

ПРОБЛЕМНЫЕ ВОПРОСЫ ПОСТРОЕНИЯ СИСТЕМ И СРЕДСТВ ВКО

УДК 623.41

УЯСНЕНИЕ ИННОВАЦИОННОЙ СУЩНОСТИ КЛЮЧЕВЫХ ПОЛОЖЕНИЙ КОНЦЕПЦИИ «СЕТЕЦЕНТРИЧЕСКАЯ ВОЙНА»

© Авторы, 2019

Э.Г. Лазаревич доктор технических наук, профессор,
профессор кафедры учреждения образования «Военная академия Республики Беларусь», г. Минск
E-mail: lazarevich.eduard@yandex.by

С.К. Колганов доктор технических наук, профессор,
ведущий научный сотрудник,
АО «Центральный НИИ экономики, информатики и систем управления», г. Москва
E-mail: ksk47@mail.ru

И.А. Ленцкевич
главный специалист, ОАО «Агат – системы управления», г. Минск
E-mail: ivanlents@mail.ru

Одним из основных условий успешной реализации проекта является определение его терминологического базиса. Эта задача является особенно сложной для инновационных проектов, которые основываются как на введении новых, так и уточнении существующих понятий. В статье приводятся результаты попытки выявления и устранения смысловой неоднозначности в использовании отечественными учёными и военачальниками ключевых системных положений концепции трансформации вооружённых сил США «Network Centric Warfare» (Сетецентрическая война) в информационную эру.

Ключевые слова: сетецентрическая война, данные, информация, знания, единое информационное пространство, глобальное пространство данных, глобальное пространство знаний, интеллектуальное пространство.

One of the main conditions for the successful implementation of any project is to determine its terminological basis. This task is particularly challenging for innovative projects, which are based both on the introduction of new and refinement of existing concepts. The article presents the results of an attempt to identify and eliminate the semantic ambiguity in the interpretation by our scientists and military commanders of the key system regulations of the US Armed Forces «Network-Centric Warfare» transformation concept in our information era.

Keywords: network centric warfare, data, information, knowledge, shared information space, global data space, global knowledge space, intellectual space.

В статье описан новый подход к определению терминологического базиса понятия Сетецентрическая война, приводятся результаты исследований по выявлению и устранению смысловой неоднозначности в интерпретации отечественными учеными и военачальниками ключевых системных положений концепции трансформации вооружённых сил США «Network Centric Warfare» (Сетецентрическая война) в информационную эру.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Cebrovski A.** *Network Centric Warfare: Its Origin and Future* / A. Cebrovski, Y. Garstka // *Proceedings*. – 1998. – January.
2. **Голубев Ю.Н., Каргин В.Н.** Военная системология и военная информатизация: единство концептуальных подходов // *Военная мысль*. – 2006, №6. – С.75–80.
3. Концепция Единого информационного пространства Вооруженных сил Российской Федерации (утверждена начальником ГШ ВС РФ 16 декабря 2004). URL: <http://militaryarticle.ru> (дата обращения: 05.06.2018).
4. **Toffler A., Toffler H.** *War and Anti-War. Survival at the Dawn of the XXI Century* // *Philosophy*. – 1993.
5. **Каргин В.Н., Козичев В.Н.** Эволюция автоматизированных информационных систем в Вооруженных Силах // *Военная мысль*. – 2009, №7. – С.29–39.
6. **Ленцкевич И.А.** Язык описания сообщений оперативной обработки в АСУ. Терминология. Описание слов, фраз и предложений // *Вопросы радиоэлектроники*. – М.: Науч. исп. ин-т экон. и информ. по радиоэлектр., 1984, Вып. 5. – С.41–49.
7. *Information technology: Vocabulary* / Межгосударственный стандарт ISO/IEC 2382:2010(en).
8. **Поспелов Д.А., Осипов Г.С.** Прикладная семиотика // *Новости искусственного интеллекта*. – 1999, №1. – С.9–35.
9. **Алехнович А.В., Лазаревич Э.Г., Ленцкевич И.А.** Формализация ключевых понятий языка информационных технологий управления войсками и оружием // *Наука и военная безопасность*. – 2010, №3. – С.20–24.
10. **Лазаревич Э.Г., Ленцкевич И.А.** Определение концептуальной модели реализации задачи «целесолагание» процесса автоматизированного управления группировкой войск (сил) // *Наука и военная безопасность*. – 2012, №4. – С.24–29.
11. Информационная технология: словарь / Межгосударственный стандарт ГОСТ ИСО/МЭК 2382-17-99 – Ч.17. Базы данных // НП РУП «БелГис». – Минск, 1999.
12. **Душкин Д.Н., Фархадов М.П.** Сетецентрические технологии: эволюция, текущее положение и области дальнейших исследований. – М.: Ин-т проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН, 2011.
13. **Франклин М., Хэлеви Э., Майер Д.** От баз данных к пространствам данных: новая абстракция управления информацией // *SIGMOD Record*. – 2005, Dec.
14. **Коупленд Том, Коллер Тим, Муррин Джек.** Стоимость компаний: оценка и управление. – М., ЗАО «Олимп-Бизнес», 2003.
15. **Лазаревич Э.Г., Колганов С.К., Ленцкевич И.А.** Формальные модели категорий «качество» и «эффективность» в информационной технологии управления войсками и оружием // *Вопросы оборонной техники*. – М.: Вып. 5(366), 2011. – С.12–20.
16. **Ленцкевич И.А., Алехнович А.В.** Методология создания информационной технологии управления войсками (силами): архитектура модели процессного управления // *Наука и военная безопасность*. – 2008, №1. – С.8–14.
17. **Поудиновский В.В., Ногин В.Д.** Парето-оптимальные решения многокритериальных задач: 2-е изд., испр. и доп. – М. Физматлит. – 2007. – 256 с.
18. **Затуливетер Ю.С.** Компьютерный базис сетецентрического управления. – М.: Ин-т проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН, 2008.

