenko, Yu. S. Vasiliev</i> Features of formation of information signals of resonant measuring converters with aperture and probe sensing elements	155
ABSTRACTS	161

РАЦИОНАЛЬНОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЭНЕРГИИ ЗОНДИРУЮЩЕГО ИЗЛУЧЕНИЯ В ПРОСТРАНСТВЕ НАБЛЮДЕНИЯ СИСТЕМЫ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА

Введение

Главным ресурсом обзорного метеорологического радиолокатора является энергия зондирующего излучения. Главный он потому, что вся доступная радиолокационная информация заключена в принятой антенной отраженной от атмосферы части энергии зондирующего излучения. Вся дальнейшая обработка в идеальном случае может сохранить количество полученной радиолокационной информации, а в неидеальном – уменьшить ее количество. Однако получение информации необходимо обеспечить не во всей зоне наблюдения метеорологического радиолокатора, а в зоне, называемой пространством наблюдения, которое должно покрываться радиолокационным полем системы гидрометеорологического мониторинга [1].

Цель исследования, представленного в данной статье, - выяснение вопроса о наиболее рациональном распределении энергии зондирующего излучения с помощью передающих антенн метеорологических радиолокаторов в пространстве наблюдения, т.е. о наиболее рациональном построении радиолокационного поля. Достигается указанная цель за счет количественной оценки параметров геометрических моделей построения радиолокационного поля и логического анализа полученных результатов. Понятие „наибольшей рациональности” распределения энергии зондирующего излучения примыкает к понятию оптимизации, но при проведении оптимизации какой-либо системы требуется выбрать критерий оптимизации или несколько их (для рассматриваемого случая), оценить их количественно и сделать определенные выводы. Оценка наибольшей рациональности предоставляет большую свободу в подходах, методах выяснения вопроса о распределении энергии зондирующего излучения. Объектом исследования является система радиолокационного гидрометеорологического мониторинга, а предметом исследования - энергетика радиолокационного поля, образуемого системой радиолокационного гидрометеорологического мониторинга. Постановка и решение этой задачи являются актуальными, поскольку радиолокационная система гидрометеорологического мониторинга должна быть построена рационально, что обеспечит ее длительную успешную и экономную эксплуатацию.

Описание исследования и анализ его результатов

Пространство наблюдения является той частью воздушного пространства, в которой существуют атмосферные объекты, явления и процессы, подлежащие радиолокационному мониторингу [2]. Геометрически пространство наблюдения можно представить в виде цилиндрического объема, образующая которого проходит по границам обслуживаемой 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 км [3]. Рациональное распределение энергии зондирующего излучения предполагает полное и наиболее точное покрытие им пространства наблюдения. Осуществляется это покрытие при помощи распределения зондирующего излучения в пространстве наблюдения и приеме из него сигналов, отраженных от метеорологических объектов и явлений. Зондирующее излучение в пространстве распределяется с помощью антенной системы (рис. 2). На указанном рисунке дальность действия радиолокатора обозначена как R .

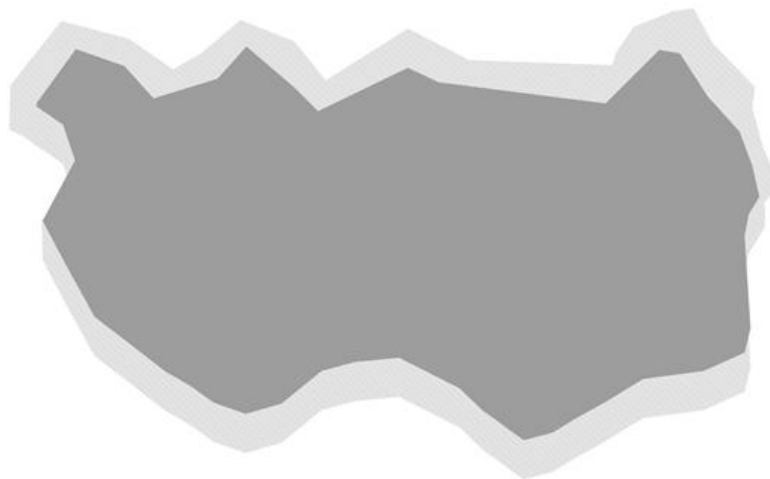


Рис. 1

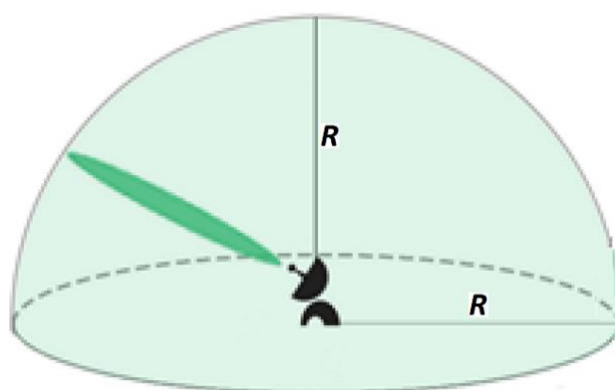


Рис. 2

При рассмотрении рационального распределения энергии зондирующего излучения в пределах всего пространства наблюдения важно представлять себе распределение энергии в зоне наблюдения единичного радиолокатора. Будем исходить из того предположения, что область полусферы зоны наблюдения, изображенная на рис. 2, в течение времени обзора последовательно заполняется энергией зондирующего излучения с плотностью потока мощности, позволяющей получить отраженный сигнал с заданным отношением сигнал/шум при определенных видах гидрометеорологических объектов. При таком предположении понятие объема полусферы или ее части можно отождествлять с энергией, распределенной в этом объеме полусферы или в ее части, находящихся в зоне наблюдения единичного радиолокатора. Из [4] известны формулы объема сферы

$$V_{\text{сф}} = \frac{4}{3} \pi R^3 \quad (1)$$

и объема сферического сегмента (см. рис. 3)

$$V_{\text{сфст}} = \pi h_{\text{ст}}^2 \left(R - \frac{1}{3} h_{\text{ст}} \right), \quad (2)$$

где $h_{\text{ст}}$ – высота сегмента.

Выясним, как будет зависеть полнота использования энергии зондирующего излучения от соотношения дальности действия радиолокатора и высоты верхней границы радиолокационного поля. Степень полноты использования энергии обозначим как коэффициент использования энергии $K_{\text{иэ}}$.

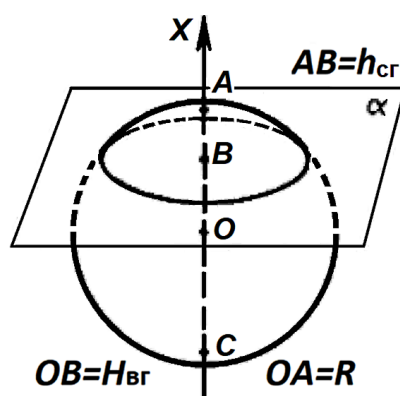


Рис. 3

Установим на основании предложенного выше отождествления

$$K_{из} = V_{пн1} / V_{зн1}, \quad (3)$$

где $V_{пн1}$ – объем пространства наблюдения, покрываемого одним радиолокатором, $V_{зн1}$ – объем зоны наблюдения одного радиолокатора.

Объем пространства наблюдения, покрываемого одним радиолокатором $V_{пн1} = \frac{1}{2} V_{сф} - V_{сфсг}$, а объем зоны наблюдения одного радиолокатора $V_{зн1} = \frac{1}{2} V_{сф}$.

Подставив правые части этих равенств в (3), получим

$$K_{из} = 1 - 2V_{сфсг} / V_{сф}, \quad (4)$$

Подставим в последнее выражение значения $V_{сф}$ и $V_{сфсг}$ из (1) и (2), причем в (2) при этом произведем замену $h_{сг}$ на $R - H_{вг}$ (см. рис. 3). В результате получим

$$K_{из} = \frac{3}{2} \frac{H_{вг}}{R} - \frac{1}{2} \frac{H_{вг}^3}{R^3}. \quad (5)$$

Использование (5) для построения отдельных зависимостей $K_{из}$ от R и $H_{вг}$ породит целое семейство графиков, что затруднит процесс анализа. Целесообразнее построить один график $K_{из}$ в зависимости от отношения $H_{вг}/R$, поскольку R и $H_{вг}$ не связаны и могут задаваться произвольно. Обозначим отношение высоты верхней границы зоны наблюдения $H_{вг}$ к дальности действия R радиолокатора, т.е. $H_{вг}/R$, как X . Тогда выражение (5) окончательно преобразуется в

$$K_{из} = \frac{3}{2} X - \frac{1}{2} X^3. \quad (6)$$

На рис. 4 представлено графическое отображение выражения (6). Для примера, при высоте верхней границы зоны наблюдения $H_{вг}=25$ км и дальности действия радиолокатора $R=100$ км отношение их составит величину $X=0,25$, при котором $K_{из} \approx 0,36$. Это говорит о том, что только 36 % энергии зондирующего излучения при таком соотношении $H_{вг}$ и R будет использоваться эффективно, остальные 64 % будут растрacены впустую, фактически на нагрев стратосферы. Анализ этого графика также показывает, что при фиксированной потребной высоте верхней границы $H_{вг}=25$ км увеличение дальности действия радиолокатора R будет приводить к ухудшению полноты использования энергии зондирующего излучения и $K_{из}$ будет уменьшаться.

Поэтому перед разработчиком системы мониторинга возникает противоречие между потребной дальностью действия радиолокатора и энергетической эффективностью радиолокационной системы гидрометеорологического мониторинга, которое требует разрешения при проектировании системы мониторинга.

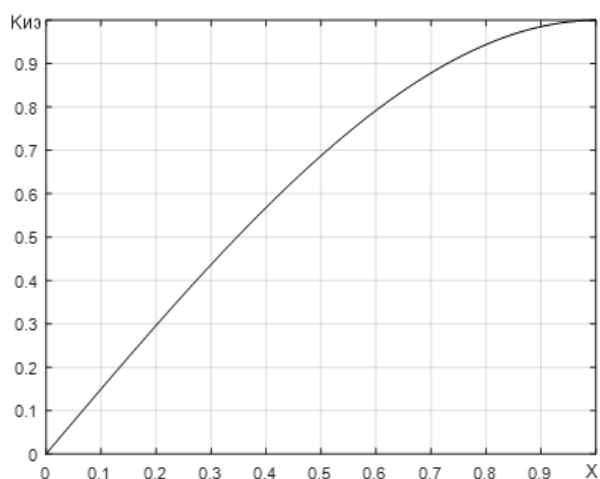


Рис. 4

Решим задачу распределения энергии зондирующего излучения в пространстве наблюдения всей системой гидрометеорологического мониторинга. Первый, и наиболее очевидный, способ решения этой задачи заключается в расстановке радиолокаторов таким образом, чтобы их зоны наблюдения пересекались на потребной высоте верхней границы поля $H_{ВГ}$ (см. рис. 5).

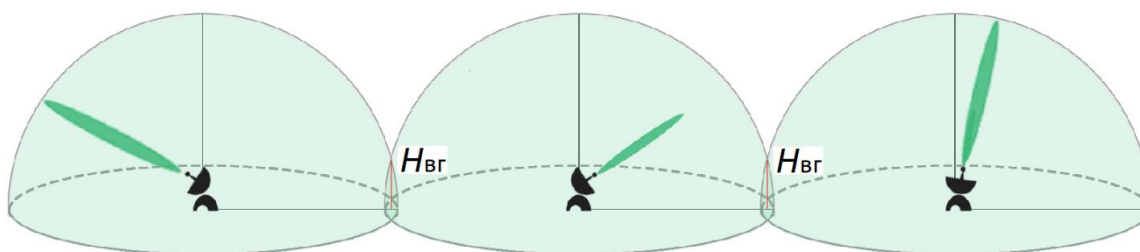


Рис. 5

При подобной расстановке радиолокаторов на местности с применением геометрического подхода, а именно - в вершинах равносторонних треугольников [2], распределение энергии зондирующего излучения в пространстве наблюдения системы гидрометеорологического мониторинга, т.е. конфигурация радиолокационного поля, примет вид, показанный на рис. 6.

