

ВЕСТНИК

воздушно-космической обороны

Научно-технический рецензируемый журнал

Выпуск № 2(22), 2019 г.

СОДЕРЖАНИЕ

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР:

П.А. Созинов, д-р техн. наук, профессор

ЗАМЕСТИТЕЛИ ГЛАВНОГО РЕДАКТОРА:

В.М. Алдошин, д-р техн. наук, профессор

А.С. Сумин, д-р техн. наук, профессор

ОТВЕТСТВЕННЫЙ СЕКРЕТАРЬ:

Д.А. Леманский, канд. техн. наук, доцент

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

Б.М. Вовшин, д-р техн. наук

М.А. Горбачёв, д-р техн. наук

Б.Н. Горевич, д-р техн. наук, профессор

Н.С. Губонин, д-р техн. наук, профессор

А.И. Даниленко, д-р техн. наук

М.В. Жестев, канд. техн. наук

Г.В. Зайцев, д-р техн. наук

А.Б. Игнатьев, д-р техн. наук, профессор

В.А. Кашин, д-р техн. наук, профессор

С.К. Колганов, д-р техн. наук, профессор

В.И. Колесниченко, д-р техн. наук, профессор

Ю.Н. Кофанов, д-р техн. наук, профессор

В.С. Оконешиников, д-р техн. наук

А.А. Парамонов, д-р техн. наук, профессор

Н.В. Радчук, д-р техн. наук, профессор

С.П. Соколов, д-р техн. наук

П.И. Стариковский, д-р техн. наук

А.Ф. Страхов, д-р техн. наук, профессор

А.А. Трухачев, д-р техн. наук

Ю.Г. Шатраков, д-р техн. наук, профессор

Технический редактор: М.А. Лайков

Корректор: А.Н. Борзова

Компьютерная верстка: О.А. Пыхонина

☎ редакции (499) 940-02-22

доб. 79-06, 14-99, 17-23, 16-00

E-mail: aspirantura@gskb.ru

izd.group@gskb.ru

► **Проблемные вопросы построения систем и средств ВКО**

С.С. Чеботарев, Г.Н. Мельников

Двойной подход к оценке эффективности управления организациями наукоёмких отраслей экономики в сфере государственного заказа 5

► **Применение сил и средств ВКО**

Н.Н. Литвинов

Методика расчёта терминального промаха ракет с пассивными радиолокационными головками самонаведения 15

Е.С. Писарчук, Н.П. Чернецкий, А.П. Нестеров, С.В. Есиков

Влияние импульсного сверхширокополосного электромагнитного излучения на радиоэлектронные средства беспилотного летательного аппарата 21

► **Исследования в сфере проектно-конструкторских и технологических работ**

А.П. Александрович, Е.П. Смирнов

Комбинированная схема обнаружения в импульсно-доплеровской РЛС с использованием бинарного накопителя 27

Б.А. Анненков, А.Ю. Биккулов, К.В. Бологов,

Т.А. Зарукина, И.П. Колгаев
Вспомогательная дизель-генераторная установка для питания бортовой аппаратуры 34

А.С. Коноплев, А.П. Смахтин

Применение лазерных систем передачи энергии для пилотируемого полета на Марс 40

В.В. Лабез, А.А. Шаталов, В.А. Шаталова

Модели сигналов, одновременно излучаемых и принимаемых многочастотными РЛС с ФАР 44

Е.А. Лаврентьев, А.А. Шаталов, В.А. Шаталова

Адаптивный алгоритм распознавания сигналов, принимаемых от медленно флуктуирующей цели и цели с доплеровским рассеянием на фоне помех в многочастотной РЛС с ФАР 52

Я.И. Малашко, А.В. Назаренко, М.Б. Наумов, А.А. Соловьёва

Аналитическая модель мощного излучения недифракционного качества лазерной системы 64

Вестник воздушно-космической обороны:
Научно-технический журнал/
ПАО «НПО «Алмаз», 2019 г.
№ 2(22). С. 1–132

Подписано в печать 23.05.2019 г.
Формат 60×84 1/8. Бумага офсетная.
Усл. печ. л. 7,2. Тираж 1000 экз.
Заказ № 142769

Отпечатано в ООО «Издательство Юлиус»
392010, г. Тамбов, ул. Монтажников, д. 9

Свидетельство о регистрации:
ПИ № ФС77-63487

Учредитель: Публичное акционерное общество
«Научно-производственное объединение
«Алмаз» имени академика А.А. Расплетина»

125190, г. Москва,
Ленинградский проспект, дом 80, корп. 16.
Тел./факс (499)940-02-22/(499)940-09-99

Статьи рецензируются.

Незаконное тиражирование и перевод статей,
включенных в журнал, в электронном
и любом другом виде запрещено и карается
административной и уголовной
ответственностью по закону РФ
«Об авторском праве и смежных правах»

© ПАО «НПО «Алмаз», 2019

ISSN 2311-830X

Цена за 1 экз. – 600 руб.

В.С. Оконешников, К.К. Севостьянов
*Нелинейно частотно модулированный сигнал со спектром
автокорреляционной функции косинус-квадрат на пьедестале.....*76

А.А. Поздняков, А.А. Шаталов, В.А. Шаталова
*Алгоритм распознавания медленно и быстро флуктуирующих целей
на фоне помех многочастотной РЛС с ФАР.....*85

► Прикладные задачи применения информационных технологий

А.А. Горякин, О.А. Веселовская
*Организация взаимодействия АСУ корабля
и корабельного картографического сервера.....*96

С.Н. Остапенко, Г.В. Палихов, В.Б. Протасьев, С.В. Юдин
*Интеграция систем менеджмента качества и АСУ ТП.....*99

А.В. Родионов, И.С. Кондрашов
*Исследование интеграции распределенных систем
имитационного моделирования единой воздушной обстановки,
построенных на технологиях HLA и «Клиент-Сервер»,
в единую систему.....*111

► Аналитические исследования зарубежного опыта

Б.Н. Горевич
*Анализ новых направлений развития ПРО США
в свете принятой американской стратегии ПРО.....*117

А.Е. Свистунов, Н.А. Малеева
*Текущее состояние строительства стратегической РЛС
селекции целей LRDR и перспективные районы развертывания.....*127

► Научные рецензии и отзывы.....

132

ПОДПИСНОЙ ИНДЕКС: 70576
в каталоге агентства
«РОСПЕЧАТЬ»:
ГАЗЕТЫ И ЖУРНАЛЫ

CONTENTS

► Topical issues on Aerospace defense system and elements arrangement

S.S. Chebotarev, G.N. Melnikov

Double approach to estimation of organization management efficiency of science-based branches of economy in state order area5

► Aerospace defense systems and components application

N.N. Litvinov

Calculation methodology of missile terminal miss with passive radar seeker 15

E.S. Pisarchuk, N.P. Chernecskiy, A.P. Nesterov, S.V. Esikov

Pulsed ultra-wideband electromagnetic radiation influence on radar equipment of UAV.....21

► Design-engineering and technological research works

A.P. Alexandrovich, E.P. Smirnov

Combined detection scheme in pulse-Doppler radar using binary integrator27

B.A. Annenkov, A.Y. Bikkulov, K.V. Bologov, T.A. Zarukina, I.P. Kolgaev

Auxiliary diesel driven generator for onboard equipment power supply.....34

A.S. Konoplev, A.P. Smahtin

Application of power transfer laser systems for manned flight to Mars.....40

V.V. Labets, A.A. Shatalov, V.A. Shatalova

Models of signals, simultaneously emitted and received by multi-frequency radar with a phased antenna array.....44

E.A. Lavrentiev, A.A. Shatalov, V.A. Shatalova

Adaptive algorithm of signal determination received from slow fluctuating target and doppler scattering target in noise conditions of multi-frequency phased array radar52

Y.I. Malashko, A.V. Nazarenko, M.B. Naumov, A.A. Solovieva

Laser system high-power radiation of none-diffraction quality analytical model64

V.S. Okoneshnikov, K.K. Sevostiyanov

None-linear frequency-modulated signal with auto correlation spectrum function of raised cosine in 2-power on a pedestal.....76

A.A. Pozdnyakov, A.A. Shatalov, V.A. Shatalova

Algorithm of joint detection and recognition of slow and fast fluctuating targets in noise conditions of multi-frequency phased array radar.....85

IT applied application tasks

A.A. Goryakin, O.A. Veselovskaya

Interaction organization between ship automated control system and shipboard cartographic server, installed on a ship96

S.N. Ostapenko, G.V. Palihov, V.B. Protasiev, S.V. Udin <i>Quality management systems and automated process control systems integration</i>	99
A.V. Rodionov, I.S. Kondrashov <i>Research on distributed system integration of joint air situation simulation modelling based on hla and client/server technologies into shared network</i>	111
► Foreign experience analytic research	
B.N. Gorevich <i>New development directions Analysis of US missile defense within accepted us missile defense review</i>	117
A.E. Svistunov, N.A. Maleeva <i>Current development status of Long Range Discrimination Radar and projected deployment areas</i>	127
► Scientific reviews and reference	132

Полный список опубликованных номеров журнала Вы можете увидеть на сайте
<http://www.raspletin.com/notes>

Распоряжением Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 28.12.2018 года № 90-р журнал «**Вестник воздушно-космической обороны**» включен в Перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук.

URL: <http://www.vak.ed.gov.ru/documents/10179/0/Приложение.pdf>.

Включён в перечень ВАК по группам научных специальностей:

05.12.00 – Радиотехника и связь;

05.27.00 – Электроника.

ПРОБЛЕМНЫЕ ВОПРОСЫ ПОСТРОЕНИЯ СИСТЕМ И СРЕДСТВ ВКО

Уважаемые читатели!

В настоящее время существует целый комплекс методических подходов к оценке эффективности управления промышленными предприятиями оборонного комплекса.

В представленной вашему вниманию статье авторами предлагается новый подход, предполагающий, что в части реализации гособоронзаказа необходимо классифицировать предприятия ОПК и направления их деятельности по признакам сферы стабильной и инновационной продукции. В первой сфере с позиции государства доминирующими должны стать мероприятия и их оценка по снижению издержек при обеспечении достаточной доходности контрактов по гособоронзаказу для их исполнителей. Во второй сфере с позиции государства и с позиции исполнителей главным должно стать направление поиска новых решений, оценка их эффективности и поддержка их реализации, в том числе – через ценовое стимулирование инноваций.

Подобный подход к оценке эффективного управления промышленными предприятиями оборонного комплекса может оказаться крайне полезными широкому кругу специалистов, связанных с созданием перспективных образцов сложных систем вооружения.

УДК 338.2; 338.5

ДВОЙНОЙ ПОДХОД К ОЦЕНКЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ УПРАВЛЕНИЯ ОРГАНИЗАЦИЯМИ НАУКОЁМКИХ ОТРАСЛЕЙ ЭКОНОМИКИ В СФЕРЕ ГОСУДАРСТВЕННОГО ЗАКАЗА

© Авторы, 2019

С.С. Чеботарев доктор экономических наук, профессор, Заслуженный деятель науки РФ,
директор Департамента экономических проблем развития оборонно-промышленного комплекса,
АО «ЦНИИ экономики, информатики и систем управления», г. Москва
E-mail: StSt57@yandex.ru

Г.Н. Мельников Лауреат премии ГКНТ СССР,
специалист по вопросам ценообразования в ОПК,
член экономического совета по вопросам ценообразования
при Военно-промышленной комиссии Российской Федерации, г. Москва
E-mail: Melnikov50gn@mail.ru

В статье рассматривается двойной подход к оценке эффективности управления предприятиями наукоёмких отраслей экономики и прежде всего – оборонно-промышленного комплекса (ОПК). Особенность таких предприятий – отсутствие «классического» рынка совершенной конкуренции, характерное

монопольное положение как производителей, так и заказчиков продукции. Двигателем прогресса и развития технологий в оборонных отраслях промышленности являются в основном запросы и действия государства через заказчиков оборонной продукции. Первой необходимой составляющей оценки эффективности предприятий ОПК должны быть показатели их «внутренней» эффективности – их прибыль и рентабельность. Но она не может быть главной. Прибыль – лишь средство обеспечения нормальной деятельности предприятий ОПК и их способности к развитию. Второй составляющей должна быть оценка их «внешней» эффективности с точки зрения их конечных функций в части обеспечения оборонной безопасности страны.

Ключевые слова: эффективность, оценка эффективности управления, конкурентоспособность, импортозамещение.

The article discusses a double approach to assessing the efficiency of management of enterprises of high-tech industries and, above all, of the defense industry. The peculiarity of such enterprises is the absence of a «classic» market of perfect competition, a characteristic monopoly position of both manufacturers and customers of products. The engine of progress and development of technologies in the defense industries is mainly the demands and actions of the state through customers of defense products. The first necessary component of the assessment of the efficiency of enterprises of the defense industry should be the indicators of their «internal» efficiency – their profit and profitability. But she can not be the main. Profit is only a means of ensuring the normal activities of defense enterprises and their ability to develop. The second component should be an assessment of their «external» efficiency in terms of their ultimate functions in terms of ensuring the country's defense security.

Keywords: efficiency, control estimation of efficiency, competitiveness, import substitution.

Впервые понятие «эффективность» ввёл в обиход американский инженер-рационализатор организации производства Гаррингтон Эмерсон в 1911 году. Под эффективностью он понимал максимально выгодное соотношение между совокупными затратами и экономическими результатами [1].

В целом такое понимание сохраняется и сегодня, но оно обуславливается пониманием необходимости векторной оценки эффективности одного и того же объекта с позиции разных субъектов (управленцев, собственников предприятий, заказчиков продукции).

Дальнейшее развитие эффективность как научная и практическая категория получила в аспекте понимания необходимости разных методов оценки эффективности предприятий в различных внешних условиях (стабильных, нестабильных, инновационных). Через некоторое время развитием данной категории (эффективность) явилось понимание необходимости оценки эффективности предприятий, работающих в инновационной и нестабильной внешней среде, не только с точки зрения её текущих показателей, но и с позиции потенциала этой эффективности [2].

Именно **показатели потенциала эффективности предприятий ОПК** – как внутренней, так и внешней – должны стать в перспективе основой **комплексной оценки эффективности предприятий ОПК**.

Об эффективности управления конкретным предприятием с позиции его «внутренней» эффективности можно судить по показателям его финансово-экономического состояния. В теории и практике управления для этой цели обычно применяются показатели ликвидности, платёжеспособности, оборачиваемости активов (деловой активности), рентабельности производства и др.

Важно, чтобы все эти показатели адекватно отражали внутренний инновационный потенциал эффективности предприятий. Проблема в том, что инвестиции в инновации на предприятиях ОПК в общем случае требуют совсем иных способов обоснования и продвижения, чем инновации в чисто коммерческие предприятия.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Эмерсон Г.** Двенадцать принципов производительности. – М.: Экономика, 1992.
2. **Ансофф И.** Стратегическое управление: Сокр. пер. с англ. / научный ред. и авт. предисл. Л.И. Евенко – М.: Экономика, 1988. – 519 с.
3. **Султанов И.А.** Жизненный цикл проектной задачи. – URL: <http://projectimo.ru/upravlenie-proektami/zhiznennyj-cikl-proekta.html>.
4. **Бурмистрова Л.М., Проскурин Б.В.** Финансовое обеспечение инновационного развития предприятий наукоёмких отраслей промышленности // Журнал «Финансовая жизнь». – 2017, №4. – С.46–47.
5. **Чеботарев С.С.** Экономическая оценка механизма формирования рентабельности продукции государственного оборонного заказа по формуле $20(25) + 1$ // Журнал «Вестник воздушно-космической обороны». – М.: ПАО «НПО «Алмаз», 2017, Выпуск №2(14). – С.11–16.