CLARIFICATION OF INNOVATIVE CONTENT IN KEY PROVISIONS OF «NETWORK CENTRIC WARFARE» CONCEPT

E.G. Lazarevich, S.K. Kolganov, I.A. Lenckevich

The article describes a new approach for determination of terminological basis of Network-Centric Warfare; the research results in identifying and eliminating of semantic ambiguity in interpretation by our scientists and military commanders of key system regulations of the US Armed Forces «Network-Centric Warfare» transformation concept in our information era are performed.

Поступила 20 мая 2019 года.

МЕТОДИЧЕСКИЙ ПОДХОД К ОЦЕНКЕ ДЕЛОВОЙ РЕПУТАЦИИ НАУЧНЫХ УЧРЕЖДЕНИЙ ВОЗДУШНО-КОСМИЧЕСКОЙ ОТРАСЛИ

© Авторы, 2019

Л.Ф. Сябрук кандидат технических наук, старший научный сотрудник,
старший научный сотрудник, ФГБУ «46 ЦНИИ» Минобороны России, г. Москва
E-mail: l.syabruk@mail.ru

Е.С. Климович кандидат технических наук, старший научный сотрудник,
старший научный сотрудник, ФГБУ «46 ЦНИИ» Минобороны России, г. Москва
E-mail: evgenij3942@mail.ru

А.Н. Полярус кандидат технических наук, доцент,
старший научный сотрудник, ФГБУ «46 ЦНИИ» Минобороны России, г. Москва
E-mail: alexpolyarus@yandex.ru

В статье рассмотрен подход к количественной оценке деловой репутации научно-исследовательских организаций воздушно-космической отрасли (НИОВКО), учитывающий требования современных нормативно-правовых документов бухгалтерского учёта и основные характеристики научной деятельности НИОВКО. Предложен методический подход оценки деловой репутации НИОВКО, позволяющий определять показатели деловой репутации, выражать их в денежном исчислении, и таким образом вводить деловую репутацию в экономический оборот через систему финансово-экономических показателей бухгалтерского учёта.

Ключевые слова: научно-исследовательские организации воздушно-космической отрасли (НИОВКО), деловая репутация, количественная оценка, научная деятельность, нематериальные активы, экономический оборот, научно-методический аппарат, Госкорпорация «Роскосмос».

The article examines an approach to quantitative assessment of business reputation of aerospace industry research organizations (ASIRO), considering the requirements of the current accounting statutes and regulations and the basic performance (rating) of ASIRO scientific activity. The methodological assessment approach of ASIRO business reputation is proposed, permitting to define indicators of business reputation, expressing it in monetary terms, and thus introducing a business reputation into economic turnover via the system of financial and economic accounting indicators.

Keywords: aerospace industry research organizations (ASIRO), business reputation, quantitative assessment, scientific activity, intangible assets, economic turnover, scientific-methodological mechanism, «Roscosmos» State Corporation.

В статье рассмотрен подход к количественной оценке деловой репутации научно-исследовательских организаций воздушно-космической отрасли (НИОВКО), учитывающий требования современных нормативно-правовых документов бухгалтерского учёта и основные характеристики научной деятельности НИОВКО: количество ведущихся и окончанных научно-исследовательских работ (НИР) на конец года; количество выполненных оперативных заданий; количество сотрудников высшей квалификации, имеющих ученые степени, ученые и почетные звания; средний уровень заработной платы сотрудников; количество дипломов, премий, призовых мест, полученных за участие в различных конкурсах, конференциях, выставках и т.д.; общее количество сотрудников и др.

Научно-методического аппарата, который позволил бы провести более объективную оценку деловой репутации, в официальных руководящих документах в настоящее время не содержится. Отсутствуют также рекомендации о целесообразности проведения подобных исследований.

В статье авторами представлен методический подход оценки деловой репутации НИОВКО, позволяющий определять показатели деловой репутации, выражать их в денежном исчислении, и таким образом вводить деловую репутацию в экономический оборот через систему финансово-экономических показателей бухгалтерского учёта.