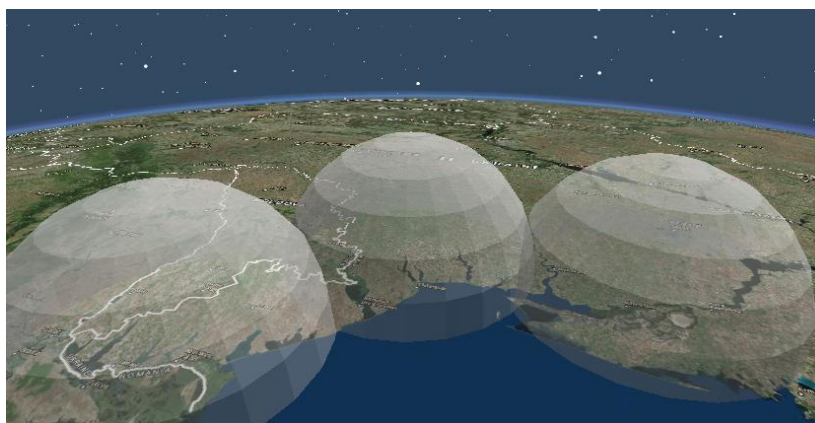


Рис. 6

Такое построение обеспечит беспровальность радиолокационного поля, т.е. распределение энергии зондирующего излучения произойдет по всему пространству наблюдения. При этом каждый из радиолокаторов будет осуществлять полный цикл

сканирования пространства наблюдения в диапазоне углов места ϵ от 0 до 90 градусов. При существующих радиолокаторах длительность полного цикла беспровального сканирования может длиться десятки минут, что может привести к пропуску быстроразвивающихся опасных явлений погоды со всеми вытекающими из пропуска тяжелыми последствиями. И, кроме того, при указанном распределении энергии зондирующего излучения будет использоваться эффективно только небольшая часть всей энергии зондирующего излучения, а именно, только та, которая будет распределена в пространстве наблюдения.

В приведенном способе распределения энергии зондирующего излучения в целях экономии энергии можно ограничить подъем луча диаграммы направленности антенных систем радиолокаторов до определенного угла места. Однако в этом случае значительный район над радиолокаторами и в прилегающем к ним пространстве не будет обслужен. Тем не менее, из возможности ограничения подъема луча диаграммы направленности антенных систем радиолокаторов до определенного угла места проистекает второй способ распределения энергии зондирующего излучения в пространстве наблюдения всей системы гидрометеорологического мониторинга, позволяющий более экономно расходовать энергию, концентрируя ее в пространстве наблюдения. Радиолокаторы в этом случае должны располагаться в вершинах шестиугольников [2], с обеспечением половинного перекрытия зон наблюдения соседних радиолокаторов, как показано на рис. 7.

Подобное построение системы позволяет не делать полный цикл сканирования антенны от 0 до 90 градусов по углу места ϵ для распределения энергии (рис. 8). Это обусловлено тем, что соседние радиолокаторы будут „просматривать” пространство друг над другом. При горизонтальном ($\epsilon=0^\circ$) положении диаграмм направленности расстояние между радиолокаторами должно быть таким, чтобы высота луча диаграммы направленности антенны одного радиолокатора над соседним радиолокатором была равна потребной высоте нижней границы $H_{нг}$ радиолокационного поля и пространства наблюдения (рис. 9). Это значение вычисляется с помощью известного выражения радиогоризонта [5]:

$$D = 4,11(\sqrt{H_c} + \sqrt{h_a}), \quad (7)$$

где D – горизонтальная дальность, км; H_c – поправка высоты на кривизну Земли, м; h_a – высота электрического центра антенны, м.

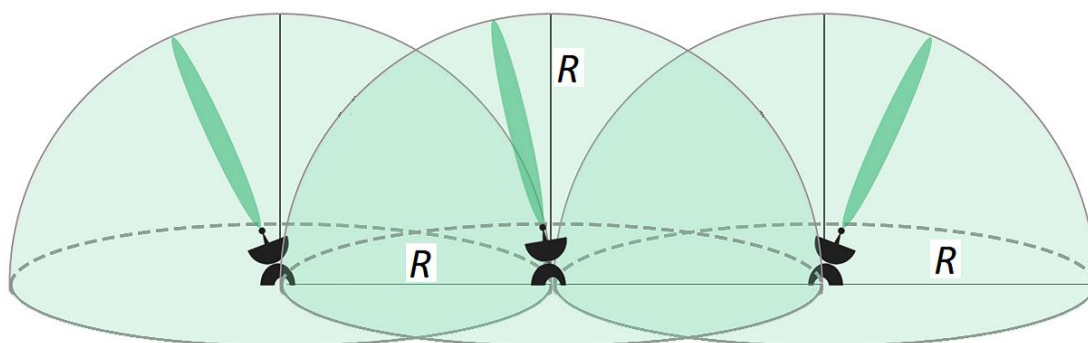


Рис. 7

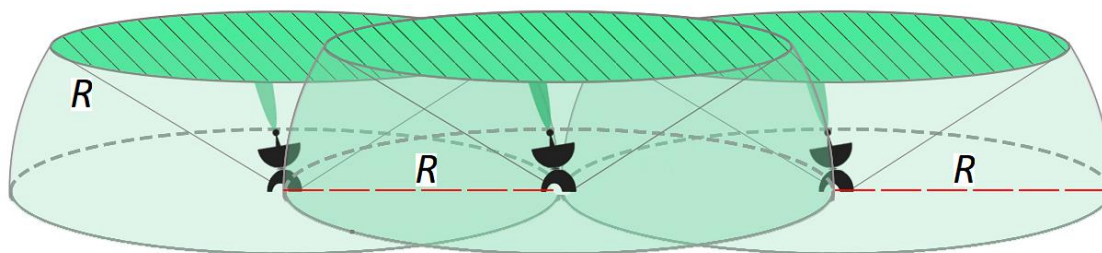


Рис. 8

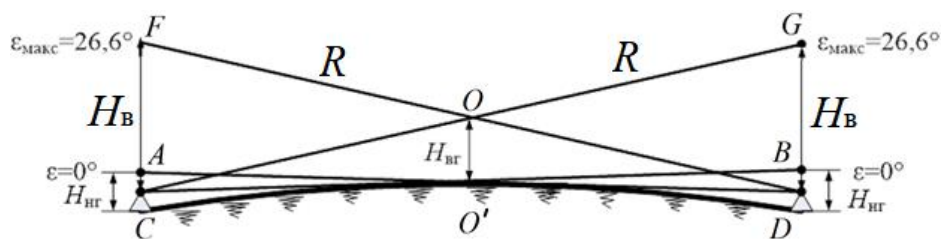


Рис. 9

Из (7) получим, что при нормальной рефракции атмосферы, при высоте электрического центра антенны равной 5 м и при потребной высоте нижней границы $H_{нг}=H_c=500$ м это расстояние CD (рис. 9) составит 101,23 км, т.е. расстояние между радиолокаторами при втором способе распределения энергии зондирующего излучения в пространстве наблюдения не должно превышать 100 км. За счет этого будет обеспечена потребная высота нижней границы радиолокационного поля 500 м и менее во всем пространстве наблюдения. Дальнейший подъем диаграммы направленности по углу места ϵ необходимо проводить до того момента, когда точка пересечения диаграмм направленности соседних радиолокаторов достигнет потребной высоты верхней границы $H_{вг}$ пространства наблюдения (точка O на рис. 9). За счет этого будет обеспечена потребная высота верхней границы радиолокационного поля 25 км и более во всем пространстве наблюдения. При этом значение максимального угла подъема диаграмм направленности $\epsilon_{макс}=26,6^\circ$, которое легко получается из решения треугольника $O'OD$, указанного на рис. 9. При втором способе распределения энергии зондирующего излучения методику оценки полноты использования энергии применим ту же, что и для первого способа, но с учетом того, что радиолокатор не проводит полного сканирования в угломестной плоскости. В этом случае в уравнении (3) по-прежнему будут рассчитываться $V_{пн1}$ – объем пространства наблюдения, покрываемого одним радиолокатором, и $V_{зн1}$ – объем зоны наблюдения одного радиолокатора. Из объема пространства наблюдения, покрываемого одним радиолокатором, дополнительно нужно вычесть объем образующегося конуса, в котором не распределяется энергия зондирующего излучения данного радиолокатора (т.н. „мертвая воронка” на рис. 10, а), а перекрывается она за счет энергии соседнего радиолокатора. А из объема зоны наблюдения одного радиолокатора нужно вычесть объем сферического сектора первого рода, в котором не распределяется энергия зондирующего излучения данного радиолокатора (затемненная часть на рис. 10, б). С учетом отмеченных особенностей получим: $V_{пн1} = \frac{1}{2} V_{сф} - V_{сфсг} - V_{мв}$ и $V_{зн1} = \frac{1}{2} V_{сф} - V_{сфск}$. Подставив правые части этих равенств в (3), получим

$$K_{из} = (\frac{1}{2} V_{сф} - V_{сфсг} - V_{мв}) / (\frac{1}{2} V_{сф} - V_{сфск}), \quad (8)$$

Для $V_{сф}$ и $V_{сфсг}$ выражения известны, а для $V_{сфск}$ и $V_{мв}$ из [4] используем соответственно выражения для расчета объемов сферического сектора первого рода и конуса (рис. 9 и 10):

$$V_{сфск} = \frac{2}{3} \pi R^2 h_{ск}, \quad (9)$$

$$V_{мв} = \frac{1}{3} \pi r^2 H_{вг}, \quad (10)$$

где r – радиус основания мертвой воронки (конуса) на высоте $H_{вг}$.

Подставим в (8) значения $V_{сф}$ и $V_{сфсг}$ из (1) и (2), $V_{сфск}$ и $V_{мв}$ из (9) и (10), причем при подстановке произведем замену переменных $h_{сг}$ на $R-H_{вг}$, $h_{ск}$ на $R-H_{в}$ и примем во внимание, что $H_{в} = 2H_{вг}$, (см. рис. 9, 10). В результате получим

$$K_{из} = 0,6875. \quad (11)$$

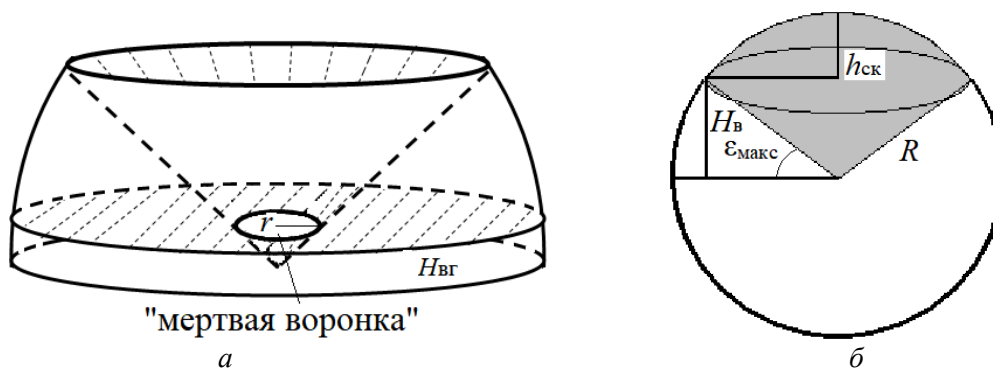


Рис. 10

Подобный результат говорит о том, что коэффициент использования энергии зондирующего излучения одним радиолокатором при втором способе распределения энергии не зависит ни от дальности действия радиолокатора, ни от высоты верхней границы пространства наблюдения, т.е. от высоты верхней границы радиолокационного поля. Он постоянен и равен примерно 0,7. Объясняется это тем, что при заданной дальности действия радиолокатора увеличение $H_{вг}$ приводит к необходимости увеличения угла $\epsilon_{макс}$, что ведет к излучению большего количества энергии зондирования вне пространства наблюдения, поэтому коэффициент использования энергии должен уменьшаться. Но при этом действует и обратная тенденция, а именно, при подъеме диаграммы направленности антенны все большая часть энергии излучения покрывает „мертвую воронку”, что приводит к прямо пропорциональному увеличению коэффициента использования энергии, компенсирующего его убывание. Проведенные рассуждения и расчеты относятся как к одиночному радиолокатору, так и к группе радиолокаторов, которые распределяют энергию зондирующего излучения внутри пространства наблюдения, образуя радиолокационное поле.