6. **Чеботарев С.С., Голубев С.С.** Стратегические подходы к эффективной реализации стратегических программ импортозамещения // Журнал «Экономические стратегии». – 2017, №7.
7. «Рособоронэкспорт» обсудил импортозамещение в экспортном вооружении. – URL: <https://rostec.ru/news/4516739>.
8. **Нестеров А.** Развитие отечественных ERP-систем и практика реализации импортозамещения. – URL: <http://unicongress.ru/wp-content/uploads/it16/vop8.pdf>.
9. «Ростех»: с 2020 года мы перестанем нуждаться в импортных комплектующих // Портал Информационного агентства REGNUM. – URL: <https://regnum.ru/news/2449788.html>.
10. Распоряжение Минэкономразвития России от 11 августа 2016 года №219П-АУ // Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации АО «Кодекс». – URL: <https://docs.cntd.ru/document/456012933>.
11. Методические рекомендации по оценке эффективности инвестиционных проектов (вторая редакция). Официальное издание. Утв. Минэкономки РФ, Министерством финансов РФ, ГК РФ по стр-ву, архит-ре и жил. политике. № ВК 477 от 21.06.1999. – М.: Экономика, 2000.
12. **Виленский П.Л., Лифшиц В.Н., Смоляк С.А.** Оценка эффективности инвестиционных проектов. Теория и практика. – М.: Дело, 2008. – 1240 с.
13. Комплексная методика оценки эффективности мероприятий, направленных на ускорение научно-технического прогресса. Методические рекомендации и комментарии по их применению. ГКНТ СССР, АН СССР. – М.: 1989.

DOUBLE APPROACH TO ESTIMATION OF ORGANIZATION MANAGEMENT EFFICIENCY OF SCIENCE-BASED BRANCHES OF ECONOMY IN STATE ORDER AREA

S.S. Chebotarev, G.N. Melnikov

One of the key factors for the sustainable economic functioning of an organization (enterprise, company) in modern conditions (along with technology, personnel, etc.) is management. At the same time, the efficiency of management of a particular enterprise is assessed by its financial and economic condition. In the theory and practice of management for this purpose are usually used indicators of liquidity, solvency, turnover of assets (business activity), profitability and etc. Although these indicators have found wide coverage in the economic literature, there is no unity in their interpretation and use in economic analysis. This is especially true for enterprises of high-tech products of the defense industry. Fulfilling a specific state order for the production of high-tech products, they (the defense industry organizations) a priori can not have a leading target for profit. Therefore, the authors of the article suggest using a dual approach to assessing the effectiveness of management, the essence of which is considered in this article, since such a dual approach to determining the effectiveness of management can give a more accurate dynamics of its indicators and ensure timely adoption of an adequate management decision.

Поступила 4 декабря 2018 года.

ПРИМЕНЕНИЕ СИЛ И СРЕДСТВ ВКО

УДК 621.396.967

МЕТОДИКА РАСЧЁТА ТЕРМИНАЛЬНОГО ПРОМАХА РАКЕТ С ПАССИВНЫМИ РАДИОЛОКАЦИОННЫМИ ГОЛОВКАМИ САМОНАВЕДЕНИЯ

© Автор, 2019

Н.Н. Литвинов кандидат технических наук,
преподаватель кафедры автоматики и вычислительных средств, ЯВВУ ПВО, г. Ярославль
E-mail: LitvinovNN@bk.ru

Рассмотрен класс самонаводящихся ракет с пассивными головками самонаведения, представляющий серьёзную опасность для зенитных ракетных комплексов. Определены параметры, влияющие на величину терминального промаха противорадиолокационных ракет. Разработана методика, позволяющая учитывать такие параметры, а также форму и геометрические размеры области, в которой групповая цель будет восприниматься аппаратурой головок самонаведения как одиночная.

Ключевые слова: самонаводящаяся ракета, противорадиолокационная ракета, головка самонаведения, зенитный ракетный комплекс, угловая разрешающая способность, маневренная перегрузка, терминальный промах.

The article considers the self-guided missiles with passive seekers, which constitute a serious threat to surface-to-air missile systems. Parameters which influence a terminal miss of anti-radar missile are determined. The technique, permitting consider such parameters, and form and geometrical sizes of an area, in which the group target will be identified by the seeker as a single target, is developed.

Keywords: homing missile, anti-radar missile, seeker, surface-to-air missile system, angular resolution, maneuver load factor, terminal miss.

В статье рассмотрен класс самонаводящихся ракет с пассивными головками самонаведения, представляющий серьёзную опасность зенитным ракетным комплексам. На примере наведения противорадиолокационной ракеты на групповую цель, состоящую из двух излучателей с одинаковым уровнем боковых лепестков диаграмм направленности, показано, что при достижении определённого расстояния между целью и ракетой произойдёт разрешение излучателей. Однако, может сложиться ситуация, когда после разрешения излучателей ракета не успеет выйти на требуемую траекторию. Поэтому возникает вопрос: от каких параметров и как зависит данный промах? В результате исследования определены параметры влияющие на величину терминального промаха противорадиолокационных ракет. На основании проведённого анализа разработана методика, позволяющая учитывать такие параметры, а также форму и геометрические размеры области, в которой групповая цель будет восприниматься аппаратурой головок самонаведения как одиночная.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Перунов Ю.М., Куприянов А.И.** Радиоэлектронная борьба: радиотехническая разведка. – М.: Вузовская книга, 2016. – 190 с.
2. **Куприянов А.И.** Радиоэлектронная борьба: ракеты против РЛС. – М.: Вузовская книга, 2016. – 182 с.
3. **Волжин А.И., Сизов Ю.Г.** Борьба с самонаводящимися ракетами. – М.: Воениздат, 1983. – 144 с.
4. **Литвинов Н.Н., Лаврентьев А.М.** Анализ возможности маскировки зондирующих сигналов радиолокационных станций группировки противовоздушной обороны // Журнал «Вестник Воздушно-космической обороны». – М.: ПАО «НПО «Алмаз», 2017, Выпуск №1(13). – С.38–43.
5. **Лаврентьев А.М., Литвинов Н.Н.** Оценка маскирующих свойств широкополосных сигналов // Успехи современной радиоэлектроники. – 2018, №5. – С.54–57.
6. **Воронов Е., Сычев С., Фомичев А. и др.** Повышение живучести управляемых средств поражения в зонах ПВО // Радиоэлектронные технологии. – КРЭТ, 2017, №5. – С.46–50.
7. **Бехтир В.П., Рогонов А.М., Коврижных Е.Н., Копысов В.Х.** Особенности выполнения манёвров на самолётах гражданской авиации: учеб. пособие. – Ульяновск: УВАГУ ГА, 2006. – 120 с.
8. **Аранович Г.П., Михайлин Д.А.** Управление и наведение самолётов и ракет // Научно-популярный материал – МАИ, 2013. – 27 с.

CALCULATION METHODOLOGY OF MISSILE TERMINAL MISS WITH PASSIVE RADAR SEEKER

N.N. Litvinov

The article considers the self-guided missiles with passive seekers, which constitute a serious threat to surface-to-air missile systems. An example of anti-radar missile guiding on the group target consisting of two emitters with identical side-lobe level of directional pattern shows that at certain range between missile and target the resolution of emitters will occur. However, a situation can result to when after emitter's resolution there will not be enough time for the missile to reach a required trajectory. Therefore, the question arises: what parameters influence the miss? Parameters that influence the terminal miss value of anti-radar missile were obtained during the study. The technique permitting to consider such parameters, form and the geometrical sizes of an area, in which the group target will be identified by the seeker as a single target, was developed based on the conducted research.

Поступила 6 февраля 2019 года.

ВЛИЯНИЕ ИМПУЛЬСНОГО СВЕРХШИРОКОПОЛОСНОГО ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ НА РАДИОЭЛЕКТРОННЫЕ СРЕДСТВА БЕСПИЛОТНОГО ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА

© Авторы, 2019

Е.С. Писарчук

ведущий инженер, ПАО «НПО «Алмаз», г. Москва

E-mail: es_pisarchuk@mail.ru

Н.П. Чернецкий кандидат технических наук, доцент,
начальник СКБ, ПАО «НПО «Алмаз», г. Москва

А.П. Нестеров

начальник сектора, ПАО «НПО «Алмаз», г. Москва

С.В. Есиков

ведущий инженер, ПАО «НПО «Алмаз», г. Москва

В статье представлены преимущества БПЛА по сравнению с пилотируемыми летательными аппаратами. Рассмотрены средства борьбы с БПЛА в настоящее время. Обоснована актуальность создания системы противодействия современным БПЛА. Рассмотрены преимущества использования импульсного сверхширокополосного электромагнитного излучения для достижения деградиационных процессов в полупроводниковых приборах радиоэлектронной аппаратуры БПЛА. Приводятся результаты экспериментального исследования воздействия импульсного сверхширокополосного электромагнитного излучения на БПЛА.

Ключевые слова: импульсное сверхширокополосное излучение, генератор сверхкоротких импульсов, электромагнитное воздействие на БПЛА.

The article demonstrates the UAV advantages in comparison with piloted aircraft. Up to date UAV counter-measures were examined. An actuality of developing of counter-UAV system was proved. The advantages of pulsed ultra-wideband electromagnetic radiation use to achieve a degradation process in semiconductors of UAV radar equipment were examined. Experimental results of pulsed ultra-wideband electromagnetic radiation influence on UAV is stated.

Keywords: pulsed ultra-wideband electromagnetic radiation, ultrashort pulse generator, electromagnetic influence on UAV.

Беспилотные летательные аппараты (БПЛА) и крылатые ракеты (КР) показали себя ценным инструментом современного боя, и по выполняемым задачам, БПЛА постепенно замещают очень большую часть пилотируемой авиации, как в гражданском, так и военном секторе, так они имеют ряд преимуществ по сравнению с пилотируемыми летательными аппаратами:

- уменьшенная стоимость производства, лётной эксплуатации в мирный и военный период;
- значительно сниженные габаритные характеристики, что уменьшает стоимость, радиолокационную заметность и повышает живучесть в условиях боя;
- простота эксплуатации, высокая боеготовность и мобильность;
- у БПЛА нет никаких ограничений для применения в особо тяжёлых боевых условиях, связанных с большим риском уничтожения аппарата и экипажа.

Совершенно очевидно, что в таких условиях перехват БПЛА и КР является актуальной и важной задачей и необходима разработка и внедрение средств подавления и поражения для ведения эффективного противодействия БПЛА в первую очередь имеющих малую ЭПР и совершающих полёты на малых и предельно малых высотах.

В качестве средства подавления БПЛА предлагается использование мощного импульсного сверхширокополосного электромагнитного излучения (СШП ЭМИ).

Можно выделить основные достоинства для воздействия импульсного СШП ЭМИ на РЭС по сравнению с другими видами средств воздействия:

- незаметность применения (бесшумность, невидимость, сложность верификации факта применения сложность отличия от естественного отказа, вызванного эксплуатационными причинами);
- возможность применения по низколетящим и малоразмерным целям, независимо от скорости полёта;
- возможность одновременного поражения большого количества целей, особенно актуально для использования против группировки целевых БПЛА, в том числе работающих в разных частотных диапазонах;
- возможность поражения автономных БПЛА (действующих по заранее заданной программе и не требующих радиоканала с наземными пунктами управления) и БПЛА находящихся в режиме радиомолчания;
- дешевизна, относительная простота применения и обслуживания.

Результаты экспериментального исследования доказывают, что сверхширокополосное электромагнитное излучение при высокой плотности потока мощности приводит к деградиционным процессам полупроводниковых приборов радиоэлектронной аппаратуры БПЛА. На базе генераторов СШП ЭМИ возможно создание РЧО для противодействия БПЛА.

ЛИТЕРАТУРА

1. Чернецкий Н.П., Писарчук Е.С., Нестеров А.П., Есиков С.В. Высоковольтный импульсный генератор сверхширокополосного электромагнитного излучения моноблочного типа с газонаполненной системой формирования импульсов // Материалы IV НТК молодых учёных и специалистов «Старт в будущее – 2017» (АО «КБСМ» Санкт-Петербург).
2. Усыченко В.Г., Сорокин Л.Н. Стойкость сверхвысокочастотных радиоприёмных устройств к электромагнитным воздействиям: Монография. – Радиотехника, 2017. – 288 с.
3. URL: <http://regnum.ru/news/2126028.html>.
4. Рикетс Л.У., Бриджет Дж., Майлетта Дж. Электромагнитный импульс и методы защиты / Пер. с англ. под ред. Ухина Н.А. – М.: Атомиздат, 1979. – 28 с.

PULSED ULTRA-WIDEBAND ELECTROMAGNETIC RADIATION INFLUENCE ON RADAR EQUIPMENT OF UAV

E.S. Pisarchuk, N.P. Chernenckiy, A.P. Nesterov, S.V. Esikov

The unmanned aerial vehicles (UAV) and cruise missiles (CM) highly demonstrated itself in modern warfare and in performed tasks. Gradually the UAVs substitute the larger part of piloted aircraft as in civil and military area, so it has a set of advantages in comparison with manned flying vehicles:

- Reduced manufacturing cost, flight operation in peace and war periods;
- Considerably decreased dimensions that reduce cost, radar signature and increase survivability in combat conditions;
- Ease of operation, high combat readiness and maneuverability;
- No limits during use in hard combat conditions dealing with a high risk of vehicle and crew loss.

It's completely evident that under such conditions the UAV an CM interception is a vital task leading to developing and introduction of countermeasures to destroy UAVs having a low radar cross section (RCS) and flying at low and extremely low altitudes.

As UAV countermeasures, it's suggested to use the powerful pulsed ultra-wideband electromagnetic radiation (UW EMR).

The main advantages for influence of UW EMR on radar equipment comparing with other types of countermeasures can be underlined:

- Invisibility of use (noiseless, transparency, complexity of usage fact verification);
- Distinguishing complexity from the natural failure arisen due to operational reasons;
- Possibility of use against low-flying and small targets regardless of flight velocity;
- Possibility of simultaneous engagement of big amount of targets, especially useful against group of UAVs including operating UAV with different frequency bands;
- Possibility of autonomous UAV engagement (operating at preprogrammed flight with no radar link with ground command posts) and UAV operating in radiosilence mode;
- Low price, relative use and maintenance simplicity.

The experimental results prove that ultra-wideband electromagnetic radiation at high density of power flow leads to degradation process of semiconductors of UAV radar equipment. On the base of UW EMR generators, it is possible to develop electromagnetic wave weapon to perform counter-UAV operations.

Поступила 30 января 2019 года.