ЛИТЕРАТУРА

1. Министерство науки и высшего образования Российской Федерации // Web-сайт Минобрнауки РФ – 2019. – URL: <https://minobrnauki.gov.ru> (дата обращения 04.03.2019).
2. Постановление Правительства РФ от 11-10-97 (ред. от 09-02-2005) «О государственной аккредитации научных организаций» (2019). Актуально в 2018 году. – URL: www.zakonprost.ru (дата обращения 05.03.2019).
3. **Дианова Д.О.** Деловая репутация юридических лиц // Вестник Московского университета МВД России. – 2009. – URL: www.cyberleninka.ru>Грнту>n/delovaya-reputatsiya... (дата обращения 06.03.2019).
4. Гражданский Кодекс Российской Федерации (часть 4), Правовая навигационная система. – URL: www.zakonrf.info (дата обращения 05.03.2019).
5. Гражданский Кодекс Российской Федерации (часть 1), КонсультантПлюс – Надёжная правовая поддержка. – URL: www.consultant.ru (дата обращения 05.03.2019).
6. Обзор судебной практики Верховного Суда Российской Федерации №1 (2017). – URL: www.consultant.ru>document/cons_doc_LAW_212958 (дата обращения 06.03.2019).
7. **Грязнова А.Г.** Финансово-кредитный энциклопедический словарь. – М.: Финансы и статистика, 2002. – URL: www.mgimo.ru>Библиотека>Публикации>1004211 (дата обращения 07.03.2019).
8. **Кристофер Пасс, Брайен Лоуз, Лесли Дэвис.** Словарь по экономике. Пер. с англ. // «Экономическая школа» Санкт-Петербургский гос. университет экономики и финансов. – Санкт-Петербург, Высшая школа экономики, 1998. – URL: www.advertology.ru (дата обращения 08.03.2019).
9. **Вечканов Г.С., Вечканова Г.Р.** Микро- и макроэкономика // Энциклопедический словарь. – Санкт-Петербург, Изд-во «Лань», 2001. – URL: <http://altairbook.com>Электронная библиотека> (дата обращения 10.03.2019).
10. **Миронова Л.Е.** Банковское дело: Словарь, пер. с англ. – М.: «Инфра-М», 2001. – URL: www.booka.ru>books/18765/about (дата обращения 10.03.2019).
11. Положение по бухгалтерскому учету «Учёт нематериальных активов» (ПБУ 14/2007). – URL: www.consultant.ru>dokument/cons_doc_LAW_63465/... (дата обращения 10.03.2019).
12. Гражданский Процессуальный Кодекс Российской Федерации. КонсультантПлюс – Надёжная правовая поддержка, – URL: www.consultant.ru>dokument/cons_doc_39570/... (дата обращения 12.03.2019).
13. **Подольский А.Г., Полярус А.Н., Родин А.А.** «О мониторинге результативности научной деятельности научно-исследовательских организаций» // Журнал «Вестник воздушно-космической обороны». – М.: «ПАО «НПО «Алмаз», 2017, Выпуск №1(13). – С.11–23.
14. Российский статистический ежегодник. 2018: Стат. сб. / Росстат. – URL: http://gks.ru>free_doc/doc_2018/year/year18.pdf/... (дата обращения 12.03.2019).
15. Россия в цифрах, 2018: Крат. стат. сб. / Росстат – М., Р76, 2018. – URL: http://gks.ru>wpswcm/connect/rosstat_main/rosstat/ru/... (дата обращения 15.03.2019).
16. Федеральный закон от 02.07.2013 №185-ФЗ Ф3 «О внесении изменений в отдельные...». – URL: www.consultant.ru>dokument/cons_doc_LAW_148576/... (дата обращения 16.03.2019).
17. Указ Президента РФ № 597 от 07.05.2012 года «О мероприятиях по реализации государственной социальной политики». – URL: www.kremlin.ru>asts/bank/35261/... (дата обращения 16.03.2019).

METHODOLOGICAL APPROACH TO BUSINESS REPUTATION ASSESSMENT OF AEROSPACE INDUSTRY SCIENTIFIC-RESEARCH ORGANIZATIONS

L.F. Syabruk, E.S. Klimovich, A.N. Polyarus

The article examines an approach to quantitative assessment of business reputation of aerospace industry research organizations (ASIRO), considering the requirements of the current accounting statutes and regulations and the basic performance (rating) of ASIRO scientific activity: amount of ongoing and completed research and development works (R&D) at the year-end; amount of performed operational tasks; amount of top-qualified employees with academic degrees and ranks, honorary titles; average level of employees salary; number of diplomas, awards, top places received for participating in different contests, conferences, exhibitions, etc.; total number of employees etc.

The corresponding scientific-methodological mechanism, which would enable to perform a better objective assessment of business reputation, is missing in the official regulatory documents. The recommendations on rationale in performing of such investigations are omitted as well.

The article states the methodological assessment approach of ASIRO business reputation, permitting to define indicators of business reputation, expressing it in monetary terms, and thus introducing a business reputation into economic turnover via the system of financial and economic accounting indicators.

Поступила 21 мая 2019 года.

АЛГОРИТМЫ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЯ ПРИНАДЛЕЖНОСТИ ВОЗДУШНЫХ ОБЪЕКТОВ К ОДНОЙ ГРУППЕ

© Авторы, 2019

А.В. Фёдоров

адъюнкт, ВУНЦ «ВВС ВВА», г. Воронеж

E-mail: alex_under_fed@mail.ru

Н.Р. Халимов кандидат технических наук,

доцент, ВУНЦ «ВВС ВВА», г. Воронеж

E-mail: nike@nm.ru

Благодаря распространению и развитию беспилотной авиации, идея массированного ракетно-авиационного удара получает второе дыхание, так как увеличение количества атакующих воздушных объектов за счёт беспилотной авиации менее затратно, но не менее эффективно. Во избежание возникновения эффекта «роя» становится очевидной необходимость использовать автоматизированные алгоритмы группирования в АСУ, примеры которых предложены в статье.

Ключевые слова: группирование, алгоритмы, кластерный анализ, критерий Неймана-Пирсона.

Due to development and expansion of unmanned aviation, the concept of massive air strike delivery becomes relevant again, since increasing amount of attacking aerial unmanned objects is both low-cost and effective. To avoid a «swarm» attack possibility it's apparently necessary to use automated grouping algorithms in automatic control systems (ACS), examples of which are performed in the article.

Keywords: grouping, algorithms, cluster analysis, Neumann-Pearson criterion.

Для эффективной организации противовоздушной обороны на пунктах управления ПВО производится оценка воздушной обстановки. На первом этапе собирается информация о количественном составе противника, пространственное положение воздушных объектов (ВО) и вектора их движения. На втором этапе целесообразно выполнить группирование информации о ВО противника:

– средства воздушного нападения (СВН) обычно применяются группами и назначение воздействий по таким группам одиночными истребителями неэффективно, это может привести к поражению истребителей, а не ВО противника;

– важно выявлять тактические группы, объединенные единством поставленных перед ними задач, т.е. обеспечивать тактическое группирование целей;

– реализация тактического группирования позволяет не только уменьшить число объектов, подлежащих отображению, но и обеспечить устойчивое их сопровождение и возможность организации координированных действий истребителей по этим группам.