Выводы

Результаты исследований, основанных на количественной оценке параметров геометрических моделей построения радиолокационного поля, позволили выявить наиболее рациональный способ распределения энергии зондирующего излучения в пространстве наблюдения. Этот способ заключается в том, что радиолокаторы, образующие поле, расставляются в вершинах связанных правильных шестиугольников так, чтобы зоны наблюдения смежных радиолокаторов накладывались друг на друга до полной дальности действия радиолокаторов. В этом случае энергетическая неэффективность полученного радиолокационного поля за счет наложения зон наблюдения радиолокаторов всего лишь кажущаяся. На самом деле отсутствие необходимости распределять энергию под большими углами места создает существенную экономию энергии зондирующего излучения и доводит степень полноты использования энергии излучения до 70 %.

Список литературы:

1. Перельгин Б.В. Реализация системного подхода при создании радиолокационной системы метеорологического мониторинга // Радиотехника. – 2017. – № 190. – С. 13–21.
2. Перельгин Б.В., Лужбин А.М. Построение сплошного радиолокационного поля системы гидрометеорологического мониторинга на основе геометрического подхода // Радиотехника. – 2017. – № 191. – С. 173–180.
3. 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.
4. Корн Г., Корн Т. Справочник по математике для научных работников и инженеров. – Москва : Наука, 1984. – 832 с.
5. Мищенко Ю.А. Зоны обнаружения. – Москва : Воениздат, 1963. – 96 с.

РАДИОЭЛЕКТРОННЫЕ СИСТЕМЫ
RADIO ELECTRONIC SYSTEMS

УДК 621.396

Феноменологическое описание когерентных радиолокационных изображений на основе понятий меры множества и стохастического интеграла / В.К. Волосяк, С.С. Жила, Д.В. Колесников // Радиотехника : Всеукр. межвед. науч.-техн. сб. – 2018. – Вып. 194. – С. 5 – 11.

Использован феноменологический подход, основанный на законах лучевой оптики и принципе Гюйгенса – Френеля, предложена модель рассеянных электромагнитных полей в области их приема для задач дистанционного зондирования Земли. Показана процедура их обработки при восстановлении когерентного радиолокационного изображения земной поверхности в ближней зоне Френеля. Структура полученного изображения описывается интегралом свертки комплексного коэффициента рассеяния с функцией неопределенности радиолокационной системы. Отмечено, что из-за сложной внутренней структуры коэффициента рассеяния поле в области приема целесообразно рассматривать не только в виде интегралов Римана, но и интегралов Лебега, Стильтьеса, а также стохастических интегралов Ито.

Ключевые слова: феноменологическое описание, когерентное изображение, мера множества, стохастический интеграл.

Ил. 1. Библиогр.: 7 назв.

УДК 621.396

Феноменологічний опис когерентних радіолокаційних зображень на основі понять міри множини і стохастичного інтегралу / В.К. Волосяк, С.С. Жила, Д.В. Колесніков // Радіотехніка : Всеукр. міжвід. наук.-техн. зб. – 2018. – Вып. 194. – С. 5 – 11.

Використано феноменологічний підхід, що ґрунтується на законах променевої оптики та принципі Гюйгенса – Френеля, запропоновано модель розсіяних електромагнітних полів в області їх прийому для задач дистанційного зондування Землі. Показано процедуру їх обробки при відновленні когерентного радіолокаційного зображення земної поверхні в ближній зоні Френеля. Структура отриманого зображення описується інтегралом згортки комплексного коефіцієнта розсіювання з функцією невизначеності радіолокаційної системи. Зазначено, що через складну внутрішню структуру коефіцієнта розсіювання, поле в області прийому доцільно розглядати не тільки у вигляді інтегралів Рімана, але і інтегралів Лібега, Стільтьєса, а також стохастичних інтегралів Іто.

Ключові слова: феноменологічний опис, когерентне зображення, міра множини, стохастичний інтеграл.

Іл. 1. Бібліогр.: 7 назв.

UDC 621.396

Phenomenological description of coherent radar images based on concepts of the measure on a set and stochastic integral / V.K. Volosyuk, S.S. Zhyla, D.V. Kolesnikov // Radiotekhnika : All-Ukr. Sci. Interdep. Mag. – 2018. – №194. – P. 5 – 11.

The model of scattered electromagnetic fields in the region of their receiving for solving problems of the Earth remote sensing is proposed, using a phenomenological approach based on the laws of geometrical optics and the Huygens-Fresnel principle. The procedure for their processing, while restoring a coherent radar image of the earth's surface in the near Fresnel zone, is shown. The structure of the obtained image is described by the convolution integral of the complex scattering coefficient with the radar system ambiguity function. It is noted that, due to the complex internal structure of the scattering coefficient, it is reasonable to consider the field in the receiving region not only as Riemann integrals, but also Lebesgue and Stieltjes integrals, and Ito stochastic integrals.

Key words: phenomenological description; coherent image; measure on a set; stochastic integral.

Fig. 1. Ref.: 7 items.

УДК 621.396.96:504.064.3

Рациональное распределение энергии зондирующего излучения в пространстве наблюдения системы гидрометеорологического мониторинга / Б.В. Перельгин // Радиотехника : Всеукр. межвед. науч.-техн. сб. – 2018. – Вып. 194. – С. 12 – 18.

Представлены результаты исследований, позволившие выявить наиболее рациональный способ распределения энергии зондирующего излучения в пространстве наблюдения. Этот способ заключается в том, что радиолокаторы, образующие поле, расставляются в вершинах связанных правильных шестиугольников так, чтобы зоны наблюдения смежных радиолокаторов накладывались друг на друга до полной дальности действия радиолокаторов при одновременном ограничении подъема диаграмм направленности антенных систем по углу места. В этом случае отсутствие необходимости распределения энергии под большими углами места создает существенную экономию энергии зондирующего излучения и доводит степень полноты использования энергии излучения до 70 %.

Ключевые слова: радиолокационная система гидрометеорологического мониторинга, пространственное

распределение энергии зондирующего излучения.

Ил. 10. Библиогр.: 5 назв.

УДК 621.396.96:504.064.3

Рациональний розподіл енергії зондувального випромінювання в просторі спостереження системи гідрометеорологічного моніторингу / Б.В. Перелигін // Радіотехніка : Всеукр. міжвід. наук.-техн. зб. – 2018. – Вип. 194. – С. 12 – 18.

Представлено результати досліджень, які дозволили виявити найбільш раціональний спосіб розподілу енергії зондувального випромінювання в просторі спостереження. Спосіб полягає в тому, що радіолокатори, що утворюють поле, розставляються в вершинах пов'язаних правильних шестикутників так, щоб зони спостереження суміжних радіолокаторів накладалися один на одного до повної дальності дії радіолокаторів при одночасному обмеженні підйому діаграм направленості антенних систем по куту місця. У цьому випадку відсутність необхідності розподілу енергії під великими кутами місця створює істотну економію енергії зондувального випромінювання і доводить ступінь повноти використання енергії випромінювання до 70 %.

Ключові слова: радіолокаційна система гідрометеорологічного моніторингу, просторовий розподіл енергії зондувального випромінювання.

Ил. 10. Бібліогр.: 5 назв.

UDC 621.396.96:504.064.3

Rational distribution of energy of probing radiation in the observation space of the hydrometeorological monitoring system / B.V. Perelygin // Radiotekhnika : All-Ukr. Sci. Interdep. Mag. – 2018. – №194. – P. 12 – 18.

The results of investigations are presented, which made it possible to reveal the most rational way of distributing the energy of probing radiation in the observation space. This method consists in the fact that the radars forming the field are placed at the vertices of the connected regular hexagons so that the observation zones of adjacent radars are superimposed on each other up to the full range of the radar, while limiting the elevation of the antenna patterns by the elevation angle. In this case, the absence of the need for energy distribution at large elevation angles creates a significant saving in the energy of the probing radiation and brings the degree of completeness of utilization of the radiation energy to 70%.

Key words: radar hydrometeorological monitoring system, spatial distribution of energy of probing radiation.

10 fig. Ref.: 5 items.

УДК 621.396

Определение среднего вдоль луча показателя преломления воздуха на основе эффекта уширения линий поглощения молекул воздуха / О.А. Ремаева, К.А. Соколинский // Радіотехніка : Всеукр. межвід. науч.-техн. зб. – 2018. – Вип. 194. – С. 19 – 22.

В связи с широкомасштабным использованием GPS технологий точность определения местоположения исследуемого объекта имеет высокое значение. Рассмотрено влияние поглощения основными молекулами воздуха на величину его показателя преломления. На основе этих исследований разработан метод определения величины среднеинтегрального показателя преломления воздуха, исследованы погрешности метода.

Ключевые слова: тропосфера, показатель преломления воздуха, уширение линий поглощения.

Библиогр.: 3 назв.

УДК 621.396

Визначення середнього вздовж променя показника заломлення повітря на основі ефекту ширення ліній поглинення молекул повітря / О.О. Ремаєва, К.О. Соколінський // Радіотехніка : Всеукр. міжвід. наук.-техн. зб. – 2018. – Вип. 194. – С. 19 – 22.

У зв'язку з масштабним використанням GPS технологій точність визначення знаходження об'єкта має високе значення. Розглянуто вплив поглинення основними молекулами повітря на величину його показника заломлення. На основі цих досліджень розроблено метод визначення величини середньоінтегрального показника заломлення повітря, досліджено похибки метода.

Ключові слова: тропосфера, показник заломлення повітря, ширення ліній поглинення.

Бібліогр.: 3 назви.

UDC 621.396

Determination of refractive index of air along the ray based on the effect of absorption line broadening of air molecules / O.A. Remayeva, K.A. Sokolinskyi // Radiotekhnika : All-Ukr. Sci. Interdep. Mag. – 2018. – №194. – P. 19 – 22.

Due to the large-scale use of GPS technology, the accuracy of determining the location of the object under investigation is of high importance. The effect of absorption of the basic molecules of air on the value of refractive index was examined. Based on these studies a method was developed for determining the magnitude of the average integral refractive index of air, and the errors in the method were investigated. The method for determining the integral average value of air refractive index is developed on the basis of these investigations. The accuracy of the method was studied.

Key words: troposphere, refractive index of air, absorption line broadening.

Ref.: 3 items.

УДК 528.88

Исследование возможности повышения точности измерений концентрации частиц взрывчатых веществ методами дистанционного зондирования / В.А. Романюк, С.О. Стародубцев, С.В. Шаповалов // Радиотехника : Всеукр. межвед. науч.-техн. сб. – 2018. – Вып. 194. – С. 23 – 28.