ИССЛЕДОВАНИЯ В СФЕРЕ ПРОЕКТНО- КОНСТРУКТОРСКИХ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РАБОТ

УДК 621.396

КОМБИНИРОВАННАЯ СХЕМА ОБНАРУЖЕНИЯ В ИМПУЛЬСНО-ДОПЛЕРОВСКОЙ РЛС С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ БИНАРНОГО НАКОПИТЕЛЯ

© Авторы, 2019

А.П. Александрович

инженер 2 категории, АО «ВНИИРТ», г. Москва

E-mail: alexandrovich05@gmail.com

Е.П. Смирнов кандидат технических наук,

начальник сектора, АО «ВНИИРТ», г. Москва

E-mail: vomims@yandex.ru

Исследуется алгоритм обнаружения сигнала на фоне шума в импульсной радиолокационной станции. Предлагается комбинированный алгоритм межимпульсной обработки сигналов, который включает в себя импульсно-доплеровскую обработку с когерентным накоплением сигналов и последующее бинарное накопление превышений порогов в частотной области. Анализируются характеристики обнаружения, проведён расчёт оптимальных параметров обнаружителя по критерию минимизации отношения «сигнал/шум» при фиксированной вероятности правильного обнаружения и ложной тревоги.

Ключевые слова: обнаружитель с постоянным уровнем ложной тревоги, бинарное накопление, межимпульсная обработка сигналов.

The article considers signal detection algorithm with noise in pulsed radar. Combined interpulse signal processing algorithm, including pulse-Doppler processing with coherent and binary signal integration is proposed. Detection characteristics are analyzed; optimal parameters for minimization signal-to-noise ratio at fixed probability of correct detection and false alarm are calculated.

Keywords: constant false alarm ratio detector, binary integration, interpulse signal processing.

Сложная помехосигнальная обстановка, в которой работают современные радиолокационные станции (РЛС), вынуждает разработчиков постоянно совершенствовать алгоритмы обнаружения сигналов отражённых от целей. Одним из способов улучшить отношение сигнал-шум (ОСШ), а следовательно характеристики обнаружения, является накопление сигналов: когерентное, некогерентное и бинарное. В статье предложен вариант схемы обнаружения сигналов с накоплением и исследованы его качественные характеристики, такие как отношение сигнал-шум требуемое для достижения заданной вероятности правильного обнаружения при фиксированной вероятности ложной тревоги.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Richards M.A.** *Fundamentals of radar signal processing*. – Tata McGraw-Hill Education, 2005.
2. **Richards M.A.** *Binary Integration Gain, technical memorandum, September 19, 2016*. – URL: <http://www.radarsp.com>.
3. **Шахтарин Б. и др.** Обнаружение сигналов. – МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2005.
4. **Shor M., Levanon N.** *Performances of order statistics CFAR // IEEE Transactions on Aerospace and Electronic Systems*. – 1991, T.27, №2. – С.214–224.
5. **Levanon N.** *Detection loss due to interfering targets in ordered statistics CFAR // IEEE transactions on aerospace and electronic systems*. – 1988, T.24, №6. – С.678–681.
6. **Shnidman D.A.** *Binary integration for Swerling target fluctuations // IEEE Transactions on Aerospace and Electronic systems*. – 1998, T.34, №3. – С.1043–1053.

COMBINED DETECTION SCHEME IN PULSE-DOPPLER RADAR USING BINARY INTEGRATOR

A.P. Alexandrovich, E.P. Smirnov

The complex noise-signal environment in which modern radar stations (radars) operate, forces developers to improve constantly algorithms for signals detecting reflected from targets. One way to improve the signal-to-noise ratio (SNR), and hence the detection characteristics, is signal integration: coherent, incoherent, and binary. The article proposes a variant of the signal detection scheme with integration and examines its qualitative characteristics, such as the signal-to-noise ratio required to achieve a given probability of correct detection at fixed probability of false alarm.

Поступила 19 сентября 2018 года.

УДК 621.31

ВСПОМОГАТЕЛЬНАЯ ДИЗЕЛЬ-ГЕНЕРАТОРНАЯ УСТАНОВКА ДЛЯ ПИТАНИЯ БОРТОВОЙ АППАРАТУРЫ

© Авторы, 2019

Б.А. Анненков

начальник сектора, ПАО «НПО «Алмаз», г. Москва

E-mail: info@raspletin.com

А.Ю. Биккулов

зам. начальника отдела, ПАО «НПО «Алмаз», г. Москва

К.В. Бологов

начальник СКБ, ПАО «НПО «Алмаз», г. Москва

Т.А. Зарукина

ведущий инженер, ПАО «НПО «Алмаз», г. Москва

И.П. Колгаев

инженер 1 категории, ПАО «НПО «Алмаз», г. Москва

В статье представлена вспомогательная дизельная установка. Приведён обзор аналогичных агрегатов. Рассмотрены устройство и принцип работы установки. Предложены конструкторские решения, позволяющие повысить технологичность сборки при снижении массогабаритных показателей и улучшении экономических критериев. Описан принцип автоматического управления установкой.

Ключевые слова: энергетическая установка, дизель-генератор, вспомогательная дизельная установка, автоматическое управление.

The article states an auxiliary diesel power plant. The review of similar units is provided. The arrangement and the principle of work of the unit are considered. The design solutions permitting to increase the assembling versatility while reducing the mass-dimensional parameters and improving economic performance were proposed. The principle of power plant automatic control was described.

Keywords: power station, diesel generator, auxiliary diesel power plant, automatic control.

Современные образцы боевой техники (ЗРК, САУ, СОУ) оснащены широким спектром различной радиоэлектронной аппаратуры: аппаратура связи, навигации, управления, приборы автоматизации и устройства жизнеобеспечения. Использование основного двигателя боевой машины для электроснабжения аппаратуры в режиме длительного боевого дежурства в большинстве случаев нецелесообразно, а применительно к наземным средствам ЗРК – пусковым установкам, РЛС невозможно с учетом значительного разнесения необитаемых боевых средств на местности.

Разработана малогабаритная дизель-генераторная установка для электроснабжения аппаратуры связи и управления наземных средств ЗРК на основе агрегата ДГУ5-П27,5-ВМ1. Установка размещается в удобном компактном корпусе, имеет невысокую массу, технологична в изготовлении и обладает низкой стоимостью.

Конструктивно установка представляет собой дизель-генератор с блоками управления и датчиками, размещенными во влаго-брызгозащищенном корпусе из алюминиевого сплава. Установка обладает высокой степенью унификации и изготовлена полностью из отечественных комплектующих. Ряд узлов и деталей как двигателя, так и корпуса унифицированы с деталями автомобилей отечественного производства, выпускаемых серийно.

В аппаратуре установки реализовано полностью автоматическое управление с контролем уровня заряда аккумуляторных батарей объекта. Контроль функционирования установки осуществляется по цифровому интерфейсу с выдачей диагностической информации на аппаратуру объекта размещения.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Хлопотов А.** Модернизированный Т-90С. Новое качество тагильского танка // Техника и вооружение. – 2012, №02.
2. **Ахундов Э.** Вспомогательный генератор: для чего второе сердце танку. – 2016.
3. **Водниц В.В., Батракова О.С., Рыбин А.В.** Графический интерфейс автономного управления пусковой установкой // Сборник докладов VII НТК молодых учёных и специалистов «Актуальные вопросы развития систем и средств ВКО». – М.: ПАО «НПО «Алмаз», 2017. – С.23–32.
4. **Колгаев И.П., Анненков Б.А., Бологов К.В., Рыбин А.В.** Блок управления вспомогательной дизельной установкой // Сборник докладов VII НТК молодых учёных и специалистов «Актуальные вопросы развития систем и средств ВКО». – М.: ПАО «НПО «Алмаз», 2017. – С.74–81.

AUXILIARY DIESEL DRIVEN GENERATOR FOR ONBOARD EQUIPMENT POWER SUPPLY

B.A. Annenkov, A.Y. Bikkulov, K.V. Bologov, T.A. Zarukina, I.P. Kolgaev

The up-to-date military equipment items (air defense missile system (ADMS), self-propelled artillery weapon) are equipped with a wide range of various radio-electronic devices: communication, navigation, control, automation and life support systems. The use of combat vehicle main engine for equipment power supply in extended combat mode in most cases is impractical, and in relation to ADMS ground components – launchers and radar, is impossible due to considerable spacing of combat vehicles on the ground.

Small-size diesel-generator unit is developed for control and communication equipment power supply of ADMS ground vehicles based on the DGU5-P27, 5-VM1 diesel engine. The unit is housed in handy rugged casing with a low weight, has an adaptability to manufacture and a low cost.

The unit design represents the diesel generator with control blocks and sensors placed in moisture-splash-proof case of aluminum alloy. The unit has a high degree of commonality and is fully manufactured from indigenous components. A number of nodes and details of engine and case are unified with car serial components of indigenous manufacturing.

The unit equipment has a completely automatic operation with charge level control of electric batteries of a vehicle. The unit functioning is carried out via digital interface with test information output to the equipment of a vehicle.

Поступила 9 ноября 2018 года.

ПРИМЕНЕНИЕ ЛАЗЕРНЫХ СИСТЕМ ПЕРЕДАЧИ ЭНЕРГИИ ДЛЯ ПИЛОТИРУЕМОГО ПОЛЁТА НА МАРС

© Авторы, 2019

А.С. Коноплев

МАИ (национальный исследовательский университет), г. Москва

А.П. Смахтин

старший преподаватель, МАИ (национальный исследовательский университет), г. Москва

E-mail: kaf208@mail.ru

В статье рассмотрен сценарий пилотируемого полёта на Марс с использованием комбинированной энергетической установки на основе ядерной энергетической установки (ЯЭУ) и лазерной системы передачи энергии. Дистанционное энергоснабжение пилотируемого аппарата на Марс с помощью двух энергетических модулей позволит использовать в качестве радиационной защиты – защиту расстоянием. Это приведёт к значительному уменьшению массы пилотируемого аппарата за счёт отказа от тяжёлых защитных экранов. При этом величина электрической мощности на пилотируемом аппарате может составлять 20 МВт. Появляется возможность использовать связку электроракетных двигателей (ЭРД) малой тяги в качестве маршевого двигателя. Время марсианской экспедиции будет составлять порядка 30 недель. Применение двух энергетических модулей, во-первых, повысит надёжность транспортной системы на этапах полёта по трассе Земля-Марс-Земля, во-вторых, обеспечат непрерывный режим энергоснабжения марсианской базы энергией по лазерному лучу с околomarсианской орбиты, что не нарушит экологическую обстановку на Марсе и упростит решение проблемы утилизации радиационных отходов после выполнения программы полёта.

Ключевые слова: ядерная энергетическая установка, лазерная система передачи энергии, электроракетные двигатели.

The article examines a scenario of manned flight to the Mars using the combined power plant based on the nuclear power plant (NPP) and on the power transmission laser system. Remote power supply of manned vehicle to the Mars using the two power plants permits to implement buffer distance as radiation shielding. This will lead to substantial mass reduction of manned vehicle due to refusal of using the heavy protection screens. In this case, the amount of electrical power on a manned machine can be 20 MW. There is an opportunity to use a bunch of electro-rocket propulsions of a small thrust as a cruise propulsion. The time of the Martian expedition will be about 30 weeks. The use of two power modules, firstly, will increase the reliability of the transport system during the flight stages along the Earth-Mars-Earth route, secondly, they will provide a continuous power supply mode for the Martian base with energy along a laser beam with near-Mars orbit that does not disturb the environmental situation on Mars and simplify the solution of the problem of disposal of radiation waste after the flight program.

Keywords: nuclear power plant, power transmission laser system, electro-rocket propulsion.

Одной из перспективных задач современной космонавтики является организация пилотируемой экспедиции на Марс. Одним из возможных вариантов осуществления экспедиции на Марс является перелёт на Марс двумя космическими летательными аппаратами, один из которых является автоматическим грузовым аппаратом, оснащённый солнечной батареей и электроракетными двигателями, а второй представляет собой пилотируемый транспортный космический аппарат, оснащённый жидкостным ракетным двигателем (ЖРД).

Известно, что при электрической мощности порядка (50...100) кВт и более ядерная энергетическая установка по своим массогабаритным параметрам эффективнее солнечной энергетической установки. Это тем более важно при планировании экспедиции на Марс, который находится на большем расстоянии от Солнца, чем Земля и, по этой причине, в ходе полёта на Марс удельная электрическая мощность солнечных батарей будет снижаться.

В данной статье рассмотрен новый сценарий организации пилотируемой экспедиции на Марс с использованием комбинированной энергетической установки (ЭУ) на основе ядерной энергетической установки (ЯЭУ) и лазерной системы передачи энергии. В этом случае будет

обеспечен максимальный уровень радиационной безопасности на борту пилотируемого космического аппарата за счёт использования известного в ядерной энергетике принципа защиты расстоянием.

ЛИТЕРАТУРА

1. Пилотируемая экспедиция на Марс / под ред. А.С. Коротеева. – М.: Российская академия космонавтики им. К.Э. Циолковского, 2006. – 320 с.
2. Штулингер Э. Ионные двигатели для космических полётов. – М.: Воениздат, 1966. – 343 с.
3. Квасников Л.А., Латышев Л.А., Пономарев-Степной Н.Н. и др. Теория и расчёт энергосиловых установок космических летательных аппаратов. – М.: Издательство МАИ, 2001. – 474 с.
4. Kvasnikov L.A., Smakhtin A.P., Tchuyan R.K. *Potential of Wireless Power Transmission in Space Power Engineering // Proceedings of 4th International Seminar on Wireless Power Transportation. – Reunion, France, 2001.*
5. Квасников Л.А., Смахтин А.П., Чуян Р.К. Комбинированная космическая ядерная энергетическая установка с системой беспроводной передачи энергии // Сборник докладов Международной конференции «Ядерная энергетика в космосе – 2005». – Москва–Подольск, 2005. – С.212–215.
6. Латышев Л.А., Чуян Р.К. Оптимизация параметров электростатических ракетных двигателей и ускорителей. – М.: «Машиностроение», 2000. – 288 с.
7. Brown W.C. *Update on the solar power satellite transmitter design. – Space Power, 1986, Vol.6. – P.123–125.*
8. Баринов С.В., Беляков М.С., Логачев О.Н. и др. Концепция напланетной АЭС для освоения Марса на основе высокотемпературного газоохлаждаемого реактора с турбомашинным преобразователем энергии по газовому циклу Брайтона // Сборник докладов Международной конференции «Ядерная энергетика в космосе – 2005». – Москва–Подольск, 2005. – С.498–504.
9. Гребенник В.Н., Кухаркин Н.Е., Пономарев-Степной Н.Н. Высокотемпературные газоохлаждаемые реакторы – инновационное направление развития атомной энергетики // Серия «Физико-технические проблемы ядерной энергетики». – М.: Энергоатомиздат, 2008. – 134 с.
10. Пономарев-Степной Н.Н., Рачук В.С., Сметанников В.П. Космические ядерные энергетические и энергодвигательные установки на основе реактора с внешним преобразованием тепла твёрдофазной активной зоны // Сборник докладов Международной конференции «Ядерная энергетика в космосе – 2005». – Москва – Подольск, 2005. – С.45–51.
11. Баринов С.В., Беляков М.С., Егоров А.С. и др. Концепция ядерной энергоустановки электрической мощностью 500 кВт на основе газоохлаждаемого реактора с газотурбинным преобразованием энергии по циклу Брайтона // Сборник докладов Международной конференции «Ядерная энергетика в космосе – 2005». – Москва–Подольск, 2005. – С.131–138.
12. Евдокимов Р.А., Синявский В.В. Сравнительный анализ термоэмиссионной и газотурбинной схем преобразования тепловой энергии в электрическую в космических ЯЭУ // Сборник докладов Международной конференции «Ядерная энергетика в космосе – 2005». – Москва–Подольск, 2005. – С.159–168.
13. Краснок А.Е., Максимов И.С., Денисюк А.И. и др. Оптические наноантенны. – УФН, 2013, Т.183, №6. – С.561–589.
14. Слюсар В.И. Наноантенны: подходы и перспективы. Электроника: наука, технология, бизнес. – 2009, №2. – С.58–65.