Кроме того, в ряде случаев анализ пространственного положения тактических групп позволит выявить демонстративные и ударные группы, группы прикрытия, что позволит заблаговременно рассчитать требуемый состав своих групп истребителей-перехватчиков и спланировать их наведение с выгодных направлений для осуществления координированной атаки.

Выполнен обзор и краткий анализ существующих методов группирования воздушных объектов. Разработан новый способ функционирования информационно-управляющей системы при решении задачи группирования наблюдаемых воздушных объектов, который состоит из двух ал-

горитмов. Первая алгоритм осуществляет разделение воздушных объектов на группы на основе дивизимного алгоритма кластерного анализа, а второй заключается в проверке каждой из полученных групп на принадлежность к одной. Путем математического моделирования доказана работоспособность разработанных алгоритмов, эффективность оценивалась вероятностью правильного распознавания воздушной обстановки на примере полета двух пар воздушных судов.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Бабич В.К., Баханов Л.Е., Герасимов Г.П. и др.** Авиация ПВО России и научно-технический прогресс: боевые комплексы и системы вчера, сегодня, завтра: Монография / под ред. Е.А. Федосова. – 2-е изд. – М.: Дрофа, 2004. – 816 с.
2. **Горощенко Л.Б.** Принципы планирования боевых действий истребителей в системах ПВО. – Полёт, 2000, №3. – С.39–44.
3. **Шатовкин Р.Р.** Моделирование функционирования системы управления вооружением истребителя в режиме радиолокационного молчания: Монография. – Воронеж: Издательство ВАИУ, 2010. – 328 с.
4. **Вахненко В.А., Матвеев П.А., Цишук А.А.** Группирование воздушных целей // Успехи современной радиоэлектроники, 2014, №3. – С.11–13.
5. **Дж.-О. Ким, Ч.У. Мьюллер, У.Р. Клекк и др.** Факторный, дискриминантный и кластерный анализ: Пер. с англ. А.М. Хотинского, С.Б. Королева / под ред. И.С. Енюкова. – М.: Финансы и статистика, 1989. – 215 с.
6. **Халимов Н.Р., Фёдоров А.В.** Алгоритм группирования воздушных целей на основе кластерных методов // Материалы XVII Международной научно-методической конференции: «Информатика: проблема, методология, технологии». – ВГУ, 2017.
7. **Джарратано Д., Райли Г.** Экспертные системы: принципы разработки и программирования: Пер. с англ. – М.: ООО «И.Д. Вильямс», 2007. – 1152 с.
8. **Богданов А.В., Филонов А.А.** Применение узкополосной доплеровской фильтрации в многофункциональных радиолокационных комплексах. Часть 1: Монография. – Тверь: ВУ ПВО, 2004. – 129 с.
9. **Халимов Н.Р.** Алгоритм траекторного сопровождения воздушных целей на основе расширенного фильтра Калмана. Радиотехника. – М.: Изд. «Радиотехника», №9, 2017. – С.73–76.

DECISION-MAKING ALGORITHMS ON AERIAL OBJECTS IDENTITY TO ONE GROUP

A.V. Fedorov, N.R. Khalimov

In order to organize an air defense (AD) at AD control points the air situation assessment is performed. At the first stage, an information acquisition on numerical enemy strength, spatial position of aerial objects (AO) and its movement vector is carried out. The information grouping on enemy AOs is reasonable to fulfill at the second stage:

- air threats are commonly used in groups and an assignment of countering such threats via single fighter is ineffective, this can lead to aircraft loss rather than enemy AOs;
- it is important to cue tactical groups joined by the unity of assigned tasks, i.e. to provide tactical grouping of targets;
- implementation of tactical grouping permits both to reduce an amount of objects to be indicated and to provide its stable tracking, plus it gives a possibility for organization of fighters coordinated actions towards these groups.

Besides, in some cases, the spatial position analysis of tactical groups will permit to expose demonstration and strike groups, covering groups that permits to preliminary reckon the desired composition of friendly fighter interceptor groups and plan its pointing from advantageous directions to perform a coordinated attack.

The review and brief analysis of current grouping methods of aerial objects were carried out. The new technique of information management system functioning during solving of grouping task of observed aerial objects was developed, which consists of two algorithms. The first algorithm divides aerial objects into groups based on divisional algorithm of cluster analysis; the second provides a check of each obtained groups on identity to the one. The working capability of developed algorithms was proved through mathematic modeling, and its efficiency was estimated by the probability of correct classification of aerial situation in example of two pair flight of aerial vehicles.

Поступила 16 августа 2019 года.

ПРИМЕНЕНИЕ СИЛ И СРЕДСТВ ВКО

УДК 621.396.969

РАДИОЛОКАЦИОННОЕ РАСПОЗНАВАНИЕ БПЛА И ОРНИТОЛОГИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ (ПТИЦ)

© Авторы, 2019

Б.Г. Свердлов кандидат технических наук,
главный специалист, ОКБ «ЛЭМЗ» ПАО «НПО «Алмаз», г. Москва
E-mail: svr_work@rambler.ru

Д.М. Игонин
ведущий инженер-программист, ОКБ «ЛЭМЗ» ПАО «НПО «Алмаз», г. Москва

И.С. Вылегжанин кандидат физико-математических наук,
начальник ОКБ, ПАО «НПО «Алмаз», г. Москва

А.В. Кутина
инженер, ОКБ «ЛЭМЗ» ПАО «НПО «Алмаз», г. Москва

А.А. Пушков кандидат технических наук,
старший научный сотрудник, ОКБ «ЛЭМЗ» ПАО «НПО «Алмаз», г. Москва

В статье рассмотрены особенности радиолокационного распознавания воздушных объектов типа беспилотных летательных аппаратов и орнитологических объектов (летающих птиц). Для классификации (распознавания) воздушных объектов использовались машинные методы обучения на основе искусственных нейросетей.