Большинство из существующих методов обнаружения взрывчатых веществ (ВВ) требуют отбора проб и пробоподготовки, тогда как при выполнении работ по поиску и обезвреживанию взрывных устройств не всегда есть возможность контакта с взрывным устройством (ВУ). В связи с этим, особый интерес вызывают методы дистанционного обнаружения ВВ по детектированию их частиц, присутствующих в тех или иных количествах вблизи или на поверхности ВУ.

Сложность выявления таких веществ заключается в том, что кроме натуральных образцов они могут находиться в упаковке. Кроме того, часто возникает необходимость выявления следового количества опасных веществ на упаковках и контактных поверхностях.

Цель статьи – исследование возможности повышения точности лидарных измерений концентрации частиц взрывчатых веществ с учетом ширины линии лазерного излучения и ширины поглощения исследуемой молекулы.

Ключевые слова: дистанционное зондирование, взрывчатые вещества, полуширина линии лазерного излучения, линия поглощения.

Ил. 1. Библиогр.: 7 назв.

УДК 528.88

Дослідження можливості підвищення точності вимірювань концентрації частинок вибухових речовин методами дистанційного зондування / В.А. Романюк, С.О. Стародубцев, С.В. Шаповалов // Радиотехніка : Всеукр. міжвід. наук.-техн. зб. – 2018. – Вип. 194. – С. 23 – 28.

Більшість з існуючих методів виявлення вибухових речовин (ВР) вимагають відбору проб і пробопідготовки, тоді як при виконанні робіт з пошуку і знешкодження вибухових пристроїв не завжди є можливість контакту з вибуховим пристроєм (ВП). У зв'язку з цим, особливий інтерес викликають методи дистанційного виявлення ВР з детектування їх частинок, присутніх в тих чи інших кількостях поблизу або на поверхні ВП.

Складність виявлення таких речовин полягає в тому, що крім натурних зразків вони можуть перебувати в упаковках. Крім того, часто виникає необхідність виявлення слідової кількості небезпечних речовин на упаковках і контактних поверхнях.

Мета статті – дослідження можливості підвищення точності лідарних вимірювань концентрації частинок вибухових речовин з врахуванням ширини лінії лазерного випромінювання і ширини поглинання досліджуваної молекули.

Ключові слова: дистанційне зондування, вибухові речовини, напівширина лінії лазерного випромінювання, лінія поглинання.

Лл. 1. Бібліогр.: 7 назв.

UDC 528.88

Study of the possibility of increasing the accuracy of measuring the concentration of particles of explosives by remote sensing methods / V.A. Romanyuk, S.O. Starodubtsev, S.V. Shapovalov // Radiotekhnika : All-Ukr. Sci. Interdep. Mag. – 2018. – №194. – P. 23 – 28.

Most of the existing methods for detection of explosives require sampling and sample preparation, whereas in the search for explosives, it is not always possible to contact the explosive device (ED). In this connection, the methods for remote detection of explosives by detecting their particles present in various quantities near or on the surface of the explosive are of particular interest.

The difficulty of detecting such substances lies in the fact that, in addition to full-scale samples, they may be in the package. In addition, it often becomes necessary to detect a trace amount of hazardous substances on packages and contact surfaces.

The purpose of the article is to study the possibility of improving the accuracy of lidar measurements of the concentration of particles of explosives, taking into account the width of the laser emission line and the absorption width of the molecule under study.

Key words: remote sensing, explosives, laser radiation half-width, absorption line.

1 fig. Ref.: 7 items.

УДК 621.373.826:53.088.23

Принципы моделирования измерений в оптических нелинейных динамических системах / Ю.П. Мачехин, Ю.С. Курской, А.С. Гнатенко // Радиотехника : Всеукр. межвед. науч.-техн. сб. – 2018. – Вып. 194. – С. 29 – 33.

Цель работы – создание принципов моделирования измерений в оптических нелинейных динамических системах (лазеры, солитоны, оптические системы криптографии). Модель измерения таких систем должна содержать: входные величины и их зависимости от времени и шумов, неопределенности измерения входных величин и начальных условий, функции эволюции и время предсказания. Для случая, когда математическое описание процессов в системах невозможно, предложено использовать портрет измерения. Анализ портрета изме-

рения позволяет определить фрактальную размерность системы, сделать выводы о динамике динамических переменных и о связи их значений без знания аналитических решений исходной системы уравнений. Могут быть определены точки бифуркации и показатели Ляпунова, время прогноза динамики и другие величины. Предложенные принципы моделирования процесса измерений обеспечивают теоретические, модельные и экспериментальные исследования физических явлений в оптических нелинейных динамических системах, содействует решению широкого круга задач создания и управления оптическими системами, исследования процессов самоорганизации и динамики таких систем.

Ключевые слова: нелинейная динамическая система, хаос, модель измерения, портрет измерения.

Библиогр.: 17 назв.

УДК 621.373.826:53.088.23

Принципи моделювання вимірювань в оптичних нелінійних динамічних системах / Ю.П. Мачехін, Ю.С. Курський, А.С. Гнатенко // Радіотехніка : Всеукр. міжвід. наук.-техн. зб. – 2018. – Вип. 194. – С. 29 – 33.

Мета роботи – створення принципів моделювання вимірювань в оптичних нелінійних динамічних системах (лазери, солітони, оптичні системи криптографії). Модель вимірювання таких систем повинна містити: вхідні величини і їх залежності від часу і шумів, невизначеності вимірювання вхідних величин і початкових умов, функції еволюції і час передбачення. Для випадку, коли математичний опис процесів в системах неможливий, запропоновано використовувати портрет вимірювання. Аналіз портрета вимірювання дозволяє визначити фрактальну розмірність системи, зробити висновки про динаміку динамічних змінних і про зв'язок їх значень без знання аналітичних рішень вихідної системи рівнянь. Можуть бути визначені точки бифуркації і показники Ляпунова, час прогнозу динаміки і інші величини. Запропоновані принципи моделювання процесу вимірювань забезпечують теоретичні, модельні та експериментальні дослідження фізичних явищ в оптичних нелінійних динамічних системах, сприяють вирішенню широкого кола завдань створення і управління оптичними системами, дослідження процесів самоорганізації та динаміки таких систем.

Ключові слова: нелінійна динамічна система, хаос, модель вимірювання, портрет вимірювання.

Бібліогр.: 17 назв.

UDC 621.373.826:53.088.23

Principles of measurement modeling in optical nonlinear dynamical systems / Yu.P. Machekhin, Yu.S. Kurskoy, A.S. Gnatenko // Radiotekhnika : All-Ukr. Sci. Interdep. Mag. – 2018. – №194. – P. 29 – 33.

The task of the paper consists in a creating the principles for measurement modeling in optical nonlinear dynamical systems (lasers, solitons, optical cryptography systems). The measurement model of such systems should contain: the input values, their time and noise dependencies, measurement uncertainties of input quantities and initial conditions, evolution function and forecasting time. It is suggested to use the measurement portrait for the case when the mathematical description of the systems is impossible. Analysis of measurement portrait allows us to calculate the fractal dimension, dynamics of the dynamic variables and the relationship of their values without knowledge of the analytical solutions of the system equations. Bifurcation points and Lyapunov exponents, the forecast time of the dynamics and other quantities can be calculated too. The principles of modeling the measurement process, proposed by the authors, provide theoretical, model and experimental studies of physical phenomena in the optical nonlinear dynamical systems, facilitate the solution of a wide range of problems with creation and management of optical systems, and study the processes of self-organization and dynamics in such systems.

Key words: nonlinear dynamical system, chaos, measurement model, measurement portrait.

Ref.: 17 items.

УДК 623.465

Пути модернизации оптико-электронных средств разведки и прицеливания ВВТ / В.В. Кондрат, А.И. Костенко, В.В. Куценко // Радіотехніка : Всеукр. міжвід. наук.-техн. зб. – 2018. – Вип. 194. – С. 34 – 37.

Проведен сравнительный анализ существующих и перспективных (модернизированных) оптико-электронных средств ночного и дневного видения. Предложены пути их модернизации с целью создания интегрированной автоматической системы принятия решений на уничтожение целей для образцов ВВТ Национальной гвардии Украины.

Ключевые слова: автоматизированная система принятия решений на уничтожение целей, электронный оптический преобразователь, установка.

Табл. 2. Библиогр.: 15 назв.

УДК 623.465

Шляхи модернізації оптико-електронних засобів розвідки та прицілювання ОБТ / В.В. Кондрат, О.І. Костенко, В.В. Куценко // Радіотехніка : Всеукр. міжвід. наук.-техн. зб. – 2018. – Вип. 194. – С. 34 – 37.

Проведено порівняльний аналіз існуючих та перспективних (модернізованих) оптико-електронних засобів нічного та денного бачення. Надаються пропозиції щодо шляхів їх модернізації з метою створення інтегрованої автоматичної системи прийняття рішення на ураження цілей для зразків ОБТ Національної гвардії України.

Ключові слова: автоматизована система прийняття рішення на ураження цілей, електронний оптичний перетворювач, установка.

Табл. 2. Бібліогр.: 15 назв.

UDC 623.465

Ways of upgrading optical-electronic reconnaissance and aiming weapons and military equipment / V. Kondrat, O. Kostenko, V. Kutsenko // Radiotekhnika : All-Ukr. Sci. Interdep. Mag. – 2018. – №194. – P. 34 – 37.

A comparative analysis of existing and prospective (modernized) optical-electronic means of night and day vision is carried out. The ways of their modernization are proposed in order to create an integrated automatic decision-making system for the destruction of targets for weapons and military equipment samples of the National Guard of Ukraine.

Key words: automated decision-making system for hitting the targets, electronic optical converter, installation.
2 tab. Ref.: 15 items.

УДК 621.39, 004.7

Верификация шестиугольной коммуникационной решетки бесконечными сетями Петри / Т.Р. Шмельова // Радиотехника : Всеукр. межвед. науч.-техн. сб. – 2018. – Вып. 194. – С. 38 – 45.

Построено формальное прямое параметрическое описание модели шестиугольной решетки со стороной k по указанным правилам композиции решетки. На основании прямого описания модели построена система линейных уравнений для нахождения инвариантов позиций. Применена методика вычисления линейных инвариантов бесконечных сетей Петри с регулярной структурой для открытой шестиугольной решетки, получено решение системы линейных уравнений в параметрической форме. Доказано, что модель шестиугольной решетки, представленная в форме бесконечной сети Петри, является p -инвариантной сетью Петри для произвольного натурального числа k и обладает свойствами ограниченности и консервативности. Коммуникационные решетки, представляющие собой реализацию изученной модели, могут быть построены с использованием накопителей конечной ёмкости без переполнения.

Ключевые слова: вычислительные решетки, шестиугольная коммуникационная структура, бесконечная сеть Петри, прямое параметрическое представление, линейный инвариант, верификация протоколов.

Табл. 2. Ил. 2. Библиогр.: 9 назв.

УДК 621.39, 004.7

Верифікація шестикутної комунікаційної ґратки нескінченними сітями Петрі / Т.Р. Шмельова // Радиотехніка : Всеукр. міжвід. наук.-техн. зб. – 2018. – Вип. 194. – С. 38 – 45.

Побудований формальний прямий параметричний опис моделі шестикутної ґратки зі стороною k за вказаними правилами композиції решітки. На підставі прямого опису моделі побудована система лінійних рівнянь для знаходження інваріантів позицій. Застосовано методику обчислення лінійних інваріантів нескінченних сіток Петрі з регулярною структурою для відкритої шестикутної ґратки, отримано рішення системи лінійних рівнянь в параметричній формі. Доведено, що модель шестикутної ґратки, яка представлена у формі нескінченної мережі Петрі, є p -інваріантною сіттю Петрі для довільного натурального числа k і має властивості обмеженості та консервативності. Комунікаційні решітки, що представляють собою реалізацію вивченої моделі, можуть бути побудовані з використанням накопичувачів кінцевої ємності без переповнення.