APPLICATION OF POWER TRANSFER LASER SYSTEMS FOR MANNED FLIGHT TO MARS

A.S. Konoplev, A.P. Smahtin

One of the long-term task of present-day cosmonautics is the organization of manned expedition to the Mars. One of the possible variants of its realization is flight to the Mars by two space ships, one of which is automated cargo space vehicle equipped with solar battery and electro-rocket propulsions, and the second is manned transport space vehicle with liquid-propellant propulsion.

It is known that at electrical power of about (50...100) kW and more the nuclear power plant in its mass-dimensional parameters is more effective than solar energy plant. Furthermore, it is vital during expedition planning to the Mars which is more far away from the Sun than an Earth, and for this reason during the Mars flight the specific electrical power of solar batteries will be reducing.

The article examines a new scenario of manned flight organization to the Mars using the combined power plant based on nuclear power plant (NPP) and power transmission laser system. In this case, a maximum level of radiation safety onboard the manned space vehicle will be provided due to use of known in nuclear power engineering principle of buffer distance.

Поступила 29 января 2019 года.

МОДЕЛИ СИГНАЛОВ, ОДНОВРЕМЕННО ИЗЛУЧАЕМЫХ И ПРИНИМАЕМЫХ МНОГОЧАСТОТНЫМИ РЛС С ФАР

© Авторы, 2019

В.В. Лабец кандидат технических наук, доцент,
зам. начальника кафедры средств противоракетной обороны,
Военно-космическая академия имени А.Ф. Можайского, г. Санкт-Петербург
E-mail: vetalino@yandex.ru

А.А. Шаталов доктор технических наук, профессор,
доцент кафедры средств противоракетной обороны,
Военно-космическая академия имени А.Ф. Можайского, г. Санкт-Петербург
E-mail: gonta-gv@yandex.ru

В.А. Шаталова кандидат технических наук, доцент,
доцент кафедры средств предупреждения о ракетном нападении,
Военно-космическая академия имени А.Ф. Можайского, г. Санкт-Петербург

Синтез и анализ оптимальной обработки радиолокационной, навигационной и связной информации предполагает разработку математических моделей сигналов, помех и шумов. Применительно к узкополосным системам в этом направлении проведён большой объём работ, позволивший добиться хороших результатов в области решения задач обнаружения, оценивания параметров, полного разрешения, распознавания образов целей. В данной статье рассмотрены математические модели сигналов, помех и шумов, формируемых на входах многочастотных РЛС с ФАР, в которых используется одновременное излучение сигналов с различными несущими частотами. Приводится описание их числовых характеристик.

Ключевые слова: многомерные сигналы, принимаемые от медленно и быстро флуктуирующих целей, многомерные сигналы от целей с доплеровским рассеянием, помехи и шумы, гауссовские случайные процессы.

The synthesis and analysis of optimal processing of radar, navigation and communication information involves the development of mathematical models of signals, interference and noise. With regard to narrow-band systems, a large amount of work has been carried out in this direction, which has made it possible to achieve good results in solving detection problems, parameter estimation, full resolution, and pattern recognition of targets. This article discusses the mathematical models of signals, interference and noise generated at the inputs of multi-frequency phased array radars, which use the simultaneous emission of signals with different carrier frequencies. A description of their numerical characteristics.

Keywords: multidimensional signals received from slow and fast fluctuating targets, multidimensional signals from Doppler scattering targets, noise and disturbance, Gaussian random process.

Целью работы является в создание моделей сигналов, помех и шумов, формируемых на входах многочастотных РЛС с ФАР, в которых используется одновременное излучение сигналов с различными несущими частотами и описание их статистических характеристик (СХ).

Считаем, что ФАР состоит из подрешеток, каждая из которых предназначена для излучения и приема сигналов на различных частотах. Определяем общее число элементов для прямоугольной решетки, зависящее от числа элементов на каждой из частот. Случайный процесс, принимаемый многочастотной РЛС с ФАР, обозначаем в виде блочного вектора состоящего из суммы векторов сигнала, помех и белого гауссова шума.

В случае выполнения указанных условий могут приниматься сигналы, отраженные от медленно и быстро флуктуирующих целей. Описываем их математическими моделями.

Сигналы в виде пачек, содержащих по несколько импульсов на каждой из несущих частот, отраженных от медленно флуктуирующей цели. Модель справедлива в случае, когда небольшие перемещения цели не оказывают заметного влияния на отраженные сигналы в РЛС с высокой частотой повторения импульсов.

2. Сигналы в виде пачек, содержащих по несколько импульсов на каждой из несущих частот, отраженных от быстро флуктуирующей цели. Такая модель справедлива в случае, когда небольшие изменения ориентации цели вызывают значительные изменения отраженного сигнала. В данном случае цель флуктуирует настолько быстро, что отраженные от нее сигналы, обусловленные соседними импульсами – независимы. Такая модель подходит для условий, когда небольшие изменения ориентации цели приводят к значительным изменениям отраженного сигнала. Модель целесообразно использовать в случае маневрирующей цели.

3. Сигналы в виде пачек, содержащих по несколько импульсов на каждой из несущих частот, отраженных от цели с доплеровским рассеянием. Для описания общих свойств цели вводятся две величины тождественных математическому ожиданию (среднему доплеровскому смещению) и дисперсии случайной величины. Сигнал, принимаемый от цели с доплеровским рассеянием, представлен в матричном виде. По сути, модель (3) представляет собой обобщение модели (2) на случай приема сигналов от цели с доплеровским рассеянием.

4. Модели сигналов, принимаемых от целей в условиях многолучевого распространения электромагнитных волн, которые являются частным случаем сигнала, отраженного от цели с доплеровским рассеянием. Подтверждаются результаты полигонных испытаний американских и отечественных ученых, в которых утверждалось, что сигналы, принимаемые по каждому из лучей, подчиняются либо логарифмически нормальному, либо вейбуловскому, либо распределению Накагами.

Приём сигналов всегда сопровождается шумами и помехами, которые описываются математическими моделями:

В качестве модели шума для узкополосной РЛС чаще всего используется модель БГШ с ковариационной матрицей, включающей невырожденную диагональную матрицу (полного ранга). Применительно к многочастотным РЛС необходимо учитывать, что в случае, когда спектры сигналов различных диапазонов частот не перекрываются, она будет блочной диагональной матрицей. Значительный, практический интерес представляют также случаи, когда: ковариационная матрица шума – вырожденная; шум измерений является выходом известной линейной системы с детерминированными коэффициентами, возбуждаемой БГШ; о шуме известны лишь его математическое ожидание и ковариационная матрица, все элементы которой являются функциями, интегрируемыми с квадратом по Лебегу (чисто цветной шум). Проблема линейной фильтрации с произвольным цветным шумом до сих пор не решена.

В качестве математических моделей помех могут использоваться активные, пассивные и имитационные помехи. Первые две разновидности в достаточно полном объеме описаны в литературе. В качестве имитационных помех можно использовать, например, модели, которые описывают принимаемые узкополосные сигналы, рассмотренные выше. При этом, следует помнить о сложности формирования ответного сигнала в метровом диапазоне волн на подвижном носителе.

В статье приведено обобщение на случай приема сигналов многих целей многочастотной РЛС. Рассмотренные модели сигналов, помех и шумов могут быть распространены на случай приема многочастотной РЛС сигналов от нескольких медленно флуктуирующих, быстро флуктуирующих целей, а также целей с доплеровским рассеянием на фоне помех и шумов. В частности приведена модель входного процесса, в случае приема сигналов от медленно флуктуирующих целей, принимаемых в условиях воздействия помех. Она учитывает различия в задержке сигналов, азимутах, углах места, частотах Доплера, а также возможность изменения излучаемой энергии сигнала на каждой из несущих частот и обладает большой гибкостью в плане разработки и исследования алгоритмов обработки, моделирования многочастотных РЛС.

Рассмотренные в статье модели сигналов могут использоваться в алгоритмах оптимальной обработки сигналов при решении задач совместного обнаружения, оценивания параметров, полного разрешения сигналов многих целей (определения числа целей в группе и оценки координатных параметров каждой из них), а также автоматического формирования зондирующих

сигналов, обеспечивающих достижение большего качества обработки, чем в случае оптимизации только оптимального приемного устройства.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ван Трис Г. Теория обнаружения, оценок и модуляции, Т.3. Обработка сигналов в радио и гидролокации и приём случайных гауссовых сигналов на фоне помех. Пер с англ. / под ред. В.Т. Горяинова. – М.: Сов. радио, 1977. – 664 с.
2. Вишин Г.М. Многочастотная радиолокация. – М.: Военное издательство министерства обороны СССР, 1973. – 89 с.
3. Лукошкин А.П., Каринский С.С., Шаталов А.А. и др. Обработка сигналов в многоканальных РЛС / под ред. А.П. Лукошкина. – М.: Радио и связь, 1983. – 328 с.
4. Бачевский А.С., Коновалов Д.Ю., Лабез В.В., Шаталов А.А., Шаталова В.А. Адаптивный алгоритм распознавания сигналов, принимаемых от быстрофлуктуирующих целей и целей с доплеровским рассеянием при наличии помех // Труды Военно-космической академии Академии им. А.Ф. Можайского – 2017, Вып. 656. – С.25–34.
5. Бачевский А.С., Бачевский С.В., Шаталов А.А., Шаталова В.А. Математические модели сигналов, помех и шумов, принимаемых антенными системами в условиях многолучевого распространения электромагнитных волн // Труды Международной научно-технической конференции, посвященной 80-летию вуза «Системы и процессы управления и обработки информации» в 2 ч. – СПб.: СЗТУ, Институт системного анализа, автоматики и управления, 2010. – С.83–92.
6. Бакулев П.А., Степин В.М. Методы и устройства селекции движущихся целей. – М.: Радио и связь, 1986. – 288 с.
7. Ароншайн Н. Теория воспроизводящих ядер. – Математика, 1963, №2. – С.67–130.
8. Kailath T. *RKHS approach to detection and estimation problems. Part 1: Deterministic signals in Gaussian noise* / *IEEE Trans. Inform. Theory*, 1971, 17. – P.530–549.
9. Тихонов А.Н., Арсенин В.Я. Методы решения некорректных задач. – М.: Наука, 1979.

MODELS OF SIGNALS, SIMULTANEOUSLY EMITTED AND RECEIVED BY MULTI-FREQUENCY RADAR WITH A PHASED ANTENNA ARRAY

V.V. Labets, A.A. Shatalov, V.A. Shatalova

The aim of the work is to create models of signals, interference and noise generated at the inputs of multi-frequency radars with a phased antenna array, which use simultaneous emission of signals with different carrier frequencies and a description of their statistical characteristics (CX).

We believe that the phased array consists of sublattices, each of which is designed to emit and receive signals at different frequencies. We determine the total number of elements for a rectangular array, depending on the number of elements at each of the frequencies. A random process received by a multi-frequency radar with a phased antenna array is denoted by a block vector consisting of the sum of signal vectors, interference, and white Gaussian noise.

If these conditions are met, signals can be received that are reflected from slowly and quickly fluctuating targets. We describe them with mathematical models:

1. Signals in the form of packs containing several pulses at each of the carrier frequencies reflected from a slowly fluctuating target. The model is valid in the case when small movements of the target do not have a noticeable effect on the reflected signals in the radar with a high pulse repetition rate.

2. Signals in the form of packs containing several pulses at each of the carrier frequencies reflected from a rapidly fluctuating target. Such a model is valid in the case when small changes in the orientation of the target cause significant changes in the reflected signal. In this case, the target fluctuates so quickly that the signals reflected from it, due to adjacent pulses, are independent. This is suitable for conditions where small changes in the orientation of the target lead to significant changes in the reflected signal. The model should be used in the case of a maneuvering target.

3. Signals in the form of packs containing several pulses at each of the carrier frequencies reflected from the target with Doppler scattering. To describe the general properties of the target, two quantities are introduced that are identical with the expectation (mean Doppler shift) and the variance of the random variable. The signal received from the target with Doppler scattering is presented in a matrix form. In essence, model (3) is a generalization of model (2) to the case of receiving signals from a target with Doppler scattering.

4. Models of signals received from targets under conditions of multipath propagation of electromagnetic waves, which are a special case of a signal reflected from a target with Doppler scattering. The results of ground

tests of American and domestic scientists are confirmed, in which it was asserted that the signals received on each of the beams are subject to either log-normal, or Weibula, or Nakagi distribution.

Reception of signals is always accompanied by noise and interference, which are described by mathematical models:

The model of white Gaussian noise with a covariance matrix including a non-degenerate diagonal matrix (of full rank) is most often used as a noise model for narrowband radar. With regard to multi-frequency radar, it is necessary to take into account that in the case when the spectra of signals of different frequency ranges do not overlap, it will be a block diagonal matrix. Of considerable practical interest are also the cases when: the covariance noise matrix is degenerate; measurement noise is the output of a well-known linear system with deterministic coefficients, excited by white Gaussian noise; the noise is known only by its expectation and covariance matrix, all elements of which are functions that are integrable with Lebesgue square (pure color noise). The problem of linear filtering with arbitrary color noise is still not solved.

As mathematical models of interference can be used active, passive and imitation interference. The first two species are described in sufficient detail in the literature. For example, models that describe the received narrowband signals discussed above can be used as imitation interference. At the same time, it should be remembered about the difficulty of forming a response signal in the meter wave band on a movable carrier.

The article summarizes the case of receiving signals from many targets of multi-frequency radar. The considered models of signals, noise and noise can be extended to the case of receiving multi-frequency radar signals from several slowly fluctuating, rapidly fluctuating targets, as well as targets with Doppler scattering on the background of interference and noise. In particular, a model of the input process is given, in the case of receiving signals from slowly fluctuating targets, taken under the influence of interference. It takes into account differences in signal delay, azimuths, elevation angles, Doppler frequencies, as well as the possibility of changing the radiated signal energy at each of the carrier frequencies and has great flexibility in terms of developing and researching processing algorithms and modeling multi-frequency radars.

The signal models considered in the article can be used in algorithms for optimal signal processing when solving problems of joint detection, parameter estimation, full resolution of signals from many targets (determining the number of targets in a group, and estimating the coordinate parameters of each of them), as well as automatically generating signals that achieve higher quality processing than in the case of optimizing only the optimal receiver.