Ключевые слова: классификация, доплеровский спектр цели, радиолокационные признаки цели, сверточные искусственные нейросети, вероятности распознавания.

The article examines the radar recognition particularities of airborne objects of unmanned aerial vehicles (UAVs) and ornithological objects (flying birds) types. The computer-aided methods for classification (recognition) of aerial objects based on artificial neural networks were used.

Keywords: classification, Doppler target spectrum, radar features of target, convolutional artificial neural networks, recognition probabilities.

Результаты исследований показали, что ни один из рассмотренных признаков не может быть выбран в качестве явных информативных признаков для классификации ВО.

Для классификации (распознавания) ВО предлагается использовать свёрточную искусственную нейросеть.

В качестве входной информации для обучения искусственной нейросети и дальнейшего распознавания использовались полученные в результате предварительной обработки доплеровские спектры мощности пачечных эхо-сигналов от ВО на вертикальной и горизонтальной поляризациях.

Оценка эффективности классификатора на основе искусственной нейросети показала, что на этапе первичной обработки сигнала может быть обеспечена вероятность правильной классификации ВО на два класса («Птицы» и «Летательные аппараты») не хуже 0.8.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Вовшин Б.М., Вылегжанин И.С., Атряхин В.А., Гаврилов Д.С., Корнеев А.Н.** Принципы построения обзорного радиолокатора обнаружения беспилотных летательных аппаратов // Журнал «Вестник воздушно-космической обороны». – М.: ПАО «НПО «Алмаз», 2019, Выпуск 3(23). – С.38–46.
2. **Горелик А.Л., Скрипкин В.А.** Методы распознавания: Учеб. пособие, 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Высшая школа, 1984. – 208 с.
3. **Rosa I.-M.D., Marques A.T., Palminha G., Costa H., Mascarenhas M., Fonseca C., Bernardino J.** Classification success of six machine learning algorithms in radar ornithology. / IBIS 2016, №158. – P.28–42.
4. **Ананенков А.Е., Марин Д.В., Нуждин В.М., Расторгуев В.В., Соколов П.В.** К вопросу о наблюдении малоразмерных беспилотных летательных аппаратов // Труды МАИ, Выпуск № 91. – URL: www.mai.ru/science/trudy.
5. **Ritchie, Matthew & Fioranelli, Francesco & Griffith, Hugh & Torvik, Bérge.** Micro-drone RCS analysis. 10.1109/RadarConf.2015.7411926.
6. **Теодорович Н.Н., Строганова С.М., Абрамов П.С.** Способы обнаружения и борьбы с малогабаритными беспилотными летательными аппаратами // Интернет-журнал «НАУКОВЕДЕНИЕ» Том 9, №1(2017). – URL: <http://naukovedenie.ru/PDF/13TVN117.pdf> (доступ свободный).
7. **Torvik B., Olsen K. E., and Griffiths H.** Classification of Birds and UAVs Based on Radar Polarimetry // *IEEE Geosci. Remote Sens. – Lett.*, 2016, vol.13, №9. – P.1305–1309.
8. **Татузов А.Л.** Нейронные сети в задачах радиолокации // Научная серия «Нейрокомпьютеры и их применение». – М.: Радиотехника, 2009, кн.28. – 432 с.
9. **Хайкин С.** Нейронные сети: полный курс, 2-е издание. – Изд. дом «Вильямс», 2006. – 1104 с.
10. **Николенко С., Кадуринов А., Архангельская Е.** Глубокое обучение. – СПб.: Питер, 2018. – 480 с.

RADAR DETECTION OF UAV AND ORNITHOLOGICAL OBJECTS (BIRDS)

B.G. Sverdlov, D.M. Igonin, I.S. Vylegzhanin, A.V. Kutina, A.A. Pushkov

During operation of UAV-detection radar the recognition mission of airborne objects (AO) such as UAV and flying birds becomes relevant. The research results of this problem are presented in the article.

The initial data for recognition were quadrature components of complex envelope of echo signals burst of detected AO for two orthogonal polarizations (vertical and horizontal) obtained during primary processing in ground-based radar used in the experiment.

The analysis results on searching of features for effective recognition of UAVs and birds showed that none of the considered features could be selected as explicit informative features for AO recognition.

The article examines a convolutional artificial neural network as a classification mean for recognition. For learning of artificial neural network and further recognition, the Doppler power spectrum of train echo signals from AO for vertical and horizontal polarizations were used as a result of pre-processing.

Evaluation of classifier efficiency based on artificial neural network showed that at the stage of preliminary signal processing, the probability of correct AO classification into two classes (birds and flying vehicles) as a minimum of 0.8 can be provided.

Поступила 1 июля 2019 года.

ИССЛЕДОВАНИЯ ВОПРОСОВ МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ КОМПЛЕКСОВ ЛЁТНО-ТАКТИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКИ – ЭЛЕКТРОННЫХ ПОЛИГОНОВ

© Авторы, 2019

А.Д. Филин доктор технических наук,
профессор, ГУАП, г. Санкт-Петербург
E-mail: fadadf@rambler.ru

А.Р. Бестугин доктор технических наук,
директор 2-го института ГУАП, г. Санкт-Петербург
E-mail: zlata@aanet.ru

В.П. Рачков кандидат технических наук,
доцент базовой кафедры, ГУАП, г. Санкт-Петербург
E-mail: vprevp@jandex.ru

Ю.Г. Шатраков доктор технических наук,
профессор базовой кафедры, ГУАП, г. Санкт-Петербург
E-mail: aspirantura@vniira.ru

В работе рассматриваются актуальные проблемы лётно-тактической подготовки экипажей и авиационных частей на базе автоматизированных комплексов лётно-тактической подготовки – авиационных электронных полигонов. Представлены предложения по когнитивной методологии их использования, методическому обеспечению автоматизированной оценки результатов действий экипажей и групп тактического назначения истребительной авиации при выполнении задач лётно-тактической подготовки в условиях «авиационного электронного полигона».