Ключові слова: обчислювальні ґратки, шестикутна комунікаційна структура, нескінченна сіть Петрі, пряме параметричне представлення, лінійний інваріант, верифікація протоколів.

Табл. 2. Іл. 2. Бібліогр.: 9 назв.

UDC 621.39, 004.7

Verification of the hexagonal communication grid by infinite Petri nets / T.R. Shmeleva // Radiotekhnika : All-Ukr. Sci. Interdep. Mag. – 2018. – №194. – P. 38 – 45.

A formal direct parametric description of the hexagonal grid model with side k is constructed according to the specified grid composition rules. A system of linear equations is constructed for finding invariants of positions on the basis of a direct description of the model. A method for calculating linear invariants of infinite Petri nets with a regular structure for an open hexagonal grid is used, and a solution of a system of linear equations in parametric form is obtained. It is proved that the hexagonal grid model, represented in the form of infinite Petri net, is a p -invariant Petri net for an arbitrary natural number k and has the boundedness and conservativeness properties. Communication grids, representing the implementation of the studied model, can be constructed using devices with limited capacity without overflow.

Key words: computing grids, hexagonal communication structure, infinite Petri net, direct parametric specification, linear invariant, verification of protocols.

2 tab. 2 fig. Ref.: 9 items.

УДК 004.056.5

Стеганоаналитический метод для выявления скрытого канала связи с малой пропускной способностью / И.И. Бобок // Радиотехника : Всеукр. межвед. науч.-техн. сб. – 2018. – Вып. 194. – С. 46 – 51.

На основе нового общего подхода к задаче выявления нарушений целостности цифрового изображения (ЦИ), базирующемся на имеющихся место свойствах сингулярных чисел и сингулярных векторов, отвечающих максимальным сингулярным числам, блоков матрицы оригинального/неоригинального изображения, разработаны два стеганоаналитических метода СМ1 и СМ2. Предложенные методы ориентированы на выявление скрытого (стеганографического) канала связи, сформированного методом модификации наименьшего значаще-

го бита при использовании в качестве контейнеров ЦИ в формате с потерями, являются эффективными в условиях малых значений (меньше 0.1 бит/пиксель) пропускной способности скрытого канала связи (СПС). Ошибки первого рода для полиномиальных степени 2 алгоритмических реализаций СМ1 и СМ2 в условиях СПС 0,01 бит/пиксель составляют 1,7 и 1,3% соответственно, при этом ошибки второго рода не превышают 4 %. Существующие современные аналоги в условиях настолько малой СПС не работают.

Ключевые слова: целостность цифрового изображения (ЦИ), сингулярные числа, шибки первого рода, способность скрытого канала связи (СПС).

Табл. 2. Библиогр.: 14 назв.

УДК 004.056.5

Стеганоаналітичний метод для виявлення прихованого каналу зв'язку з малою пропускною спроможністю / І.І. Бобок // Радіотехніка : Всеукр. міжвід. наук.-техн. зб. – 2018. – Вип. 194. – С. 46 – 51.

На основі нового загального підходу до проблеми виявлення порушень цілісності цифрового зображення (ЦЗ), що базується на властивостях сингулярних чисел і сингулярних векторів, що відповідають максимальним сингулярним числам, блоків матриці оригінального/ неоригінального зображення, розроблено два стеганоаналітичних методи СМ1 і СМ2. Запропоновані методи орієнтовані на виявлення прихованого (стеганографічного) каналу зв'язку, що формується методом модифікації найменшого значущого біта при використанні в якості контейнерів ЦЗ у форматі з втратами, і є ефективними в умовах малих значень (менше 0,1 біт/пиксель) пропускної спроможності прихованого каналу зв'язку (ППС). Помилки першого роду для поліноміальних ступеня 2 алгоритмічних реалізацій СМ1 і СМ2 в умовах ППС 0,01 біт/пиксель становлять 1,7 і 1,3 % відповідно, при цьому помилки другого роду не перевищують 4 %. Існуючі сучасні аналоги в умовах настільки малої ППС не працюють.

Ключові слова: цілісність цифрового зображення (ЦЗ), сингулярні числа, помилки першого роду, спроможність прихованого каналу зв'язку (ППС).

Табл. 2. Бібліогр.: 14 назв.

UDC 004.056.5

The steganoanalytical method for revealing a hidden communication channel with low capacity / I.I. Bobok // Radiotekhnika : All-Ukr. Sci. Interdep. Mag. – 2018. – №194. – P. 46 – 51.

Two stegano-analytical methods, CM1 and CM2, were developed. The basis of these methods is a new general approach to the problem of detecting integrity violations of digital images, which uses the properties of singular numbers and singular vectors of blocks of the image matrix. The proposed methods serve to identify the steganographic communication channel, formed by the Least Significant Bit method. A digital image in lossy format is used as a container. The methods CM1 and CM2 are effective for small values (less than 0.1 bit/pixel) of the latency channel capacity (LCC). Algorithms that implement methods are polynomial. Errors of the first kind are 1.7 and 1.3%, respectively, the errors of the second kind do not exceed 4% (LCC 0.01 bit/pixel). Existing modern analogues in conditions of such a small latency channel capacity do not work.

Key words: the integrity of the digital image (DI), singular numbers, errors of the first kind, the ability of the hidden communication channel.

2 tab. Ref.: 14 items.

УДК 551.5

Анализ пространственной структуры метеорных потоков и ассоциаций каталога ХНУРЭ / Д.Г. Сахно, Е.А. Иванова, Д.Ю. Горелов // Радиотехника : Всеукр. межвед. науч.-техн. сб. – 2018. – Вип. 194. – С. 52 – 65.

Приведен алгоритм расчета плотности метеорного потока в стандартном перигелии его средней орбиты – численного критерия, по которому можно сравнивать пылеобразующие свойства метеорных потоков. Показано, что наиболее мощным потокам свойственны значения больших полуосей $a \approx 1 \text{ а. е.}$, перигелийных расстояний $0.4 < q < 0.8 \text{ а. е.}$ и эксцентриситетов $e > 0.8$. Выявлены потоки, приведенная к стандартному перигелию плотность которых превышает плотность такого мощного потока, как GEMINIDS.

Ключевые слова: метеороид, метеор, метеорный поток, средняя орбита метеорного потока, элементы орбиты, родительское тело метеорного потока, плотность метеорного потока.

Табл. 2. Ил. 18. Библиогр.: 5 назв.

УДК 551.5

Аналіз просторової структури метеорних потоків та асоціацій каталогу ХНУРЕ / Д.Г. Сахно, О.О. Иванова, Д.Ю. Горелов // Радіотехніка : Всеукр. міжвід. наук.-техн. зб. – 2018. – Вип. 194. – С. 52 – 65.

Запропоновано алгоритм розрахунку щільності метеорного потоку у стандартному перигелії його середньої орбіти – чисельного критерію, за яким можна порівнювати пилообразуючі властивості метеорних потоків. Показано, що найбільш потужним потокам властиві значення більших півосей $a \approx 1 \text{ а. е.}$, перигелійних відстаней $0.4 < q < 0.8 \text{ а. е.}$ та эксцентриситетів $e > 0.8$. Виявлено потоки, що мають щільність у стандартному перигелії вищу, ніж такий потужний метеорний потік, як GEMINIDS.

Ключові слова: метеороїд, метеор, метеорний потік, середня орбіта метеорного потоку, елементи орбіти,

батьківське тіло метеорного потоку, густина метеорного потоку.

Табл. 2. Іл. 18. Бібліогр.: 5 назв.

UDC 551.5

Analysis of the spatial structure of meteor showers and associations of the KNURE catalog / D.G. Sakhno, O.O. Ivanova, D.Y. Gorelov // Radiotekhnika : All-Ukr. Sci. Interdep. Mag. – 2018. – №194. – P. 52 – 65.

The algorithm is proposed for calculating the density of a meteor streams in the standard perihelion of its average orbit – a numerical criterion by which dust-forming properties of meteor streams can be compared. It is shown that the most powerful meteor streams are characterized by the values of the large semi-axes $a \approx 1$ a.e., perihelion distances of $0.4 < q < 0.8$ a.e. and eccentricities $e > 0.8$. The meteor streams are detected, whose density exceeds the density of such a powerful stream as GEMINIDS (according to density in the standard perihelion of its average orbit).

Key words: meteoroid, meteor, meteor shower, meteor shower's orbit, elements of the orbit, parent body of the meteor shower, density of the meteor shower.

2 tab. 18 fig. Ref.: 5 items.

ОБРАБОТКА СИГНАЛОВ SIGNAL PROCESSING

УДК 621.375

Анализ системы подавления мощной узкополосной помехи в радиометрической приемнике / Т.Д. Гуцол, А.Д. Черенков, В.В. Семенец // Радиотехника : Всеукр. межвед. науч.-техн. сб. – 2018. – Вып. 194. – С. 66 – 72.

Проведен аналитический анализ метода и схемы подавления мощной узкополосной помехи вблизи частоты гетеродина. Обоснованность метода заключается в автоматическом обнаружении помехи, совмещении с частотой гетеродина и поддержании постоянства гетеродинирующего сигнала. В схеме подавления помехи реализуется принцип работы модуляционного радиометра, в котором узел коммутации напряжением типа «меандр» управляет работой сверхвысокочастотного ключа, сумматоров напряжения и фазового детектора. Цепи автоматической подстройки частоты и регулировки амплитуды гетеродина независимы и действуют постоянно.

Ключевые слова: радиометрический приёмник; подавление узкополосной помехи; СВЧ-ключ; автоматическая подстройка частоты; сумматор напряжения; фазовый детектор.

Ил. 2. Библиогр.: 21 назв.

УДК 621.375

Аналіз системи пригнічення потужної вузькополосної перешкоди в радіометричному приймачі / Т.Д. Гуцол, О.Д. Черенков, В.В. Семенец // Радіотехніка : Всеукр. міжвід. наук.-техн. зб. – 2018. – Вып. 194. – С. 66 – 72.

Проведено аналітичний аналіз методу і схеми пригнічення потужної вузькополосної перешкоди поблизу частоти гетеродина. Обґрунтованість методу полягає в автоматичному виявленні перешкоди, суміщеної з нею частоти гетеродина і підтримці сталості гетеродиніруючого сигналу. У схемі пригнічення перешкоди реалізується принцип роботи модуляційного радіометра, в якому вузол комутації напругою типу «меандр» управляє роботою надвисокочастотного ключа, суматорів напруги і фазового детектора. Кола автоматичного підстроювання частоти і регулювання амплітуди гетеродина незалежні і діють постійно.

Ключові слова: радіометричний приймач; пригнічення вузькополосної перешкоди; СВЧ-ключ; автоматичний підстроювач частоти; суматор напруги; фазовий детектор.

Іл. 2. Бібліогр.: 21 назв.

UDC 621.375

Analysis of suppression of high-power narrow-band interference in radiometric receivers / T.D. Gutsol, A.D. Cherenkov, V.V. Semenets // Radiotekhnika : All-Ukr. Sci. Interdep. Mag. – 2018. – №194. – P. 66 – 72.

The subject of this article is analytical analysis of the method and scheme of high-power narrow-band interference suppression in the vicinity of the local oscillator frequency. The used method is based on the automatic detection of interference combined with the local oscillator frequency and maintaining constancy of its signal. Interference cancellation scheme is based on the principle of operation of the modulation radiometer, in which the "meander" voltage switching unit controls the operation of the microwave key, the voltage adders and the phase detector. The circuits of automatic frequency tuning and adjustment of the amplitude of the local oscillator are independent and act continuously.

Key words: radiometric receiver; narrowband interference suppression; Microwave key; automatic frequency control; voltage adder; phase detector

2 fig. Ref.: 21 items.