Поступила 22 апреля 2019 года.

УДК 621.38

АДАПТИВНЫЙ АЛГОРИТМ РАСПОЗНАВАНИЯ СИГНАЛОВ, ПРИНИМАЕМЫХ ОТ МЕДЛЕННО ФЛУКТУИРУЮЩЕЙ ЦЕЛИ И ЦЕЛИ С ДОПЛЕРОВСКИМ РАССЕЯНИЕМ НА ФОНЕ ПОМЕХ В МНОГОЧАСТОТНОЙ РЛС С ФАР

© Авторы, 2019

Е.А. Лаврентьев кандидат технических наук, доцент,
зам. генерального директора – начальник ОКБ «ЛЭМЗ», ПАО «НПО «Алмаз», г. Москва

А.А. Шаталов доктор технических наук, профессор,
доцент кафедры средств противоракетной обороны,
Военно-космическая академия имени А.Ф. Можайского, г. Санкт-Петербург
E-mail: gonta-gv@yandex.ru

В.А. Шаталова кандидат технических наук, доцент,
доцент кафедры средств предупреждения о ракетном нападении,
Военно-космическая академия имени А.Ф. Можайского, г. Санкт-Петербург

Рассматривается задача совместного обнаружения – распознавания пачек сигналов, отражённых от медленно флуктуирующей цели и цели с доплеровским рассеянием при наличии помех в РЛС с одновременным излучением сигналов с различными частотами. Формулировка и проверка статистических гипотез соответствуют двухэтапной задаче многоальтернативного обнаружения. На первом этапе проверяется гипотеза о присутствии любого из сигналов вместе с помехами и шумом (без конкретизации типа цели) против альтернативы о наличии только помех и шума. На втором этапе путём сравнения выбирается наибольший из логарифмов отношения правдоподобия, соответствующий ему сигнал и принимается в качестве оценки истинного. Обсуждается ход решения задачи распознавания в условиях параметрической априорной неопределённости статистических характеристик сигналов, помех и шума. Предполагается, что сигналы, помехи и шум подчиняются гауссовскому закону распределения вероятностей.

Ключевые слова: распознавание пачек сигналов, РЛС с одновременным излучением сигналов с различными частотами.

A problem of joint detection and signal burst determination returned from slow fluctuating target and Doppler scattering target in the noise from multi-frequency simultaneous emission radar is considered in this paper. Formulation and statistical hypothesis testing corresponds to two-step problem of multi-alternative detection. At the first step, we test the hypothesis of presence the echo signal with noise and disturbance or only noise and disturbance is under way without specification of target type. The biggest likelihood ratio logarithm is chosen via comparing at the second step. The corresponding signal is admitted as a true signal estimate. It is suggested that echo signals, disturbances and noises correspond to Gaussian probability distribution law.

Keywords: signal burst recognition, multi-frequency simultaneous emission radar.

Авторами разработан оптимального алгоритма распознавания сигналов, принимаемых от медленно флуктуирующих цели и цели с доплеровским рассеянием на фоне помех и шумов, применительно к многочастотным РЛС с ФАР, в которых используется одновременное излучение сигналов с различными несущими частотами в условиях параметрической априорной неопределённости.

В статье представлены модели сигналов, принимаемых от медленно флуктуирующих целей, а также целей с доплеровским рассеянием на фоне помех многочастотной РЛС с ФАР, использующей одновременное излучение сигналов с различными несущими частотами.

Описан адаптивный алгоритм распознавания сигналов, принимаемых многочастотной РЛС с ФАР на фоне помех.

Рассмотрены потенциальные характеристики распознавания сигналов, принимаемых от медленно флуктуирующей цели и цели с доплеровским рассеянием на фоне помех в многочастотной РЛС с ФАР.

Предлагаемый подход можно применять для решения задач распознавания сигналов, принимаемых от целей различных классов на фоне негауссовских помех. При этом возрастает число проверяемых гипотез, но ход решения остается тем же самым. Вид плотности распределения вероятностей (ПРВ) пачки сигналов зависит от того, является ПРВ каждого импульса устойчивой или нет. В последнем случае необходимо определять вид ПРВ для каждого конкретного k числа импульсов.

При неизвестных параметрах ωD и t_z цели их оценка должна осуществляться по критерию максимума правдоподобия, а реализацию алгоритма необходимо выполнять по многоканальной схеме.

ЛИТЕРАТУРА

1. Небабин В.Г., Сергеев В.В. Методы и техника радиолокационного распознавания. – М.: Радио и связь, 1984. – 152 с.
2. Ширман Я.Д., Горшков С.А., Лещенко С.П., Братченко Г.Д., Орленко В.М. Методы радиолокационного распознавания и их моделирование // Зарубежная радиоэлектроника. – 1996, №11. – С.3–63.
3. Вишин Г.М. Многочастотная радиолокация. – М.: Военное издательство министерства обороны СССР, 1973. – 89 с.
4. Ван Трис Г. Теория обнаружения, оценок и модуляции. Т.3. Обработка сигналов в радио и гидролокации и приём случайных гауссовых сигналов на фоне помех / Пер с англ. под ред. В.Т. Горяинова. – М.: Сов. радио, 1977. – 664 с.
5. Лукошкин А.П., Каринский С.С., Шаталов А.А. и др. Обработка сигналов в многоканальных РЛС / под ред. А.П. Лукошкина. – М.: Радио и связь, 1983. – 328 с.
6. Вероятность и математическая статистика: Энциклопедия / Гл. ред. Ю.В. Прохоров. – М.: Большая Российская Энциклопедия, 1999. – 910 с.
7. Стратонович Р.Л. Принципы адаптивного приёма. – М.: Сов.радио, 1973. – 143 с.
8. Лексаченко В.А., Шаталов А.А. Синтез многомерного выбеливающего фильтра по методу Грама-Шмидта // Радиотехника и электроника. – 1976, Т.21, №1. – С.112.
9. Монзинго Р.А., Миллер Т.У. Адаптивные антенные решётки. Введение в теорию. Пер. с англ. – М.: Радио и связь, 1986. – 445 с.
10. Давыдов В.С., Лукошкин А.П., Шаталов А.А., Ястребков А.Б. Радиолокация сложных целей. Разрешение и распознавание / под ред. А.П. Лукошкина, А.А. Шаталова, А.Б. Ястребкова. – СПб.: Янис, 1993. – 280 с.
11. Шаталов А.А., Ястребков А.Б., Селезнев Б.Н. Быстродействующие алгоритмы адаптации многомерных адаптивных выбеливающих фильтров // Радиотехника и электроника. – 1984, Т.29, №1. – С.36–42.
12. Лексаченко В.А., Пыраев В.В., Шаталов А.А. Два адаптивных алгоритма обработки в антенных решётках // В кн. Вопросы формирования и обработки сигналов в радиотехнических системах. – Таганрог, Изд-во Таганрогского радиотехнического института им. Калмыкова, 1979, Выпуск 3. – С.61–67.
13. Сосулин Ю.Г. Теоретические основы радиолокации и радионавигации: учеб. пособие для вузов. – М.: Радио и связь, 1994. – 304 с.

ADAPTIVE ALGORITHM OF SIGNAL DETERMINATION RECEIVED FROM SLOW FLUCTUATING TARGET AND DOPPLER SCATTERING TARGET IN NOISE CONDITIONS OF MULTI-FREQUENCY PHASED ARRAY RADAR

E.A. Lavrentiev, A.A. Shatalov, V.A. Shatalova

The authors developed an optimum algorithm of signals recognition received from slow fluctuating target and Doppler scattering target in noise and disturbance for multi-frequency phased array radar with simultaneous emission and different carrier frequency in parametric prior uncertainty conditions.

The article performs models of signals received from slow fluctuating target and Doppler scattering target in noise and disturbance for multi-frequency phased array radar with simultaneous emission and different carrier frequency.

An adaptive algorithm of signals recognition received from multi-frequency phased array radar in noises is described.

Potential characteristics of signals recognition received from slow fluctuating target and Doppler scattering target in noise of multi-frequency phased array radar.

The suggested approach can be implemented for signals determination problem solution, received from different target types against background of non-Gaussian noise. Herewith the amount of verifiable hypothesis arises, however the solution procedure remains the same. A view of probability density function (PDF) of signal burst depends on the condition if PDF of each pulse is steady or not. In the latest case it's necessary to determine a PDF view for each certain k-number of pulses.

When ω_D parameters and τ_z of a target are unknown, its evaluation should be carried out according to maximum likelihood criteria, and algorithm implementation is necessary to fulfill according to multichannel scheme.

Поступила 26 марта 2019 года.

АНАЛИТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ МОЩНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ НЕДИФРАКЦИОННОГО КАЧЕСТВА ЛАЗЕРНОЙ СИСТЕМЫ

© Авторы, 2019

Я.И. Малашко доктор технических наук,
ведущий научный сотрудник, ПАО «НПО «Алмаз», г. Москва
E-mail: info@raspletin.com

А.В. Назаренко кандидат физико-математических наук,
первый зам. начальника ОКБ, ПАО «НПО «Алмаз», г. Москва

М.Б. Наумов кандидат технических наук,
начальник отдела, ПАО «НПО «Алмаз», г. Москва

А.А. Соловьёва
ведущий инженер, ПАО «НПО «Алмаз», г. Москва

В статье приведены аналитические выражения, позволяющие оценивать параметры мощного светового пучка при его прохождении по оптическому тракту лазерной системы в условиях воздействия различных возмущающих факторов, характерных для авиационного базирования. Правомочность использования приведённых аналитических выражений основывается как на экспериментальных данных, так и на результатах численного математического моделирования.

Ключевые слова: лазерная система, мощное излучение, недифракционное качество, аналитическая модель, возмущающие факторы.

The article states the analytical expressions permitting to evaluate parameters of high-power beam at its passing in optical path of laser system under effect of different disturbing factors, typical for aerial deployment. The justification implementation of given analytical expressions is based on experimental data and numerical mathematical simulation results.

Keywords: laser system, powerful radiation, non-diffraction quality, analytical model, distortion factors.

Основным параметром лазерного пучка, определяющим характер его воздействия на удалённую мишень, является сила излучения. Поэтому, важной практической задачей является увеличение силы излучения с помощью оптимальных конструкторских решений при проектировании лазерной системы. Наиболее эффективным средством увеличения силы излучения является минимизация угловой расходимости лазерного пучка посредством снижения аберраций волнового фронта, обусловленных воздействием различных возмущающих факторов (термоискажения зеркал и турбулентность атмосферы, тепловая расфокусировка формирующего телескопа при изменении температуры окружающей среды и пр.). В связи с этим, большой интерес представляет получение аналитических зависимостей, позволяющих проследить влияние основных конструктивных параметров лазерной системы на качество лазерного пучка с целью выбора их оптимальных значений на стадии проектирования. Представленная аналитическая модель мощного излучения применима для пучков недифракционного качества, т.е. для пучков с угловой расходимостью $\varphi \geq 6\lambda/a$, где λ – длина волны лазерного излучения, a – апертура светового пучка. Аналитические выражения позволяют оценивать параметры мощного светового пучка при его прохождении по оптическому тракту лазерной системы в условиях воздействия различных возмущающих факторов, характерных для авиационного базирования. Правомочность использования аналитических выражений основывается как на экспериментальных данных, так и на результатах численного математического моделирования.

ЛИТЕРАТУРА

1. Малашко Я.И. Формирование мощных лазерных пучков // МИРЭА. – Москва, 2013. – 244 с.
2. Малашко Я.И., Наумов М.Б. Системы формирования мощных лазерных пучков. – М.: Радиотехника, 2013. – 328 с.
3. Малашко Я.И., Хабибуллин В.М. Критерии допустимых величин плавных аберраций для лазерных пучков недифракционного качества // Квантовая электроника. – 2014, Т.44, №3.
4. Ignatiev A.B., Kas'kov V.N., Malashko Ya.I., Valuev V.V. The increase of Angular Beam Brightness of a Gas-Dynamic CO₂-Laser by means of Linear Adaptive System // Proc. Of the International Conference on Laser's 96. STS Press McLEAN, VA. 1997. – P.89–96.
5. Дроздов П.А., Малашко Я.И., Наумов М.Б., Прытков С.И. Устойчивость лазерных силовых зеркал к тепловому воздействию теплоносителя // Оптический журнал. – 2013, Т.80, №2. – С.35-40.
6. Клейменов А.Н., Малашко Я.И., Писаренко Я.А. Анализ влияния апертурных потерь лазерного излучения на силу излучения // Журнал «Вестник воздушно-космической обороны». – М.: ПАО «НПО «Алмаз», 2016, Выпуск 4(12). – С.47–52.
7. Малашко Я.И., Писаренко Я.А. Методические подходы к построению системы автоюстировки, как части системы наведения мощных лазерных пучков // Сборник докладов IV НТК молодых учёных и специалистов, посвящённой 105-летию со дня рождения академика А.А. Расплетина «Актуальные вопросы развития систем и средств ВКО». – М.: ОАО «ГСКБ «Алмаз-Антей», 2013. – С.411–420.
8. Ананьев Ю.А. Оптические резонаторы и проблема угловой расходимости лазерного излучения. – М.: Наука, 1979. – 328 с.

LASER SYSTEM HIGH-POWER RADIATION OF NONE-DIFFRACTION QUALITY ANALYTICAL MODEL

Y.I. Malashko, A.V. Nazarenko, M.B. Naumov, A.A. Solovieva

The main parameter of a laser beam, characterizing its influence on distant target, is a radiation intensity. Thus, important practical task is to increase the radiation intensity using optimal design solutions during development of a laser system. The most effective way to increase the radiation intensity is a minimizing of angular beam spread via lowering a wavefront aberration, stipulated by the influence of different disturbing factors (mirror thermal-aberration and atmosphere turbulence, thermal defocusing of telescope during environment temperature change etc.). As a result, the utmost interest is in obtaining of analytical expressions permitting to trace the influence of main structural parameters of laser system on laser beam quality in order to select its optimum values during R&D works stage. The presented analytical model of high-power radiation is applicable for beams of none-diffraction quality i.e. for beams with $\varphi \geq 6\lambda/a$ angular spread, where λ – laser radiation wavelength, a – light beam aperture. Analytical expressions permit to evaluate parameters of high-power beam at its passing in optical path of laser system under influence of different disturbing factors, typical for aerial deployment. The justification implementation of given analytical expressions is based on experimental data and numerical mathematical simulation results.

Поступила 15 августа 2018 года.

УДК 621.396.96

НЕЛИНЕЙНО ЧАСТОТНО МОДУЛИРОВАННЫЙ СИГНАЛ СО СПЕКТРОМ АВТОКОРРЕЛЯЦИОННОЙ ФУНКЦИИ КОСИНУС-КВАДРАТ НА ПЬЕДЕСТАЛЕ

© Авторы, 2019

В.С. Оконешников доктор технических наук,
советник генерального конструктора по ПРО, ПАО «НПО «Алмаз», г. Москва
E-mail: info@raspletin.com

К.К. Севостьянов кандидат технических наук,
ведущий инженер, ПАО «НПО «Алмаз», г. Москва

Рассматривается сигнал с прямоугольной огибающей и со спектром автокорреляционной функции косинус-квадрат на пьедестале. Для этого случая предлагается алгоритм формирования сигнала в виде процедуры вычисления его фазы и представлены результаты моделирования формирования и сжатия сигнала. Найдены значения параметра (пьедестала) алгоритма формирования сигнала, обеспечивающие минимальный УБЛ сжатого сигнала в зависимости от его базы. При сжатии сигналов с малыми базами предложено использовать метод «обратных пульсаций» с окном Хемминга. Вычислены потери на рассогласование при использовании этого метода.