Ключевые слова: электронный полигон, методология, методическое обеспечение, автоматизированная оценка, лётно-тактическая подготовка, боевые возможности.

The paper examines actual problems of flight and tactical training of crews and aviation units based on automated of flight and tactical training systems – aviation electronic test sites (E-test site). Proposals on cognitive methodology of its use, methodological support of automated assessment of crew actions results and tactical fighter aircraft groups during performing of flight and tactical training tasks in the conditions of «aviation electronic test site» were presented.

Keywords: electronic firing range, methodology, methodological support, automated assessment, flight and tactical training, combat capabilities.

Представленная методика позволяет в РМВ оценить эффективность действий ИА по прикрытию авиации с учётом соотношения сил сторон и результатов их противодействия и может быть использована в качестве математического обеспечения для разработки алгоритмов и программ автоматизированной оценки экипажей и ГТН ИА в условия использования перспективного автоматизированного комплекса ЛТП – «электронного полигона». Данная методика может быть также использована для оценки эффективности действий авиации других родов.

Уникальность (универсальность) представленной методики состоит в том, что она может использоваться как в автоматизированных комплексах ЛТП («электронный полигон»), так и при создании перспективных комплексных тактических тренажёров лётного состава и специалистов боевого управления экипажами.

ЛИТЕРАТУРА

1. Приказ МО РФ № 275 от 24.09.2004 «Об утверждении Федеральных авиационных правил производства полётов государственной авиации». – М.: МО РФ, 2005. – 336 с.
2. Приказ МО РФ № 150 от 02.03.2010 «Об учебно-материальной базе Вооруженных сил Российской Федерации». – М.: МО РФ, 2010. – 143 с.
3. Приказ МО РФ № 431 от 25.10.2001 «Об утверждении Федеральных авиационных правил по организации полигонной службы в государственной авиации». – М.: МО РФ, 2002. – 160 с.
4. **Рачков В.П.** Проблемы методического обеспечения автоматизированной оценки уровня боевой подготовки лётных экипажей и расчётов боевого управления в системе оперативно-тактической подготовки // Сборник статей материалов Всероссийской научно-практической конференции. – Воронеж, ВУНЦ ВВС ВВА, 2013. – С.183–189.
5. **Бестугин А.Р., Володягин А.В., Филин А.Д., Шатраков Ю.Г.** Электронные полигоны для организации тактической подготовки лётного и командного состава ВВС РФ // Вестник ВКО. – М.: ГСКБ ОАО «Концерн ПВО «Алмаз-Антей», 2014, №2. – С.16–23.
6. **Филин А.Д., Бестугин А.Р., Рачков В.П., Шатраков Ю.Г. и др.** Инновационно-когнитивная концепция развития обучающих средств в авиации // Вестник ВКО. – М.: ГСКБ ОАО «Концерн ПВО «Алмаз-Антей», 2017, №1(13). – С.23–28.
7. **Филин А.Д., Рачков В.П.** Разработка методологии и алгоритмов оценки результатов при практической подготовке летных экипажей и специалистов боевого управления авиацией // Сборник научных трудов X Всероссийская конференция по проблемам новых технологий «Новые технологии разработки и производства вооружений, военной и специальной техники», г. Миасс. – М.: РАН, 2013. – С.162–169.
8. **Бонин А.С., Горчица Г.И.** О боевых потенциалах образцов ВВТ, формирований и соотношениях сил группировок сторон // Военная Мысль. – 2010, №4. – С.61–67.
9. **Рачков В.П.** Общий подход к автоматизированной оценке истребительной авиации на авиационном «электронном полигоне» // Военная мысль. – 2019, №5. – С.120–130.
10. Виртуальные авиационные электронные полигоны – состояние и тенденции развития // Журнал «Вестник воздушно-космической обороны». – М.: ПАО «НПО «Алмаз», 2018, Выпуск 4(20). – С.109–123.

RESEARCH OF METHODOLOGICAL FUNCTIONING SUPPORT OF AUTOMATED FLIGHT-TACTICAL TRAINING SYSTEMS – E-TEST SITE

A.D. Filin, A.R. Bestugin, V.P. Rachkov, Y.G. Shatrakov

The paper examines actual problems of flight and tactical training of crews and aviation units based on automated flight and tactical training systems – aviation electronic test sites (E-test site). Proposals on cognitive methodology of its use, methodological support of automated assessment of crew actions results and tactical fighter aircraft groups during performing of flight and tactical training tasks in the conditions of «aviation electronic test site» were presented.

Поступила 6 июня 2019 года.

ИССЛЕДОВАНИЯ В СФЕРЕ ПРОЕКТНО- КОНСТРУКТОРСКИХ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РАБОТ

УДК 621.396

МЕТОД ПОДОПТИМАЛЬНОЙ ОБРАБОТКИ СИГНАЛОВ С ЛИНЕЙНОЙ ЧАСТОТНОЙ МОДУЛЯЦИЕЙ

© Авторы, 2019

Я.Л. Ву Хан

инженер 2 категории, АО «ВНИИРА», г. Санкт-Петербург

E-mail: komplex@vniira.net

Л.Б. Фридман кандидат технических наук,

старший научный сотрудник, АО «ВНИИРА», г. Санкт-Петербург

Предложен метод обработки сигналов с линейной частотной модуляцией при использовании подоптимального фильтра сжатия. Разработана математическая модель, с помощью которой выполнен анализ характеристик эффективности предложенного подоптимального фильтра. Проведена сравнительная оценка энергетических характеристик эффективности подоптимального сжатия и сжатия с использованием согласованного фильтра с весовой обработкой, а также метода, основанного на использовании фильтра, рассчитанного методом обратных пульсаций. При этом были рассмотрены сигналы со значением базы от 7 до 200. Проведён анализ влияния доплеровского сдвига частоты на эффективность предложенного метода.