УДК 004.89: 621.396

Обработка сигналов в интеллектуальных системах контроля малозаметных и малоподвижных воздушных объектов / С.В. Солонская, В.В. Жирнов // Радиотехника : Всеукр. межвед. науч.-техн. сб. – 2018. – Вып. 194. – С. 73 – 78.

Предлагается повысить эффективность обзорных РЛС по обнаружению и распознаванию малозаметных и малоподвижных воздушных объектов за счет создания специальных (виртуальных) пространственно – временных образов (изображений) для накопления как энергетической, так и семантической составляющих сигнальной информации с использованием математического аппарата алгебры конечных предикатов. Показано, как этот подход может использоваться для обнаружения и распознавания малоподвижных летательных аппаратов, которые могут находиться как в режиме полета, так и в режиме зависания. Такая сигнальная информация будет сопровождаться разными семантическими отличительными признаками: признаком трассового следа и признаком повтора сигнала.

Ключевые слова: обработка сигналов, малозаметный и малоподвижный воздушный объект, обнаружение, распознавание, радиолокационные отметки, интеллектуальная система.

Ил. 2. Библиогр.: 9 назв.

УДК 004.89: 621.396

Обробка сигналів в інтелектуальних системах контролю малопомітних і малорухливих повітряних об'єктів / С.В. Солонська, В.В. Журнов // Радіотехніка : Всеукр. міжвід. наук.-техн. зб. – 2018. – Вип. 194. – С. 73 – 78.

Пропонується підвищити ефективність оглядових РЛС по виявленню і розпізнаванню малопомітних і малорухливих повітряних об'єктів за рахунок створення спеціальних (виртуальних) просторово – тимчасових образів (зображень) для накопичення як енергетичною, так і семантичною складових сигнальної інформації з використанням математичного апарату алгебри кінцевих предикатів. Показано, як цей підхід може використовуватися для виявлення і розпізнавання малорухливих літальних апаратів, які можуть знаходитися як в режимі польоту, так і в режимі зависання. Така сигнальна інформація супроводитиметься різними семантичними відмітками ознаками: ознакою трассового сліду і ознакою повтору сигналу.

Ключові слова: обробка сигналів, малопомітний і малорухливий повітряний об'єкт, виявлення, розпізнавання, відмітки радіолокацій, інтелектуальна система.

Ил. 2. Библиогр.: 9 назв.

UDC 004.89: 621.396

Signal processing in intelligent control systems for low-visibility and low-mobility air units / S. Solonskaya, V. Zhyrnov // Radiotekhnika : All-Ukr. Sci. Interdep. Mag. – 2018. – №194. – P. 73 – 78.

It is proposed to improve the effectiveness of survey radars in detecting and recognizing low-visible and slow-moving air objects by creating special (virtual) space-time images for accumulating both energy and semantic components of signal information using the mathematical apparatus of algebra of finite predicates. It is shown how this approach can be used to detect and recognize slow-moving aircraft, which can be both in flight mode and in hang mode. Such signaling information will be accompanied by different semantic distinctive features: a sign of a trace and sign of the signal repetition.

Key words: signal processing, low-visible and slow-moving air object, detection, recognition, radar marks, intelligent system.

2 fig. Ref.: 9 items.

УДК 621.372; 616.12-073.7

Адаптивный метод с шумо- и сигнально-зависимым переключением фильтров для подавления нестационарного шума в сигнале электрокардиограммы в реальном времени / Н.О. Тулякова, А.Н. Трофимчук, А.Е. Стрижак // Радіотехніка : Всеукр. міжвед. науч.-техн. сб. – 2018. – Вып. 194. – С. 79 – 96.

Предложен новый метод подавления нестационарного шума в электрокардиограмме (ЭКГ) в реальном времени с шумо- и сигнально- зависимым переключением фильтра с наиболее подходящими для обработки локального сегмента сигнала параметрами. На основе метода разработаны адаптивные алгоритмы. Получены статистические оценки эффективности по критериям среднеквадратической ошибки, максимума абсолютного отклонения и отношения сигнал-шум для сигнала ЭКГ при частоте дискретизации 1 кГц в условиях различного уровня аддитивного гауссова шума. Показано, что при очень низком уровне шума предложенные фильтры не вносят искажений в QRS-комплекс, а при среднем-высоком уровне шума обеспечивают высокую степень его подавления. В сравнении с современным динамическим алгоритмом фильтрации электромиографического (ЭМГ) шума в ЭКГ предложенные адаптивные фильтры имеют преимущество в эффективности и меньшую задержку обработки. Продемонстрировано хорошее качество подавления различного уровня ЭМГ шума в сигнале ЭКГ.

Ключевые слова: ЭКГ сигнал, ЭМГ шум, адаптивная фильтрация в реальном времени.

Табл. 1. Ил. 10. Библиогр.: 31 назв.

УДК 621.372; 616.12-073.7

Адаптивний метод з шумо- та сигнально- залежним перемикуванням фільтрів для пригнічення нестационарного шуму в сигналі електрокардіограми в реальному часі / Н.О. Тулякова, О.М. Трофимчук, О.Є. Стрижак // Радіотехніка : Всеукр. міжвід. наук.-техн. зб. – 2018. – Вип. 194. – С. 79 – 96.

Запропоновано новий метод пригнічення нестационарного шуму в електрокардіограмі (ЕКГ) в реальному

часі з шумо- та сигнально-залежним перемиканням фільтра з найбільш підходящими для обробки локального сегменту сигналу параметрами. На основі методу розроблено адаптивні алгоритми. Отримано статистичні оцінки ефективності за критеріями середньоквадратичної помилки, максимуму абсолютного відхилення та відношення сигнал-шум для модельного сигналу ЕКГ при частоті дискретизації 1 кГц в умовах різного рівня адитивного гаусова шуму. Показано, що за дуже низьким рівнем шуму запропоновані фільтри не вносять викривлень у QRS-комплекс, а за середнім-високим рівнем шуму забезпечують високу ступінь його пригнічення. В порівнянні з сучасним динамічним алгоритмом фільтрації електроміографічного (ЕМГ) шуму в ЕКГ запропоновано адаптивні фільтри мають перевагу в ефективності і меншу затримку обробки. Продемонстровано високу якість пригнічення різного рівня ЕМГ шуму в сигналі ЕКГ.

Ключові слова: ЕКГ сигнал, ЕМГ шум, адаптивна фільтрація в реальному часі.

Табл. 1. Іл. 10. Бібліогр.: 31 назв.

UDC 621.372; 616.12-073.7

Adaptive method with noise- and signal-dependent switching of filters for suppression of non-stationary noise in an electrocardiogram signal in real time / N.O. Tulyakova, O.M. Trofymchuk, O.Ye. Stryzhak // Radiotekhnika : All-Ukr. Sci. Interdep. Mag. – 2018. – №194. – P. 79 – 96.

A new method for suppressing non-stationary noise in an electrocardiogram (ECG) in real time with a noise- and signal-dependent switching of filter with the most suitable processing of local signal segment is proposed. Adaptive algorithms are designed on the basis of this method. Statistical estimates of efficiency are obtained using such criteria as mean-square error, maximum absolute deviation, and signal-to-noise ratio for a model of ECG signal sampled at 1 kHz under conditions of different levels of additive Gaussian noise. It is shown that, with a very low noise level, the proposed algorithms do not distort the QRS-complex, and with a middle and high noise level, they provide a high degree of its suppression. In comparison with the modern dynamic algorithm of filtering of electromyographic (EMG) noise in an ECG, the proposed adaptive filters have an advantage in efficiency and smaller processing delay. Good quality of suppression of different levels of EMG noise in the ECG signal is demonstrated.

Key words: ECG signal, EMG noise, adaptive filtering in real time.

1 tab. 10 fig. Ref.: 31 items.

ФИЗИКА ПРИБОРОВ И СИСТЕМ PHYSICS OF DEVICES AND SYSTEMS

УДК 621.385.6

Особенности переходных процессов в серебряном нанопроводе с оптически динамической оболочкой / Н.П. Стогний, Н.П. Климова, Н.С. Бутенко // Радиотехника : Всеукр. межвед. науч.-техн. сб. – 2018. – Вып. 194. – С. 97 – 103.

Представлено фундаментальное теоретическое понимание процесса временной динамики возбужденного поверхностного плазмона в структуре, состоящей из металлического нанопровода с оптически динамической оболочкой. Описаны особенности динамики в металлическом нанопроводе с помощью строгих и точных математических расчетов, полученных из полуаналитического решения в области преобразования Лапласа и обратного преобразования в переходной области с помощью оценки вычетов в особых точках, соответствующих собственным частотам возбужденных плазмонов структуры.

Эта проблема представляет собой 2D-модель нанолазера и имеет приложения в наиболее развивающихся областях нанофотоники, которые требуют технологий, способных стимулировать когерентные плазмонные поля в субволновой области.

Ключевые слова: поверхностный плазмон, переходная динамика, нанопровод, активная оболочка.

Ил. 3. Библиогр.: 25 назв.

УДК 621.385.6

Особливості перехідних процесів в срібному нанопроводі з оптично динамічною оболочкою / Н.П. Стогний, Н.П. Климова, Н.С. Бутенко // Радиотехніка : Всеукр. міжвід. наук.-техн. зб. – 2018. – Вип. 194. – С. 97 – 103.

Представлено фундаментальне теоретичне розуміння процесу часової динаміки збудженого поверхневого плазмону в структурі, що складається з металевого нанопроводу з оптично динамічною оболочкою. Описано особливості динаміки в металевому нанопроводі за допомогою строгих і точних математичних розрахунків, отриманих з напіваналітичного розв'язування в області перетворення Лапласа і оберненого перетворення в перехідній області за допомогою оцінки лишків в особливих точках, що співпадають з власними частотами збуджених плазмонів структури.

Ця проблема представляє собою 2D-модель нанолазера і застосовується в найрозвинутіших областях нанофотоніки, які потребують технологій, що здатні стимулювати когерентні плазмонні поля в субхвильовій області.

Ключові слова: поверхневий плазмон, перехідна динаміка, нанопровід, активна оболочка.

Іл. 3. Бібліогр.: 25 назв.

UDC 621.385.6

Characteristics of transient processes in a silver nanowire with optically dynamic shell / *N.P. Stognii, N.P. Klimova, N.S. Butenko* // Radiotekhnika : All-Ukr. Sci. Interdep. Mag. – 2018. – №194. – P. 97 – 103.

Fundamental theoretical understanding of the process of the time domain dynamics of the surface plasmon excitation in the structure, consisting of a metal nanowire coupled with the optically dynamic shell is presented. Details are described of the dynamics in the metal nanowire by means of meticulous and exact mathematical calculations that found from the semi-analytic solution into the Laplace transform domain and its accurate inversion into transient domain by virtue of residues assessment at singular points that correspond to the excited plasmons of the structure.

This problem is a 2D model of nanolaser and has applications in the most growing areas of nanophotonics that require technologies, which can stimulate coherent plasmon fields in subwavelength domain.

Key words: surface plasmon, transient dynamics, nanowire, active shell.

3 fig. Ref.: 25 items.

УДК 537.8.029.6;621.37.029.6

Электродинамический сенсор определения состояния воды в биологических объектах / *Чан Лю, И.Н. Бондаренко, А.Ю. Панченко, Н.И. Слипченко* // Радиотехника : Всеукр. межвед. науч.-техн. сб. – 2018. – Вып. 194. – С. 104 – 111.

Распределение свободной воды и воды, связанной с молекулами биологического вещества, определяет его состояние. Электрофизические свойства свободной и связанной воды существенно отличаются, а частота релаксации молекул лежит в СВЧ диапазоне. Поэтому СВЧ методы измерения являются эффективными. Анализируется схема СВЧ сенсора, для которой можно создать строгую аналитическую модель. Обсуждаются результаты расчетов компонент электромагнитного поля и передаточной функции сенсора, дается оценка размеров его рабочей области.