Ключевые слова: обработка сигналов, сигналы с линейной и нелинейной частотной модуляцией, сжатый сигнал, согласованный фильтр, уровень боковых лепестков, весовая функция, база сигнала, отношение «сигнал/шум», потери на рассогласование.

A signal with square envelope and spectrum of autocorrelation function, the raised cosine in 2-power on a pedestal, is considered. For this case, a signal-shaping algorithm in a form of phase calculation procedure is proposed and simulation results are presented for signal shaping and compressing. The signal shaping algorithm parameter (pedestal) has been found in order to minimize side lobe level of compressed signal depending on its signal base. For compressing a signal with small base it is proposed to use «reverse ripple» method with Hamming window. Mismatch loss has been calculated based on this method.

Keywords: signal processing, linear and nonlinear frequency modulation, compressed signal, matched filter, side lobe level, window function, signal base, signal- to-noise ratio, mismatch loss.

Рассматривается задача формирования и сжатия сигнала с прямоугольной огибающей и нелинейной частотной модуляцией, соответствующей спектру автокорреляционной функции косинус-квадрат на пьедестале. Предлагается алгоритм формирования сигнала этого типа в виде процедуры вычисления его фазы и представлены результаты моделирования формирования и сжатия сигнала. Представлены спектры НЧМ сигналов, сформированных для различных баз. По результатам моделирования найдены значения параметра (пьедестала) алгоритма формирования сигнала, обеспечивающие минимальный УБЛ сжатого согласованным фильтром сигнала в зависимости от базы сигнала. Для малых баз спектр НЧМ сигнала существенно отличается от желаемого (косинусоидального), что не позволяет достичь УБЛ такого же, как при весовой обработке сигналов ЛЧМ функцией Хемминга. Поэтому при сжатии сигналов с малыми базами предложено использовать метод «обратных пульсаций» с окном Хемминга. Вычислены потери на рассогласование при использовании этого метода, позволяющего достичь УБЛ менее -42 дБ при минимальных потерях на рассогласование -0.17 дБ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кук Ч., Бернфельд М. Радиолокационные сигналы. Пер. с англ. / под ред. В.С. Кельзона. – М.: Сов.радио, 1971, – 568 с.
2. Завалий В.Н., Оконешников В.С. Метод вычисления зависимости частоты от времени в сигналах с нелинейной ЧМ, имеющих спектр мощности в виде косинус в N-ой степени // Журнал «Вестник воздушно-космической обороны». – М.: ПАО «НПО «Алмаз», 2017, Выпуск №1(13). – С.80–86.
3. Оконешников В.С., Кочемасов В.Н. Сжатие частотно-модулированных сигналов с небольшим произведением девиации частоты на длительность импульса // Зарубежная радиоэлектроника, 1987, №1. – С.82–94.
4. Оконешников В.С., Павлов И.К., Пантелеев Б.М., Столетова О.Е. Опыт внедрения нелинейной ЧМ в радиолокаторы высокой мощности. Радиотехнические технологии и приборостроение // Сборник материалов IV НТК (г. Туапсе, 2006). – М.: Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2006. – С.22–27.

NONE-LINEAR FREQUENCY-MODULATED SIGNAL WITH AUTO CORRELATION SPECTRUM FUNCTION OF RAISED COSINE IN 2-POWER ON A PEDESTAL

V.S. Okoneshnikov, K.K. Sevostyanov

The problem of signal shaping and compressing with square envelope and nonlinear frequency modulation (NLFM), corresponding to correlation spectrum function of raised cosine in 2-power on a pedestal. The signal shaping algorithm is proposed in a form of its phase calculation procedure and simulation results are presented for signal shaping and compressing. Nonlinear frequency-modulated signals spectrum is performed shaped for different bases. Based on modeling results the parameters values (pedestal) of signal shaping algorithm were obtained, providing the minimum side lobe level (SLL) compressed by the matched signal filter depending on signal base. For small bases the spectrum of NLFM signal substantially differs from a desired one (cosinusoidal) that prevent from achieving the same SLL as at weighting processing of NLFM signal with Hamming function. Therefore, for compressing a signal with small base it is proposed to use «reverse ripple» method with Hamming window. Mismatch loss has been calculated based on this method permitting to achieve SLL of less then – 42 dB at minimum mismatch loss – 0.17 dB.

Поступила 14 января 2019 года.

УДК 621.391

АЛГОРИТМ РАСПОЗНАВАНИЯ МЕДЛЕННО И БЫСТРО ФЛУКТУИРУЮЩИХ ЦЕЛЕЙ НА ФОНЕ ПОМЕХ МНОГОЧАСТОТНОЙ РЛС С ФАР

© Авторы, 2019

А.А. Поздняков

адъюнкт кафедры средств предупреждения о ракетном нападении,
Военно-космическая академия имени А.Ф. Можайского, г. Санкт-Петербург
E-mail: drunia-kreng@rambler.ru

А.А. Шаталов доктор технических наук, профессор,
доцент кафедры средств противоракетной обороны,
Военно-космическая академия имени А.Ф. Можайского, г. Санкт-Петербург
E-mail: gonta-gv@yandex.ru

В.А. Шаталова кандидат технических наук, доцент,
доцент кафедры средств предупреждения о ракетном нападении
Военно-космическая академия имени А.Ф. Можайского, г. Санкт-Петербург

Рассматривается задача совместного обнаружения – распознавания пачек сигналов, отражённых от медленно и быстро флуктуирующих целей при наличии помех в радиолокационной станции (РЛС) с одновременным излучением сигналов на различных частотах. Формулировка и проверка статистических гипотез соответствуют двухэтапной задаче многоальтернативного обнаружения. На первом этапе проверяется гипотеза о присутствии любого из сигналов вместе с помехами и шумом (без конкретизации типа цели) против альтернативы о наличии только помех и шума. В качестве критерия оптимальности используется критерий Неймана-Пирсона. На втором этапе путём сравнения выбирается наибольший из логарифмов отношения правдоподобия. Соответствующий ему сигнал принимается в качестве оценки истинного сигнала. Предполагается, что сигналы, помехи и шум подчиняются гауссовскому закону распределения вероятностей.

Ключевые слова: распознавание пачек сигналов, РЛС с одновременным излучением сигналов на различных частотах.

A problem of joint detection and recognition of pack signal returned from slow and fast fluctuating targets in the noise from multi-frequency simultaneous emission radar is considered in this paper. Formulation and statistical hypothesis testing corresponds for two-step problem of multi-alternative detection. At the first step, we test the hypothesis of presence the echo signal with noise and disturbance or only noise and disturbance is under way without specification of target type. The Neumann-Pearson criteria is used as optimization criteria. The biggest likelihood ratio logarithm is chosen via comparing at the second step. The corresponding signal is admitted as a true signal estimate. It is suggested that echo signals, disturbances and noises correspond to Gaussian probability distribution law.

Keywords: signal burst recognition, multi-frequency simultaneous emission radar.

Целью работы является создание оптимального алгоритма распознавания сигналов, принимаемых от медленно и быстро флуктуирующих целей на фоне помех и шумов, применительно к многочастотным РЛС с ФАР, в которых используется одновременное излучение сигналов с различными несущими частотами. Также проведен анализ качества его работы в условиях параметрической априорной неопределенности. Считаем, что ФАР состоит из подрешеток, каждая из которых предназначена для излучения и приема сигналов на различных частотах. Случайный процесс, принимаемый многочастотной РЛС с ФАР, обозначаем в виде блочного вектора, состоящего из суммы векторов сигнала, помех и белого гауссова шума. В случае выполнения указанных условий могут приниматься сигналы, отраженные от медленно и быстро флуктуирующих целей. Описываем их математическими моделями, как сигналы в виде пачек, содержащих по несколько импульсов на каждой из несущих частот. Первая модель справедли-

ва в случае, когда небольшие перемещения цели не оказывают заметного влияния на отраженные сигналы в РЛС с высокой частотой повторения импульсов. Вторая – когда небольшие изменения ориентации цели вызывают значительные изменения отраженного сигнала. В последнем случае цель флуктуирует настолько быстро, что отраженные от нее сигналы, обусловленные соседними импульсами – независимы. Такую модель целесообразно использовать в случае маневрирующей цели. В процессе радиолокационного наблюдения сигналов от цели необходимо определить содержит принимаемый сигнал только помеху вместе с шумом, или совокупность помехи и шума, а также один из сигналов, определяемых рассмотренными моделями. Считаем, что статистические характеристики сигналов, помех и шумов, а также их параметры полностью известны. С точки зрения оптимальной обработки принимаемой информации необходимо осуществить проверку статистических гипотез, и определить какая из гипотез является истинной. В рассматриваемой постановке решаем задачу многоальтернативного обнаружения. При решении задачи распознавания в качестве критерия оптимальности могут использоваться критерии Байеса, Неймана-Пирсона и ряд других. В случае критерия Байеса, оптимальное решение находим по следующей схеме:

1. Формируем логарифмы отношения правдоподобия для проверки гипотез о наличии или отсутствии сигнала (безразлично какого) в принятой реализации.

2. В случае принятия решения о наличии сигнала проверяем, какая из гипотез больше по величине.

Для практического применения определяем достаточные статистики и их распределения. Далее на основе критерия Неймана-Пирсона производим расчёты зависимостей вероятностей от количества импульсов в пачке при фиксированных пороговых значениях. В результате приводим расчеты для случая распознавания узкополосных сигналов, когда используется только одна частота. Точно также выполняются расчеты в случае, когда частот в k раз больше, при этом количество импульсов в пачке становится в k раз меньше. Помимо этого преимущества радиолокации с одновременным излучением на нескольких частотах достоверность распознавания сигналов можно повысить за счет избыточности принимаемой информации о целях, которая заключается в оценках угловых координат и частоты Доплера, получаемых в течение всего интервала наблюдения сигналов.

Рассмотренная в статье постановка и метод решения задачи распознавания медленно и быстро флуктуирующей цели позволяет создать достаточно простой в реализации оптимальный алгоритм обнаружения маневра цели при наличии помех, выполненный на его основе и проанализировать качественные характеристики его работы в условиях параметрической априорной неопределенности статистических характеристик сигналов, помех и шумов.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Ширман Я.Д., Горшков С.А., Лещенко С.П., Братченко Г.Д., Орленко В.М.** Методы радиолокационного распознавания и их моделирование // Зарубежная радиоэлектроника. – 1996, №11. С.3–63.
2. **Небабин В.Г., Сергеев В.В.** Методы и техника радиолокационного распознавания // Учебное пособие – М.: Радио и связь, 1984. – 152 с.
3. **Вишин Г.М.** Многочастотная радиолокация // Учебное пособие. – М.: Военное издательство министерства обороны СССР, 1973. – 89 с.
4. **Лукошкин А.П., Каринский С.С., Шаталов А.А. и др.** Обработка сигналов в многоканальных РЛС / под ред. А.П. Лукошкина. – М.: Радио и связь, 1983. – 328 с.
5. **Ван Трис Г.** Теория обнаружения, оценок и модуляции. Т.3. Обработка сигналов в радио и гидролокации и прием случайных гауссовых сигналов на фоне помех. Пер с англ. // под ред. В.Т. Горяинова. – М.: Сов.радио, 1977. – 664 с.
6. **Монзинго Р.А., Миллер Т.У.** Адаптивные антенные решётки. Введение в теорию. Пер. с англ. – М.: Радио и связь, 1986. – 445 с.
7. **Давыдов В.С., Лукошкин А.П., Шаталов А.А., Ястребков А.Б.** Радиолокация сложных целей. Разрешение и распознавание // под ред. А.П. Лукошкина. – СПб.: Янис, 1993. – 280 с.

ALGORITHM OF JOINT DETECTION AND RECOGNITION OF SLOW AND FAST FLUCTUATING TARGETS IN NOISE CONDITIONS OF MULTI-FREQUENCY PHASED ARRAY RADAR

A.A. Pozdnyakov, A.A. Shatalov, V.A. Shatalova

The aim of this work is to form the optimal algorithm of signals recognition received from slow and fast fluctuating targets in the noise and disturbance using multi-frequency simultaneous emission radar. Its operation quality was analyzed as well in parametrical prior random conditions.

We suggest that phased array consist of some sublattices, which design for emission and receiving at different frequency. Random signal received by radar is noted as the plug-in vector that consist of sum of echo signal, disturbance and white Gaussian noises.

In case the mentioned conditioned are fulfilled, the signals returned from slow and fast fluctuating targets can be received. We describe these via math models as signals in form of burst, which include few pulses on every carrier wave. The first model is true when small target motions do not noticeably effect on reflected signals in radar with high pulse repetition frequency. The second model takes place if not big target motions have sufficient effect on reflected signals. In this case target moves so fast that received signal pulses are independent. This model is reasonable to use in the case of maneuvering target detection.

In the radar observation process there is a need to determine the presence either the echo signal with noise and disturbance or only noise and disturbance as well as to determine its relation to pointed models. We suggest that statistical characteristics of signals, noises and disturbances are known completely.

In optimal received data processing there is a need in the testing of statistical hypothesis to determine correct ones. In pointed conditions we decide the problem of multi-alternative detection.

To solve the signal determination problem the Bayes, Neumann-Pearson and others criteria are able to be employed as an optimization criteria.

For the Bayes criteria case, an optimum solution can be found according to the followed scheme:

1. Formation likelihood ratio logarithms: we test hypothesis of presence the echo signal with noise and disturbance or only noise and disturbance without specification of target type.

2. Compare likelihood ratio logarithms: if the echo signal is detected we determine the most meaning ones.

For practical utilization we find sufficient statistics and its distributions. Based on Neumann-Pearson criteria then we calculate dependences of probabilities on pulse amount in the signal pack until threshold is constant. As a result, we perform calculations for narrowband signals recognition case, when single frequency is used. The calculations are performed the same way in the case when frequency amount more than k times, herewith the pack pulse quantity will be less than k times. Besides that advantage of multi-frequency simultaneous emission radar, it is possible to increase the signal recognition authenticity by means of target data redundancy that is to evaluate an angular coordinates and Doppler frequency received during the whole observation period.

Considered problem statement and its solution method of signals detection received from slow and fast fluctuating targets permit to develop a quite simple optimal target maneuver detection algorithm in the noise and to analyze quality characteristics of its operation in parametrical prior random conditions.

Поступила 27 декабря 2018 года.