Ключевые слова: оптимальная обработка, согласованный фильтр, подоптимальный фильтр, сжатие сигналов, радиолокационная станция, уровень боковых лепестков, линейная частотная модуляция, ЛЧМ сигнал.

The paper proposes processing method of signals with linear frequency modulation when use of suboptimum compression filter. The mathematical model was developed which helped to analyze characteristics of suboptimum filter. The comparative assessment of efficiency output performance of suboptimal compression and compression using the matched filter with weight processing, and using the method, which is based on use of filter, rated via reverse ripple. Herewith, the signals with base value from 7 up to 200 were examined. The analysis of Doppler frequency shift effect on the effectiveness of proposed method was carried out.

Keywords: optimal processing, matched filter, suboptimum filter, signal compression, radar station, side-lobe level, linear frequency, linear frequency-modulated signal (chirp signal).

В статье предложен метод подоптимальной обработки сигналов с линейной частотной модуляцией, позволяющий осуществлять сжатие сигналов без образования боковых лепестков (уровень боковых лепестков определяется лишь величиной вычислительной погрешности). Метод основан на использовании подоптимального фильтра сжатия. Синтез подоптимального фильтра произведен в частотной области с использованием формирующего импульса Гаусса. Получены зависимости параметра оптимизации формирующего импульса Гаусса от величины базы сигнала.

Для оценки характеристик эффективности использования предлагаемого метода разработана математическая модель. По результатам моделирования получены сравнительные характеристики предлагаемого фильтра сжатия и известных методов, основанных на использовании: согласованного фильтра, фильтра с весовой обработкой и фильтра, рассчитанного методом обратных пульсаций. Эффективность использования предлагаемого метода оценивалась по критериям минимизации снижения отношения сигнал/шум по сравнению с согласованной фильтрацией, а также минимизации уровня боковых лепестков сжатых сигналов при отсутствии и при наличии доплеровского сдвига частоты в исследуемых сигналах.

Предложенный метод предполагается использовать при модернизации аппаратуры обработки радиолокационных сигналов в первичной радиолокационной станции управления воздушным движением, разработанной и серийно выпускаемой АО «ВНИИРА».

ЛИТЕРАТУРА

1. **Ширман Я.Д.** Теоретические основы радиолокации. – М.: Советское радио, 1970. – 560 с.
2. **Андрienko В.Б., Беседа А.Л., Зубков В.А., Николаев С.Ф., Сеницын В.А., Сеницын Е.А.** Алгоритмы обработки сложных частотно-модулированных радиолокационных сигналов. – 2009. – 208 с.
3. **Lehtinen M., Damtie B., Nygren T.** *Optimal binary phase codes and sidelobe-free decoding filters with application to incoherent scatter radar.* – *Annales Geophysicae*, 2004, Vol.22. – P.1623–1632.
4. **Korshunov A.Yu., Mazayan N.R., Nikolaev S.P., Sinitin E.A., Fridman L.B., Shildkret A.B.** *Phase-shift keyed signal compression using a mismatched sidelobe-free filter in the presence of doppler frequency shift // CriMiCo 2012-2012 22nd International Crimean Conference Microwave and Telecommunication Technology, Conference Proceedings*, 2012. – С.1084–1085.
5. **Fridman L.B., Ershov G.A., Myasnikov S.A., Perelomov V.N., Sinitin E.A.** *Compression of phase-shift keyed signals by means of the mismatched sidelobe-free filter with application to coherent pulse radar // European Microwave Week 2017: «A Prime Year for a Prime Event», EuMW 2017 – Conference Proceedings; 14th European Microwave Conference, EURAD 2017 14.* 2018. – С.235–238.
6. **Ву Хан Я.Л., Фридман Л.Б., Сухотерин В.Д., Завьялов В.А.** Подоптимальный фильтр сжатия шумоподобных сигналов с фазовой манипуляцией // Сборник тезисов IV Всероссийской НТК «Системы связи и радионавигации». – Красноярск: АО «НПП «Радиосвязь», 2017. – С.240–243.
7. **Levanon N., Mozeson E.** *Radar Signals*, John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey, 2004. – С.100–167.
8. **Амосов А.А., Дубинский Ю.А., Копченова Н.В.** Вычислительные методы для инженеров: Учеб. пособие. – М.: Высш. шк., 1994. – 544 с.
9. **Кук Ч., Бернфельд М.** Радиолокационные сигналы: пер. с англ. / под ред. В.С. Кельсона. – М: Сов. Радио, 1971. – С. 568.

MISMATCHED SIGNALS PROCESSING METHOD WITH LINEAR FREQUENCY MODULATION

Y. Vu Han, L.B. Fridman

The article proposes the method of suboptimal signals processing with linear frequency modulation permitting to provide signals suppression without side-lobes appearance (side-lobe level is determined only by computational error value). The method is based on optimum compression filter use. The suboptimum filter synthesis is carried out in frequency domain using Gaussian shaping pulse. The dependence of the optimization parameter of Gaussian shaping pulse versus compression ratio is obtained. The mathematical model is developed in order to investigate the performance of the proposed method. Using the simulation results, the comparative characteristics of the proposed compression filter and the known methods (with usage of matched filter, matched filter and weight function, and filter rated using the method of reverse ripple) are obtained. The effectiveness of the proposed method is evaluated using the criteria of minimizing the signal-to-noise ratio (SNR) decrease with respect to matched filtering, as well as minimizing side-lobes level (SLL) of compressed signals in the absence and in the presence of Doppler frequency shift. Its stipulated to use the proposed method during upgrading of radar signal processing equipment of air traffic control primary radar, developed and commercially produced by the «VNIIRA» radio equipment research institute.