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

Ил. 3. Библиогр.: 26 назв.

УДК 537.8.029.6;621.37.029.6

Електродинамічний сенсор визначення стану води у біологічних об'єктах / *Чан Лю, І.М. Бондаренко, О.Ю. Панченко, М.І. Слипченко* // Радіотехніка : Всеукр. міжвід. наук.-техн. зб. – 2018. – Вип. 194. – С. 104 – 111.

Розподіл вільної води та води, яка зв'язана з молекулами біологічної речовини, визначає його стан. Електрофізичні властивості вільної та зв'язаної води суттєво відрізняються, а частота релаксації молекул знаходиться у НВЧ діапазоні. Тому НВЧ методи вимірювань є ефективними. Аналізується схема НВЧ сенсора, для якої можна створити строгую аналітичну модель. Оговорюються результати розрахунків компонент електромагнітного поля і передавальної функції сенсора, дається оцінка розмірам його робочої області.

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

Іл. 3. Бібліогр.: 26 назв.

UDC 537.8.029.6;621.37.029.6

Electrodynamic sensor for determining the state of water in biological objects / *Chang Liu, I.N. Bondarenko, A.Yu. Panchenko, N.I. Slipchenko* // Radiotekhnika : All-Ukr. Sci. Interdep. Mag. – 2018. – №194. – P. 104 – 111.

The distribution of free water and water associated with molecules of biological matter determines its state. The electrophysical properties of free and bound water are significantly different, and the relaxation frequency of molecules lies in the microwave range. Therefore, microwave methods of measurement are effective. The microwave sensor circuit is analyzed, for which it is possible to create a rigorous analytical model. The results of calculations of the electromagnetic field components and the transfer function of the sensor are discussed, and the dimensions of its working area are estimated.

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

3 fig. Ref.: 26 items.

УДК 621.039.05

Фотогальванический эффект при оптических переходах для ультраквантового предела между спиновыми зонами уровней Ландау / *Н.Н. Чернышов, Н.И. Слипченко, А.В. Белоусов, М.А.Ф. Алхавалдех* // Радиотехника : Всеукр. межвед. науч.-техн. сб. – 2018. – Вып. 194. – С. 112 – 118.

Статья посвящена исследованию фотогальванического эффекта в GaAs при оптических переходах между спиновыми подзонами уровней Ландау для ультраквантового предела. Рассмотрена геометрия, когда поляризация перпендикулярна, а ток направлен вдоль магнитного поля. Эффект обусловлен кубическими членами в гамильтониане, существующими из-за отсутствия центра инверсии. Зависимость тока от магнитного поля имеет резонансный характер. Такой характер эффекта связан с резонансом в промежуточном состоянии и

интерференцией амплитуд перехода второго порядка по релятивистским вкладам в гамильтониане. Цель работы – теоретическое и экспериментальное исследование фотогальванического эффекта при спиновом резонансе. Практическая ценность и научная новизна заключается в исследовании фотогальванического эффекта при спиновом резонансе. Поскольку рассматривается слабопоглощающая среда, наблюдается увеличение фотогальванического эффекта в результате расходимости среднего квадратичного модуля электрического поля. Практическое значение результатов заключается в разработке методики исследования зонных параметров, а слагаемые в гамильтониане могут приводить к электродипольным переходам и фототоку.

Ключевые слова: фотогальванический эффект, спиновые уровни Ландау, волновой вектор, инверсия кристалла, асимметричная вероятность, циркуляционная поляризация, электродипольные переходы.

Ил. 4. Библиогр.: 15 назв.

УДК 621.039.05

Фотогальванічний ефект при оптичних переходах для ультра-квантової межі між спіновими зонами рівнів Ландау / М.М. Чернишов, М.І. Сліпченко, А.В. Белоусов, М.А.Ф. Алхавалдех // Радіотехніка : Всеукр. міжвід. наук.-техн. зб. – 2018. – Вип. 194. – С. 112 – 118.

Стаття присвячена дослідженню фотогальванічного ефекту в GaAs при оптичних переходах між спіновими підзонами рівнів Ландау для ультраквантової межі. Розглянуто геометрію, коли поляризація перпендикулярна, а струм спрямований уздовж магнітного поля. Ефект обумовлений кубічними членами в гамільтоніані, існуючими через відсутність центру інверсії. Залежність струму від магнітного поля має резонансний характер. Такий характер ефекту пов'язаний з резонансом в проміжному стані і інтерференцією амплітуд переходу другого порядку по релятивістських вкладах у гамільтоніані. Метою роботи є теоретичне і експериментальне дослідження фотогальванічного ефекту при спиновому резонансі. Практична цінність і наукова новизна полягає в дослідженні фотогальванічного ефекту при спиновому резонансі. Оскільки розглядається слабо поглинене середовище, спостерігається збільшення фотогальванічного ефекту в результаті розбіжності середнього квадратичного модуля електричного поля. Практичне значення результатів полягає в розробці методики дослідження зонних параметрів, а доданки в гамільтоніані можуть призводити до електродипольних переходів і фотоструму.

Ключові слова: фотогальванічний ефект, спінові рівні Ландау, хвильовий вектор, інверсія кристалла, асиметрична вірогідність, циркуляційна поляризація, електродипольні переходи.

Ил. 4. Библиогр.: 15 назв.

UDC 621.039.05

Photovoltaic effect in optical transitions for ultraquantum limit between spin areas of Landau levels / N.N. Chernyshov, N.I. Slipchenko, A.V. Belousov, M.A.F. Alkhawaldeh // Radiotekhnika : All-Ukr. Sci. Interdep. Mag. – 2018. – №194. – P. 112 – 118.

The article is devoted to the investigation of the photovoltaic effect in GaAs under optical transitions between the spin sub-bands of the Landau levels for the ultra quantum limit. The geometry is considered, when the polarization is perpendicular, and the current is directed along the magnetic field. The effect is due to the cubic terms in the Hamiltonian that exist due to the absence of an inversion center. The dependence of the current on the magnetic field has a resonance nature. Such an effect is associated with resonance in the intermediate state and interference of the second-order transition amplitudes with respect to relativistic contributions to the Hamiltonian. The aim of the work is a theoretical and experimental study of the photovoltaic effect for spin resonance. The practical value and scientific novelty lies in the study of the photovoltaic effect at spin resonance. Since a weakly absorbing medium is considered, an increase in the photovoltaic effect is observed as a result of the divergence of the mean square electric field modulus. The practical significance of the results lies in the development of a methodology for studying band parameters, and the terms in the Hamiltonian can lead to electro dipole transitions and photocurrents.

Key words: photovoltaic effect, Landau levels spin, wave vector, crystal inversion, asymmetric probability, circular polarization, electro dipole transitions.

4 fig. Ref.: 15 items.

РАДИОТЕХНИЧЕСКИЕ УСТРОЙСТВА RADIO ENGINEERING DEVICES

УДК 621.373.072.9

Автогенераторный следящий фильтр с нелинейной обратной связью / А.Д. Меняйло, В.В. Рапин // Радіотехніка : Всеукр. міжвід. наук.-техн. зб. – 2018. – Вип. 194. – С. 119 – 126.

Предлагается автогенераторный следящий фильтр на базе синхронизированного на основном тоне одноконтурного LC автогенератора с использованием нелинейной обратной связи. Представлено теоретическое исследование автогенератора синхронизированного периодическим полигармоническим сигналом. Разработана математическая модель и проведен анализ стационарного режима методом гармонического баланса. Получены простые аналитические выражения, описывающие первую и вторую гармонические составляющие и позволяющие производить качественный анализ, которые могут быть использованы при разработке таких устройств. Фильтр предназначен для выделения первой гармонической составляющей внешнего периодического полигармонического сигнала в широком диапазоне частот с целью измерения ее частоты. Фильтр эффективен при

больших амплитудах высших гармонических составляющих внешнего сигнала и нестабильных их амплитудно-фазовых соотношениях. Практическое применение подтвердило его высокую надежность.

Ключевые слова: следящий фильтр, LC автогенератор, синхронизация, обратная связь, нелинейный анализ.

Ил. 5. Библиогр.: 11 назв.

УДК 621.373.072.9

Автогенераторний стежачий фільтр з нелінійним зворотнім зв'язком / О.Д. Меньяло, В.В. Рапін // Радіотехніка : Всеукр. міжвід. наук.-техн. зб. – 2018. – Вип. 194. – С. 119 – 126.

Пропонується автогенераторний стежачий фільтр на базі синхронізованого на основному тоні одноконтурного LC автогенератора з використанням нелінійного зворотнього зв'язку. Представлено теоретичне дослідження автогенератора синхронізованого періодичним полігармонічним сигналом. Розроблено математичну модель і проведено аналіз його стаціонарного режиму методом гармонійного балансу. Отримано прості аналітичні вирази, що описують першу і другу гармонійні складові, що дозволяє робити якісний аналіз, і можуть бути використані при розробці таких пристроїв. Цей фільтр призначений для виділення першої гармонійної складової зовнішнього періодичного полігармонічного сигналу в широкому діапазоні частот з метою виміру її частоти. Фільтр ефективний при великих амплітудах вищих гармонійних складових зовнішнього сигналу і нестабільних їх амплітудно-фазових співвідношеннях. Практичне застосування підтвердило його високу надійність.

Ключові слова: стежачий фільтр, LC автогенератор, синхронізація, зворотний зв'язок, нелінійний аналіз.

Іл. 5. Бібліогр.: 11 назв.

UDC 621.373.072.9

Oscillator tracking filter with nonlinear feedback / A.D. Menyalo, V.V. Rapin // Radiotekhnika : All-Ukr. Sci. Interdep. Mag. – 2018. – №194. – P. 119 – 126.

An oscillator tracking filter based on a single circuit LC oscillator with the nonlinear feedback synchronized by a periodic nonharmonic signal is proposed. The theoretical investigation of the first-harmonic injection locked LC oscillator operation is considered. The model of the oscillator is presented and the stationary state operation is analyzed by the harmonic balance method. The obtained simple analytical expressions describing first and second harmonic components allow making quality analysis and can be directly applied to the practical design. This filter is intended for a selection of the first harmonic component of the external periodic polyharmonic signal in a wide working range with the purpose of measuring its frequency. It is found that such filters were very effective at large amplitudes of higher harmonic components of the external signal with unstable amplitude-phase correlations. Practical application has confirmed its high reliability.

Keywords: tracking filter, LC oscillator, synchronization, feedback, nonlinear analysis.

5 fig. Ref.: 11 items.

УДК 615.472.03

Построение систем частотной импедансометрии биотканей с использованием платформ “Arduino” / А.И. Бых, Ю.И. Козин, В.И. Леонидов, А.В. Кравцов, Р.А. Бобнев // Радіотехніка : Всеукр. міжвід. наук.-техн. зб. – 2018. – Вип. 194. – С. 127 – 132.

Исследуются электрические свойства биотканей растительного происхождения, рассматривается алгоритм функционирования системы расчета коэффициента жизнеспособности построенной на базе платформы «Arduino».

Ключевые слова: биоткань, импеданс, коэффициент жизнеспособности, микроконтроллер

Ил. 4. Библиогр.: 7 назв.

УДК 615.472.03

Побудова систем частотної імпедансометрії біотканин з використанням платформ “Arduino” / А.І. Бых, Ю.І. Козін, В.І. Леонідов, О.В. Кравцов, Р.О. Бобнев // Радіотехніка : Всеукр. міжвід. наук.-техн. зб. – 2018. – Вип. 194. – С. 127 – 132.

Досліджуються електричні властивості біотканин рослинного походження, розглядається алгоритм функціонування системи розрахунку коефіцієнта життєздатності побудованої на базі платформи «Arduino».