ПРИКЛАДНЫЕ ЗАДАЧИ ПРИМЕНЕНИЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

УДК 623.643+004.75

ОРГАНИЗАЦИЯ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ АСУ КОРАБЛЯ И КОРАБЕЛЬНОГО КАРТОГРАФИЧЕСКОГО СЕРВЕРА

© Авторы, 2019

А.А. Горякин

инженер 3 категории, ПАО «НПО «Алмаз», г. Москва

E-mail: goryakin@phystech.edu

О.А. Веселовская доцент,

начальник отдела, ПАО «НПО «Алмаз», г. Москва

E-mail: veselovskayolga@mail.ru

В статье приведено описание нового подхода к организации взаимодействия автоматизированной системы управления и картографического сервера, установленных на корабле. Приведена подробная схема, показывающая этапы работы программного обеспечения при реализации данного подхода. Описаны его преимущества. Этот подход был реализован и протестирован на стендовой аппаратуре ПАО «НПО «Алмаз» и в данный момент применяется на реальном объекте.

Ключевые слова: автоматизированная система управления, картографическая информация, картографический сервер, программное обеспечение, аппаратное обеспечение.

The paper describes a new approach for organizing the interaction of automated control system and cartographic server that are installed on a ship. The detailed diagram with software operating stages implementing this approach is provided. The advantages of this approach are described. This approach was implemented and was tested on the bench hardware and software equipment of the JSC NPO Almaz named after A.A. Raspletin and currently is in operational use on the real ship.

Keywords: automated control system, cartographic information, cartographic (map) server, software, hardware.

Автоматизированная система управления (АСУ) является одним из важнейших элементов корабельного информационно-управляющего комплекса. Она позволяет оператору следить за работой, взаимодействием и состоянием различных систем корабля таких, как средства радиоэлектронного противодействия, радиолокационные станции и т.п., а также за тактической обстановкой.

Одной из систем, с которой взаимодействует АСУ, является картографический сервер (КС). Он предоставляет актуальную картографическую информацию, удовлетворяющую требованиям оператора. Однако из-за объёмности и сложности картографической информации, частота её обновления ниже. Во время обмена информацией между АСУ и КС нагрузка на средства обмена существенно возрастает, что приводит к весьма нежелательным последствиям: потеря данных, получение неверных данных, выход из строя остальных систем и т.п.

Для отладки взаимодействия АСУ и картографического сервера используются имитаторы систем, стоящих на корабле. В статье описан новый подход к обеспечению обмена между АСУ и картографическим сервером, позволяющий избежать представленных выше проблем.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Веселовская О.А., Веселовский А.А., Горякин А.А.** Организация взаимодействия АСУ и картографического сервера // Сборник докладов VIII НТК молодых учёных и специалистов / под общей ред. канд. техн. наук Н.Э. Ненартовича. – М.: ПАО «НПО «Алмаз», 2018. – С.436–438.
2. **Горякин А.А., Веселовская О.А., Веселовский А.А.** Модель взаимодействия имитаторов корабельной управляющей системы и картографического сервера // Аннотированный сборник материалов Всероссийской НТК «Расплетинские чтения – 2018» / под общей ред. канд. техн. наук Н.Э. Ненартовича. – М.: ПАО «НПО «Алмаз», 2017. – С.80.
3. **Горякин А.А.** Организация взаимодействия корабельной АСУ и картографического сервера // Сборник докладов VII межвузовской студенческой конференции «Научная сессия – современная радиоэлектроника» / под общей ред. канд. техн. наук Н.Э. Ненартовича. – М.: ПАО «НПО «Алмаз», 2018. – С.136–140.

INTERACTION ORGANIZATION BETWEEN SHIP AUTOMATED CONTROL SYSTEM AND SHIPBOARD CARTOGRAPHIC SERVER, INSTALLED ON A SHIP

A.A. Goryakin, O.A. Veselovskaya

Automated control system (ACS) is one of the most important elements of informational and management complex of the ship. It allows operator to control the operation, compatibility and state of different shipboard systems such as an electronic countermeasures system, radars and etc., including monitoring of tactical environment.

One of ACS interacted systems is a cartographical server (CS). It provides up-to-date cartography information that fulfills operator's requirements. However, due to the volume and complexity of cartographical information its data renewal rate is lower. During the informational sharing between ACS and CS, the exchanging objects are overloaded that leads to data loss, invalid data receiving, breakdown of other systems etc.

For debugging of ACS and cartography server interoperability the shipboard system simulation devices are used. The paper describes the new approach for organizing the interaction between ACS and cartography server permitting to avoid problems mentioned above.

Поступила 23 ноября 2018 года.

Уважаемые читатели!

Обеспечение качества и надёжности продукции, создаваемой предприятиями оборонно-промышленного комплекса, способствует повышению обороноспособности Вооружённых Сил. Представляемая вашему вниманию статья «Управление качеством в вертикально-интегрированных структурах оборонно-промышленного комплекса», подготовленная Остапенко С.Н., Палиховым Г.В., Протасьевым В.Б. и Юдиным С.В., как раз затрагивает эти крайне важные вопросы.

Авторами рассмотрены различные аспекты развития автоматизированных систем управления технологическими процессами и систем бездефектного труда, возможности их практического применения для решения задач управления качеством в рамках системы управления качеством и надёжностью оборонной продукции. В статье обосновывается, что успешное формирование в современных условиях таких систем возможно только при рациональной административной структуре предприятия, а также создании и функционировании в рамках системы менеджмента качества предприятия системы управления качеством и надёжностью оборонной продукции на всех стадиях жизненного цикла.

Представляемая вашему вниманию публикация может оказаться крайне полезной специалистам, связанным с созданием перспективных образцов сложных систем вооружения, к которым, в первую очередь, относятся системы воздушно-космической обороны.

УДК 658.562

ИНТЕГРАЦИЯ СИСТЕМ МЕНЕДЖМЕНТА КАЧЕСТВА И АСУ ТП

© Авторы, 2019

С.Н. Остапенко доктор технических наук, профессор,
помощник генерального директора по качеству, представитель руководства по СМК,
АО «Концерн ВКО «Алмаз – Антей», г. Москва

Г.В. Палихов
начальник бюро аудита СМК предприятий инспекции по качеству,
АО «Концерн ВКО «Алмаз – Антей», г. Москва
E-mail: quality@almaz-antey.ru

В.Б. Протасьев доктор технических наук, профессор,
профессор, ФГБОУ ВО «Тульский государственный университет», г. Тула

С.В. Юдин доктор технических наук, профессор,
профессор, ФГБОУ ВО «Российский экономический университет им. Г.В. Плеханова»,
Тульский филиал, г. Тула
E-mail: svjudin@rambler.ru

Статья является первой в цикле статей по теории и практике управления качеством продукции в вертикально-интегрированных структурах на примере вертикально-интегрированной структуры (ИС) АО Концерн ВКО «Алмаз – Антей». В настоящей статье рассмотрены исторические и философские аспекты развития автоматизированных систем управления технологическими процессами (АСУ ТП) и систем бездефектного труда (СБТ), а также возможности их практического применения для решения задач управления качеством в рамках системы управления качеством и надёжностью оборонной продукции (СУКНП). Показано, что эти системы взаимно дополняют друг друга и синтез СБТ и АСУ ТП целесообразен и эффективен. Успешное формирование в современных условиях таких систем возможно только при рациональной административной структуре предприятий, а также создании и функционировании в рамках системы менеджмента качества предприятия (СМК) СУКНП на всех стадиях жизненного цикла. Особенно актуальна тема управления качеством, в т.ч. на принципах СБТ, в условиях функционирования вертикально-интегрированных структур (далее – ИС) оборонно-промышленного комплекса.

Ключевые слова: бездефектный труд, качество, надёжность, АСУ ТП, СМК, СУКНП, добротность, дефектность, информационные потоки, административная структура.

This article is the first publication in a cycle of articles concerning to the theory and practice of product and system quality management in vertically integrated structures by the example of the vertically integrated structure of «Almaz – Antey» Corp.». The present article considers the historical and philosophical aspects of the development of automated process control system (APCS), defect-free labor system (DLS) and its possibilities of practical application as well for tasks solution of quality management within a management (control) system of quality and reliability of defensive products (MSQRP). It's shown that these systems are complement each other and DLS and APCS system synthesis is worthwhile and effective. Successful building-up of such systems in modern conditions is possible only at rational administrative structure of the enterprises including creation and functioning within a quality management system (QMS) MSQRP at all stages of life cycle. A quality management is a relevant theme, including the one based on DLS principles in operating conditions of vertically integrated structures of defense industry complex.

Keywords: defect-free work, quality, reliability, automated process control system (APCS), defect-free labor system (DLS), Quality Management System (QMS), management (control) system of quality and reliability of defensive products (MSQRP), quality factor (Q-factor), defectiveness, information flows, administrative structure.

В практике управления качеством в вертикально-интегрированной структуре Концерна одной из ключевых задач является последовательная автоматизация задач и функций системы управления качеством и надёжностью оборонной продукции в рамках рациональной структуры организационного управления и их интеграция с автоматизированными системами управления технологическими процессами в единый информационно-расчетный комплекс. Объединение таких систем позволяет структурировать множество объектов, процессов, факторов, причин, влияющих на качество и надёжность оборонной продукции и идентифицировать информационные потоки внутри указанного множества, а современные методы и инструменты автоматизации позволяют повысить репрезентативность, достоверность, своевременность представления информации на всех уровнях управления качеством в вертикально-интегрированной структуре.

Сформированный информационно-расчетный комплекс целесообразно использовать для сбора, обработки и учета информации не только по уровням дефектности на операциях технологических процессов, но и решения расчетных, аналитических задач и формирования отчетности, с применением статистических инструментов и методов в сфере управления качеством.

В предлагаемой статье изложены аспекты интеграции автоматизированных систем управления технологическими процессами, систем управления качеством и надёжностью оборонной продукции, систем бездефектного труда, разработанные на основе оценки и анализа показателей результативности деятельности в сфере управления качеством, качества и надёжности оборонной продукции, выпускаемой вертикально-интегрированными структурами оборонно-промышленного комплекса.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Дубовиков Б.А.** Система управления качеством (Теоретическое обоснование и опыт применения системы бездефектного труда) – Саратов: ГУП «Типография № 6», 2006. – 366 с.
2. **Розно М.И.** Пора заняться технологическим процессом // Методы менеджмента качества. – 2004, №7. – С.39–45.
3. **Конарева Л.А.** Филипп Кросби – яркий проповедник бездефектности и качества без слез и потерь // Методы менеджмента качества. – 2011, № 7. – С.48–54; №8. – С.36–41.
4. **Дубовиков Б.А.** Основы научной организации управления качеством (опыт применения и теоретические обоснования системы организации бездефектного труда). – М.: Экономика, 1966. – 321 с.
5. АСУ: от печали до радости. История российской автоматизации. – URL: <https://habr.com/company/iladaruli24/blog/273593> (дата обращения: 22.06.2018).
6. **Басовский Л.Е., Протасьев В.Б.** Управление качеством: Учебник. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: НИЦ ИНФРА-М, 2016. – 253 с.
7. **Протасьев В.Б., Плахотникова Е.В., Литвинова И.В.** Причинно-следственные диаграммы и возможности их совершенствования // Методы менеджмента качества. – 2016, №8. – С.16–18.
8. Разработка модели эффективной структуры системы управления качеством продукции и надёжностью технологических систем / Отчёт о НИР - № ГР АААА-А17-117110970026-5 / ТФ РЭУ им. Г.В. Плеханова; ответств. исполн. А.С. Юдин; исполн. М.В. Волков, А.С. Кривов, Р.Ю. Подкопаев, В.Б. Протасьев, В.Г. Степанов. – Тула, 2018. – 394 с. – № гос. регистрации АААА-Б18-218041990049-3.
9. Отчёт «Состояние качества и надёжности оборонной продукции, поставленной по Государственному оборонному заказу и в рамках военно-технического сотрудничества по итогам 2017 года и периода 2014...2017 гг.». – Москва, АО Концерн ВКО «Алмаз – Антей», 2018. – 240 с.

QUALITY MANAGEMENT SYSTEMS AND AUTOMATED PROCESS CONTROL SYSTEMS INTEGRATION

S.N. Ostapenko, G.V. Palihov, V.B. Protasiev, S.V. Udin

In quality management practice in vertical-integrated structure of the Almaz Corporation, one of the key objectives is a sequential automation of tasks and functions of quality and reliability of defensive products management system within the frames of rational administrative structure and its integration with automated process control systems in a joint information-computing complex. The integration of such systems permits to structure multiple objects, processes, factors, reasons, effecting the quality and reliability of defensive products and identify the information flows inside the mentioned multitude, and modern automation methods and tools permit to increase the representativeness, fidelity, timeliness of data representation at all levels of quality management in vertical-integrated structure.

The built information-computing complex should be reasonably used for collection, processing and registration of data not only in defectiveness level at technology process operations but in solution of calculating, analytical and reporting forms tasks, using the statistical tools and methods in quality management sphere.

The proposed article states the integration aspects of automated process control system, management (control) system of quality and reliability of defensive products, defect-free labor system, developed based on estimation and analysis of operational performance indicators in quality management sphere, quality and reliability of defensive products, manufactured by the vertical-integrated structures of defense industry complex.

Поступила 6 февраля 2019 года.

УДК 004.773

ИССЛЕДОВАНИЕ ИНТЕГРАЦИИ РАСПРЕДЕЛЕННЫХ СИСТЕМ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ЕДИНОЙ ВОЗДУШНОЙ ОБСТАНОВКИ, ПОСТРОЕННЫХ НА ТЕХНОЛОГИЯХ HLA И «КЛИЕНТ-СЕРВЕР», В ЕДИНУЮ СИСТЕМУ

© Авторы, 2019

А.В. Родионов

инженер 2 категории, ПАО «НПО «Алмаз», г. Москва

E-mail: info@raspletin.com

И.С. Кондрашов

начальник отдела, ПАО «НПО «Алмаз», г. Москва

В данной статье рассмотрена технология HLA – универсальная архитектура для распределённых систем имитационного моделирования. Данная технология предназначена для обмена данными и синхронизации действий между имитационными моделями (ИМ), функционирующими на ЭВМ различных платформ. Проведён обзор существующей системы распределённого моделирования: сервер единой воздушной обстановки (СЕВО). Рассмотрена интеграция технологии HLA с СЕВО для реализации совместной отладки ИМ средств ВКО с программным обеспечением (ПО) сторонних разработчиков на математическом имитационном моделирующем стенде (МИМС).

Ключевые слова: технология HLA, распределённое имитационное моделирование, отладка программного обеспечения, федерат.

The article examines the HLA technology – a unified architecture for distributed systems of simulation modelling. This technology intends for data exchange and action timing between simulation models (SM) operating in computers with different platforms. The review of current distributed simulation system is performed: joint air situation server (JASS). The HLA and JASS technology integration is examined for realization of mutual debugging of SMs of Aerospace defense systems with software (SW) of third party designers at mathematical simulation stand (MSS).

Keywords: HLA technology, distributed simulation modelling, software debugging, federate.

В статье рассмотрена возможность интеграции двух распределённых систем имитационного моделирования: HLA и сервер единой воздушной обстановки (СЕВО). HLA предназначена для обмена данными и синхронизации действий между имитационными моделями (ИМ), функционирующими на ЭВМ различных платформ. СЕВО позволяет формировать единую воздушную обстановку и осуществлять совместную отладку ИМ средств ВКО на математическом имитационном моделирующем стенде. СЕВО – это программное обеспечение (ПО), которое используется в данный момент.

Обе программы необходимо интегрировать, так как СЕВО является локальным продуктом и для реализации совместной отладки ИМ средств ВКО с ПО сторонних разработчиков требуется использование технологии HLA, имеющей распространённый стандарт.

В результате исследования, было предложено создать отдельный модуль – федерат СЕВО (ФСЕВО), который будет работать как прокси-сервер. Предложенный подход предполагает, что ФСЕВО будет осуществлять взаимодействие с RTI - компонентом HLA, с помощью которого будет происходить обмен с ПО сторонних разработчиков. Таким образом, появится универсальный масштабируемый интерфейс, позволяющий взаимодействовать с другими системами распределённого моделирования по протоколу HLA.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Гжимало А.М., Родкин М.М.** Создание единой воздушной обстановки на моделирующих стендах для отладки программного обеспечения зенитного комплекса // Журнал «Вестник воздушно-космической обороны». – М.: ПАО «НПО «Алмаз», 2017, Выпуск 4(16). – С.12–17.
2. **Бродский Ю.И.** Распределенное имитационное моделирование сложных систем. – М.: Вычислительный центр им. А.А. Дороницына РАН, 2012. – 156 с.
3. **Кунафин Х.Ш., Селянова И.А., Шурунов М.Ю.** Создание имитационного комплекса распределённого моделирования для обеспечения работ, связанных с подтверждением характеристик, подготовкой и проведением испытаний образцов ВиВТ ПВО// Сборник докладов, 2016 – Ярославль: ЯВВУ ПВО 2017.

RESEARCH ON DISTRIBUTED SYSTEM INTEGRATION OF JOINT AIR SITUATION SIMULATION MODELLING BASED ON HLA AND CLIENT/SERVER TECHNOLOGIES INTO SHARED NETWORK

A.V. Rodionov, I.S. Kondrashov

The article examines the integration possibility of two distributed simulation-modelling systems: HLA and joint air situation server (JASS). HLA is intended for data exchange and action timing between simulation models (SM) operating in computers with different platforms. JASS permits to build-up a joint air situation and perform the mutual debugging of SMs of Aerospace defense systems at mathematical simulation stand. JASS is a software which is operationally used nowadays.

Both programs are necessary to integrate as JASS represents a localized product and for mutual debugging of SMs of Aerospace defense systems with software of third party designers realization the HLA technology implementation with its widespread standard is required.

Based on research results it was suggested to develop a separate module – JASS federate (JASSF) which will operate as proxy-server. The proposed approach stipulates that JASSF will interact with RTI-component of HLA by which an exchange with SW of a third party designers is possible. Consequently, we obtain the unified scalable interface permitting to interact with other distributed simulation-modelling systems in HLA protocol.

Поступила 10 апреля 2019 года.

АНАЛИТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ЗАРУБЕЖНОГО ОПЫТА

УДК 531.55, 623.764

АНАЛИЗ НОВЫХ НАПРАВЛЕНИЙ РАЗВИТИЯ ПРО США В СВЕТЕ ПРИНЯТОЙ АМЕРИКАНСКОЙ СТРАТЕГИИ ПРО

© Автор, 2019

Б.Н. Горевич доктор технических наук, профессор,
советник генерального конструктора, ПАО «НПО «Алмаз», г. Москва
E-mail: bngor2013@yandex.ru

Выполнен анализ новой стратегии ПРО США. Рассмотрены технические основы создания одной из наиболее угрожающих в перспективе для России компонент ПРО США – ударных беспилотных летательных аппаратов, применяемых в атмосфере и космосе против баллистических ракет на начальном участке их траектории. Показаны возможные угрозы в перспективе для России применения ударных БЛА.

Ключевые слова: баллистическая ракета, противоракетная оборона, беспилотный летательный аппарат.

The analysis of a new US Missile Defense Review is provided. The article examines technical bases for development of one of the most threatening to the Russian Federation US missile defense component – combat unmanned aerial vehicles, planned to be used in atmosphere and space against boost-phased ballistic missiles. The possible future combat unmanned aerial vehicles threats are described with respect to Russia.

Keywords: ballistic missile, missile defense, unmanned aerial vehicle.

В статье проанализированы новые направления развития ПРО США, приведенные в принятой в январе 2019 года новой стратегии США (*Missile Defense Review 2019*). Показано, что в условиях недостаточной эффективности стратегической компоненты ПРО США (система GMD) первостепенное значение уделяется перехвату стартующих ракет в фазе их подъема, а также нанесению ударов по стартовой инфраструктуре и пусковым установкам. Для перехвата стартующих ракет разрабатываются технологии лазерного оружия с размещением его на воздушных и космических беспилотных аппаратах типа MQ-9 и X-37B. Выполнен анализ возможностей беспилотных аппаратов по перехвату ракет. Показана необходимость принятия упреждающих адекватных мер по предотвращению возможных угроз для стратегических ударных средств России.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Missile Defense Review (MDR) 2019* // Министерства обороны США: [сайт]. URL: <https://www.defense.gov>.
2. *Ballistic Missile Defense Review Report. February 2010* // Агентство ПРО США: [сайт]. URL: <http://www.mda.mil>.
3. *Updated Tables of Intercept Test* (November 30, 2018) (Updated December 11, 2018) // Аналитические публикации физиков США по тематике ПРО: [сайт]. URL: <http://www.mostlymissiledefense.com>.
4. *Grego Laura, Lewis George N., Wright David. Shielded from Oversight. The Disastrous US Approach to Strategic Missile Defense. July 2016* // Союз заинтересованных учёных: [сайт]. URL: <http://www.ucsusa.org/shieldedfromoversight>.
5. *Decoys Used in Missile Defense Intercept Tests* (2019). – URL: <http://www.ucsusa.org/shieldedfromoversight>.
6. **Ненартович Н.Э., Горевич Б.Н.** Система противоракетной обороны США. Анализ и моделирование. – М.: ПАО «НПО «Алмаз», 2018.
7. **Горевич Б.Н.** Анализ возможностей северокорейской межконтинентальной баллистической ракеты «Хвансон-15» по её применению по территории США // Журнал «Вестник воздушно-космической обороны». – М.: ПАО «НПО «Алмаз», 2017, Выпуск №4(16). – С.124–130.
8. *Missile Defense Agency. Fiscal Year 2019. Budget Estimates. Overview. The Ballistic Missile Defense System. March 18, 2018.* – URL: <http://www.mda.mil>.
9. *Yomiuri*: США хотят к 2025 году разместить в Японии новый радар ПРО // ТАСС: [сайт]. URL: <https://tass.ru/mezhdunarodnaya-panorama/6047755> (дата обращения 28.01.2019).
10. *Missile Defense Agency. Fiscal Year 2018. Budget Estimates. Overview. The Ballistic Missile Defense System. May 2017.* – URL: <http://www.mda.mil>.
11. *Lieutenant General Greaves Samuel A., USAF Director, Missile Defense Agency. Before the Senate Appropriations Committee Defense Subcommittee. April 11, 2018.* – URL: <http://www.mda.mil>.
12. *Postol Theodore A. The Proposed US Missile Defense in Europe: Technological Issues Relevant to Policy. American Association for the Advancement of Science. Washington, DC. August 28, 2007.*

NEW DEVELOPMENT DIRECTIONS ANALYSIS OF US MISSILE DEFENSE WITHIN ACCEPTED US MISSILE DEFENSE REVIEW

B.N. Gorevich

The article analyses new development directions of the US Missile Defense given in the new US strategy (Missile Defense Review 2019) published on January 2019. It is shown that in the conditions of insufficient efficiency of the US missile defense strategic components (GMD system) the high priority is given to interception of lifting off missiles during its climbing stage, including delivering strikes to launch site infrastructure and launchers. To perform an interception of missiles at its initial flight phase the air- and space borne laser weapon technologies are being developed with its deployment onboard-unmanned aerial vehicles of MQ-9 and X-37B type.

The opportunities analysis of autonomous and remotely piloted vehicles in missiles interception is carried out. The necessity of assuming the preemptive appropriate steps for prevention of possible threats for Strategic forces striking power of the Russian Federation is performed.

Поступила 14 марта 2019 года.

УДК 623.4.01

ТЕКУЩЕЕ СОСТОЯНИЕ СТРОИТЕЛЬСТВА СТРАТЕГИЧЕСКОЙ РЛС СЕЛЕКЦИИ ЦЕЛЕЙ LRDR И ПЕРСПЕКТИВНЫЕ РАЙОНЫ РАЗВЕРТЫВАНИЯ

© Авторы, 2019

А.Е. Свистунов

начальник отдела, ПАО «НПО «Алмаз», г. Москва

E-mail: info@raspletin.com

Н.А. Малеева

ведущий аналитик, ПАО «НПО «Алмаз», г. Москва

В данной статье приводится информация о текущем состоянии развёртывания стратегической РЛС селекции целей LRDR, разработанной компанией Lockheed Martin, а также рассматриваются перспективные районы развёртывания данной РЛС с учетом масштабирования антенного полотна, о возможности которого заявили представители компании-разработчика.

Ключевые слова: РЛС, селекция целей, ПРО США, AEGIS ASHORE, GMD.

The article considers the official information on current development state of Lockheed Martin Long Range Discrimination Radar (LRDR) including the projected deployment areas with regard to antenna curtain scaling possibilities stated by the developer representatives.

Keywords: radar, target discrimination, US missile defense, AEGIS ASHORE missile defense system, Ground-based Midcourse Defense (GMD).

В статье приведена официальная информация, опубликованная военными ведомствами США, о текущем состоянии развёртывания стратегической РЛС селекции целей LRDR на территории АБ Клир (шт. Аляска) и перспективных районах развёртывания. Особое внимание уделяется срокам выполнения работ по строительству РЛС в различных районах развёртывания, а также финансированию, направляемому Министерством обороны США на выполнение НИОКР и поставок компонентов в рамках реализации программы создания РЛС LRDR.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Lockheed Martin.** News «Lockheed Martin Reaches Technical Milestone For Long Range Discrimination Radar». October 16, 2018.
2. Missile Defense Agency. MILCON, Defense-Wide // Department of Defense Fiscal Year 2018 President's Budget Submission. – 2017.
3. US Department of Defense. Contracts. – October, 2015.
4. **Lockheed Martin.** «LRDR Fact Sheet». – 2017.
5. LRDR CP#1 Site Infrastructure, MCF and Substation, Clear AFS, Alaska/Federal Business Opportunity (Solicitation number W911KB-17-R-0010). – November, 2017.
6. Budget Estimates / Missile Defense Agency. – 2017.
7. **Lockheed Martin** News «Lockheed Martin Achieves Long Range Discrimination Radar Critical Design Review On-Schedule». – November 16, 2017.
8. IHS Jane's «Lockheed Martin to provide radar for Japan's Aegis Ashore BMD systems». – July 30, 2018.
9. Japan Ministry of Defense. – July 30, 2018.
10. US Naval Institute «Japan Selects Lockheed Martin to Supply Radar for Aegis Ashore System». – July 30, 2018.
11. Missile Defense Agency. Research, Development, Test & Evaluation, Defense-Wide // Department of Defense Fiscal Year 2019 President's Budget Submission. – 2018.
12. US Congress (115th). National Defense Authorization Act 2019. – August 2018.

CURRENT DEVELOPMENT STATUS OF LONG RANGE DISCRIMINATION RADAR AND PROJECTED DEPLOYMENT AREAS

A.E. Svistunov, N.A. Maleeva

The article considers the official information issued by the US military agencies on Long Range Discrimination Radar (LRDR) status deployment at Clear Air Force Station, Alaska, and the projected fielded areas. The attention is focused on work completion time of the radar in different deployment areas and funding approved by the US Department of Defense for R&D works and components supplies under the LRDR project implementation.

Поступила 8 апреля 2019 года.

НАУЧНЫЕ РЕЦЕНЗИИ И ОТЗЫВЫ



Оценка надёжности средств навигации и управления воздушным движением. Монография / под ред. Д.Л. Затучного, А.И. Козлова, В.Д. Рубцова, В.С. Шапкина. – М.: Радиотехника, 2019. – 248 с.

Авторы:

В.С. Шапкин, Д.А. Затучный, А.И. Козлов, В.Д. Рубцов, Л.А. Козлова, С.А. Гаранин, О.И. Завалишин, Д.Е. Ефанов, В.А. Борисов, М.Б. Фридзон, И.Б. Губерман, Ж.В. Сладь, Э.А. Болелов, С.А. Грачев.

Рецензенты: Лауреат Государственной премии СССР, Заслуженный деятель науки и техники РФ, д-р техн. наук, профессор **Б.И. Шахтарин**; Лауреат премии Правительства Санкт-Петербурга, д-р техн. наук, профессор **В.А. Сарычев**.

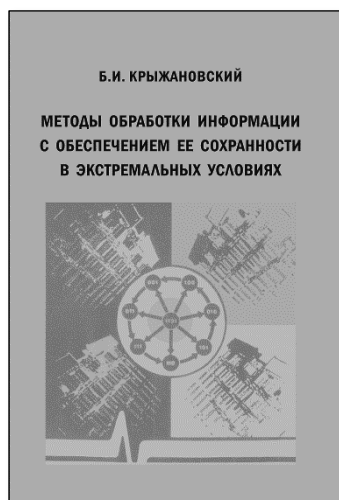
В книге рассмотрены новые подходы к оценке надёжности навигационного и связного оборудования воздушного судна при переходе к перспективным системам управления воздушным движением. Проведён анализ проблематики, связанной с обеспе-

чением надёжной работы навигационных и связных систем воздушного судна с учётом перспективы перехода управления воздушным движением к режиму автоматического зависимого наблюдения и зональной навигации.

Дана оценка вопросам, связанным с обеспечением безотказной работы навигационных и связных систем воздушного судна гражданской авиации, и исследовано влияние дестабилизирующих факторов.

Рассмотрены методы принятия решений при информационном обмене между участниками процесса, связанного с обеспечением безопасности полета воздушного судна, бортового и наземного навигационного оборудования и принятия решения в конкретной уникальной ситуации.

Материалы книги могут представлять интерес для специалистов по управлению воздушным движением, а также аспирантам, научным сотрудникам и руководителям, деятельность которых связана с управлением воздушным движением.



Крыжановский Б.И. Методы обработки информации с обеспечением ее сохранности в экстремальных условиях. – М.: ПАО «НПО «Алмаз», 2019. – 160 с.: ил.

Рецензенты: д-р техн. наук, проф. **Н.С. Щербаков**, д-р техн. наук, доцент **В.В. Корниенко**.

В монографии рассмотрены прикладные вопросы теории кодирования в части использования циклических кодов. Сложные свойства циклических кодов, в том числе впервые сформулированные автором, описаны с помощью комбинаторной математики.

Особого внимания заслуживают разделы, посвященные многорежимному кодированию, позволяющему существенно повысить достоверность кодирования информации при её передаче, запоминании, использовании в системах управления и технической диагностике.

Рассматривается возможность использования впервые предложенной автором комбинаторной памяти.

Материалы работы могут представлять интерес для специалистов, работающих в области применения циклических кодов.