Ключові слова: біотканина, імпеданс, коефіцієнт життєздатності, мікроконтролер.

Іл. 4. Бібліогр.: 7 назв.

UDC 615.472.03

Construction of systems of frequency impedance metering of biological tissues using “Arduino” platforms / A.I. Bykh, U.I. Kozin, V.I. Leonidov, A.V. Kravtsov, R.A. Bobnev // Radiotekhnika : All-Ukr. Sci. Interdep. Mag. – 2018. – №194. – P. 127 – 132.

The electrical properties of biological tissue of vegetable origin are investigated, an algorithm for the functioning of the system for calculating the viability factor built on the basis of the “Arduino” platform is considered.

Key words: biological tissue, impedance, factor to viability, microcontroller.

4 fig. Ref.: 7 items.

УДК 621.316.825

Автоматизированный комплекс для градуировки терморезисторов и измерения их параметров / А.Н. Андреев, О.Н. Андреева, А.Г. Лазаренко // Радиотехника : Всеукр. межвед. науч.-техн. сб. – 2018. – Вып. 194. – С. 133 – 137.

Описаны принцип и режимы работы автоматизированного измерительного комплекса на базе платформы Arduino, предназначенного для изучения температурной зависимости электросопротивления терморезисторов и определения их параметров: температурного коэффициента сопротивления в интервале температур $T = (265 - 355)$ К и постоянной времени, характеризующей тепловую инертность термистора. Представлены результаты тестирования разработанного комплекса и, используя алгоритм Левенберга – Марквардта, выполнена градуировка терморезистора – рассчитаны коэффициенты, входящие в уравнение Стейнхарта – Харта.

Ключевые слова: терморезистор, микроконтроллер, градуировка терморезистора, Arduino.

Ил. 5 Библиогр.: 5 назв.

УДК 621.316.825

Автоматизований комплекс для градування терморезисторів та вимірювання їх параметрів / О.М. Андреев, О.М. Андреева, А.Г. Лазаренко // Радіотехніка : Всеукр. міжвід. наук.-техн. зб. – 2018. – Вип. 194. – С. 133 – 137.

Описано принцип та режими роботи автоматизованого вимірювального комплексу на базі платформи Arduino, призначеного для вивчення температурної залежності електроопору терморезисторів та визначення їх параметрів: температурного коефіцієнту опору в інтервалі температур $T = (265 - 355)$ К та постійної часу, яка характеризує теплову інертність термістора. Представлено результати тестування розробленого комплексу, з використанням алгоритму Левенберга – Марквардта виконано градування терморезистора – розраховано коефіцієнти, що входять у рівняння Стейнхарта – Харта.

Ключові слова: терморезистор, мікроконтролер, градування терморезистора, Arduino

Ил. 5 Библиогр.: 5 назв.

UDC 621.316.825

Automated complex for thermistors calibration and measurement of their parameters / A.N. Andreev, O.N. Andreeva, A.G. Lazarenko // Radiotekhnika : All-Ukr. Sci. Interdep. Mag. – 2018. – №194. – P. 133 – 137.

The article describes in details a principle and operating modes of automated measuring system based on the Arduino platform, designed to study the temperature dependence of thermistors electrical resistance and to determine their parameters: the temperature coefficient of resistance in the temperature range $T = (265 - 355)$ K and the time constant characterizing thermal inertness of the thermistor. Some testing results of the developed complex were presented and, using the Levenberg – Marquardt algorithm, the thermistor was calibrated – coefficients entering Steinhart – Hart equation were calculated

Key words: thermistor, microcontroller, thermistor calibration, Arduino

5 fig. Ref.: 5 items

УДК 537.8:534-8

Исследование влияния магнитного поля и ультразвука на биосистемы / И.С. Бондаренко, О.Н. Богдан // Радиотехника : Всеукр. межвед. науч.-техн. сб. – 2018. – Вып. 194. – С. 138 – 146.

Использование ультразвука (УЗ) и магнитного поля (МП) занимает важное место в биомагнитных технологиях. Представлены данные об использовании в медицине одного из малоизвестных в литературе методов совместного использования УЗ и постоянного МП. Описаны достигнутые результаты такого использования. Выполнен анализ новых подходов для изучения свойств биологической среды и их применения для решения проблемы направленного транспорта лекарств.

Ключевые слова: магнитное поле, ультразвук, биологическая среда, наночастицы, магнетогидродинамический эффект.

Ил. 7. Библиогр.: 24 назв.

УДК 537.8:534-8

Дослідження впливу магнітного поля та ультразвуку на біосистеми / І.С. Бондаренко, О.М. Богдан // Радіотехніка : Всеукр. міжвід. наук.-техн. зб. – 2018. – Вип. 194. – С. 138 – 146.

Використання ультразвуку (УЗ) і магнітного поля (МП) займає важливе місце в біомагнітних технологіях. Представлено дані про використання в медицині одного з маловідомих в літературі методів спільного використання УЗ і постійного МП. Описано досягнуті результати такого використання. Виконано аналіз нових підходів для вивчення властивостей біологічного середовища і їх застосування для вирішення проблеми спрямованого транспорту ліків.

Ключові слова: магнітне поле, ультразвук, біологічне середовище, наночастинки, магнітогідродинамічний ефект.

Ил. 7. Библиогр.: 24 назв.

УДК 537.8:534-8

Investigation of the effect of magnetic field and ultrasound on biological systems / I.S. Bondarenko, O.N. Bogdan // Radiotekhnika : All-Ukr. Sci. Interdep. Mag. – 2018. – №194. – P. 138 – 146.

The use of ultrasound (US) and magnetic field (MP) occupies an important place in biomagnetic technologies. Data on the use in medicine of one of the little-known in the literature methods of sharing US and permanent MP are presented. The results of such use are described. The analysis of new approaches for studying the properties of the biological environment and their application for solving the problem of drug directional transport is performed.

Keywords: magnetic field, ultrasound, biological substance, nanoparticles, magnetohydrodynamic effect.

7 fig. Ref.: 24 items.

ДИАГНОСТИКА И МОНИТОРИНГ СИСТЕМ DIAGNOSTICS AND MONITORING OF SYSTEMS

УДК 629.735

Применение нейросетевых технологий в системе контроля технического состояния авиационного двигателя ТВ3-117 в полетных режимах / Ю.Н. Шмелев, С.И. Владов, А.Ф. Крышан, С.Д. Гвоздик // Радиотехника : Всеукр. межвед. науч.-техн. сб. – 2018. – Вып. 194. – С. 147 – 154.

Описано применение нейронных сетей в задачах диагностики авиационной техники на примере контроля диагностики технического состояния авиационного двигателя ТВ3-117 в бортовой системе. Актуальность работы заключается в возможности контроля некоторых параметров, таких как, частота вращения ротора компрессора, температура газа за турбиной и давление за компрессором, в режиме реального времени, что позволит выявить отклонения в работе двигателя и оперативно принять решение о дальнейшей эксплуатации воздушного судна. Процесс принятия решения о техническом состоянии двигателя в результате контроля его параметров осуществляется на основе нечеткой логики, что является важным аспектом в условиях неполноты информации.

Ключевые слова: авиационный двигатель, воздушное судно, контроль, параметры, метрика

Табл. 2. Ил. 6. Библиогр.: 11 назв.

УДК 629.735

Застосування нейромережевих технологій в системі контролю технічного стану авіаційного двигуна ТВ3-117 в польотних режимах / Ю.М. Шмельов, С.І. Владов, А.Ф. Кришан, С.Д. Гвоздик // Радіотехніка : Всеукр. міжвід. наук.-техн. зб. – 2018. – Вип. 194. – С. 147 – 154.

Розкрито застосування нейронних мереж в задачах діагностики авіаційної техніки на прикладі контролю діагностики технічного стану авіаційного двигуна ТВ3-117 в бортовій системі. Актуальність роботи полягає в можливості контролю деяких параметрів, таких як, частота обертання ротора компресора, температура газу за турбіною і тиск за компресором, в режимі реального часу, що дозволить виявити відхилення в роботі двигуна і оперативно прийняти рішення про подальшу експлуатацію повітряного судна. Процес прийняття рішення про технічний стан двигуна в результаті контролю його параметрів здійснюється на основі нечіткої логіки, що є важливим аспектом в умовах неповноти інформації.

Ключові слова: авіаційний двигун, повітряне судно, контроль, параметри, метрика

Табл. 2. Іл. 6. Бібліогр.: 11 назв.

UDC 629.735

Application of neural network technologies in the technical state control system of the aircraft engine TV3-117 in flight modes / Yu.N. Shmelev, S.I. Vladov, A.F. Kryshan, S.D. Gvozdik // Radiotekhnika : All-Ukr. Sci. Interdep. Mag. – 2018. – №194. – P. 147 – 154.

Application of neural networks in problems of aircraft engineering diagnostics exemplified by the diagnostics control of the technical state of the aircraft engine TV3-117 in the on-board system is described. The relevance of this work is the ability to control certain parameters, such as the rotor speed of the compressor, the temperature of the gas behind the turbine and the pressure behind the compressor, in real time, which will identify deviations in the engine and promptly decide on further operation of the aircraft. The decision-making process on the technical condition of the engine, as a result of monitoring its parameters, is carried out on the basis of fuzzy logic, which is an important aspect in conditions of incompleteness of information.

Key words: aircraft engine, aircraft, control, parameters, metric

2 tab. 6 fig. Ref.: 11 items.

УДК 621.385.6

Особенности формирования информационных сигналов резонансных измерительных преобразователей с апертурными и зондовыми чувствительными элементами / И.Н. Бондаренко, Ю.С. Васильев // Радиотехника : Всеукр. межвед. науч.-техн. сб. – 2018. – Вып. 194. – С. 155 – 160.

Проведен анализ влияния изменения условий взаимодействия апертурных или зондовых чувствительных элементов резонансных измерительных преобразователей (РИП) с объектами исследования на процесс формирования основных информационных сигналов. Полученные экспериментальные результаты позволяют утверждать, что аналитические соотношения, которые используются для описания влияния параметров исследуемых объектов на добротность и резонансную частоту РИП и априори предполагают неизменность его связи с измерительной системой, на практике не соблюдаются.

Ил. 4. Библиогр.: 21 назв.

УДК 621.385.6

Особливості формування інформаційних сигналів резонансних вимірювальних перетворювачів з апертурними та зондовими чутливими елементами / *I.M. Bondarenko, Yu.S. Vasiliev* // *Радіотехніка : Всеукр. міжвід. наук.-техн. зб.* – 2018. – Вип. 194. – С. 155 – 160.

Проведено аналіз впливу змін умов взаємодії апертурних або зондових чутливих елементів резонансних вимірювальних перетворювачів (РВП) з об'єктами дослідження на процес формування основних інформаційних сигналів. Отримані експериментальні результати дозволяють стверджувати, що аналітичні співвідношення, які використовуються для опису впливу параметрів об'єктів, що досліджуються, на добротність і резонансну частоту РВП та апіорі передбачають незмінність його зв'язку з вимірювальною системою, на практиці не виконуються.

Л. 4. Бібліогр.: 21 назва.

UDC 621.385.6

Features of formation of information signals of resonant measuring converters with aperture and probe sensing elements / *I.N. Bondarenko, Yu. S. Vasiliev* // *Radiotekhnika : All-Ukr. Sci. Interdep. Mag.* – 2018. – N 194. – P. 155 – 160.

The effect of changing the interaction conditions of the aperture or probe sensitive elements of resonant measurement converters (RMC) with the objects of investigation on the process of formation of basic information signals is analyzed. The obtained experimental results allow us to state that the analytical relationships used to describe the influence of the parameters of the investigated objects on the quality factor and the resonance frequency of the RMC and a priori assume the invariability of its connection with the measuring system are not observed in practice.

4 fig. Ref.: 21 items.