Поступила 20 мая 2019 года.

СПОСОБЫ ОЦЕНКИ ОШИБОК СГЛАЖЕННЫХ КООРДИНАТ ПРИ СОПРОВОЖДЕНИИ ЦЕЛЕЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ $\alpha\beta$ -ФИЛЬТРОВ

© Авторы, 2019

С.О. Грачёв кандидат технических наук,
зам. начальника СКБ, ПАО «НПО «Алмаз», г. Москва

В.А. Доброжанский

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

А.В. Нескородов

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

E-mail: neskorodov.anton@gmail.com

Предлагаются алгоритмы оценки ошибок сглаженных координат цели при использовании $\alpha\beta$ -фильтров в процессе сопровождения целей и при обработке результатов экспериментов.

***Ключевые слова:** многофункциональный радиолокатор (МФР), сопровождение цели, $\alpha\beta$ -фильтры, точность сопровождения, сглаженные координаты.*

Assessment algorithms of smoothed coordinates errors using $\alpha\beta$ -filters during target tracking and experiments results analysis are proposed.

***Keywords:** multifunction radar (MFR), target tracking, $\alpha\beta$ -filters, tracking accuracy, smoothed coordinates errors assessment.*

Предложены способы оценки ошибок сглаженных координат при использовании $\alpha\beta$ -фильтров для сопровождения целей. Способы основаны на обработке информации о сигналах ошибок и коэффициентах фильтрации.

С помощью математической модели сопровождения целей в МФР оценены характеристики разработанного алгоритма. Показано, что оценки СКО ошибок сопровождения полученных с помощью разработанного алгоритма близки как к эталонным ошибкам сопровождения, полученным путем статистического моделирования, так и друг к другу.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Биченко И.Г., Волков В.Н., Доброжанский В.А.** Алгоритмы адаптивной фильтрации координат при сопровождении целей в многофункциональном радиолокаторе с секторным и круговым режимами работы // Сборник докладов II НТК молодых ученых и специалистов. – М., Радиотехника, 2012.
2. **Кузьмин С.З.** Цифровая обработка радиолокационной информации. – М.: Советское радио, 1967.
3. **Венцель Е.С.** Теория вероятностей. – Наука, Физматгиз, 1969.
4. **Худсон Д.** Статистика для физиков. – Мир, 1970.
5. **Соболь. И.М.** Численные методы Монте-Карло. – Наука, 1973.

ASSESSMENT TECHNIQUE FOR SMOOTHED COORDINATES ERRORS DURING TARGET TRACKING USING $\alpha\beta$ -FILTERS

S.O. Grachev, V.A. Dobrozhanskiy, A.V. Neskorofov

Assessment methods of smoothed coordinates errors using $\alpha\beta$ -filters for target tracking are proposed. The methods are based on information processing on error signal and filtration factor.

Using the mathematical model of targets tracking in multifunction radar (MFR) the characteristics of developed algorithm were estimated. It was demonstrated that assessments of root mean square (RMS) errors of tracking obtained via developed algorithm are close to both standard tracking errors achieved thorough statistical modeling and to each other.

Поступила 15 апреля 2019 года.

ФАЗОСТАБИЛЬНЫЙ МОДУЛЬ АНАЛОГО-ЦИФРОВОГО ПРЕОБРАЗОВАНИЯ СИГНАЛОВ

© Авторы, 2019

А.А. Капустина

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

К.А. Тихонова

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

А.М. Лосев

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

E-mail: wolkn@yandex.ru

В статье рассматривается построение фазостабильного модуля аналого-цифрового преобразования сигналов. Представлен алгоритм линеаризации фазовой характеристики тракта аналого-цифрового преобразования сигналов. Рассмотрена реализация представленного алгоритма в устройстве и приведены результаты экспериментальных исследований частотных характеристик.

Ключевые слова: *фаза сигнала, групповая задержка, линеаризация фазовой характеристики, блок линеаризации.*

The article examines set-up of phase-stable module of analog-to-digital signal transformation. The linearization algorithm of phase characteristic of analog-to-digital data signal conversion path is performed. The implementation of proposed algorithm in device is examined and experimental results of frequency characteristics are given.

Keywords: *signal phase, group (envelope) delay, of phase characteristic linearization, linearization block.*

В статье рассматривается способ построения фазостабильного модуля аналого-цифрового преобразования сигналов. Приведены основные дестабилизирующие факторы, влияющие на стабильность фазы в устройстве преобразования сигналов, и, как результат, влияющие на эффективность работы многофункционального радиолокатора, а именно на подавление помехи в режиме автокомпенсации помех. Представлена структурная схема фазостабильного модуля и алгоритм линеаризации фазовой характеристики тракта аналого-цифрового преобразования сигналов.

Приведена функциональная схема экспериментальной установки и структурная схема блока линеаризации для реализации алгоритма с использованием современной ПЛИС, а также результаты экспериментальных исследований разработанного фазостабильного модуля аналого-цифрового преобразования сигналов, а именно амплитудно-частотная характеристика (АЧХ), фазо-частотная характеристика (ФЧХ) и групповое время задержки (ГВЗ) тракта модуля до применения алгоритма линеаризации и после. Из приведенных графиков видно, что после применения линеаризации ФЧХ становится линейной, а ГВЗ имеет постоянное значение в полосе сигнала.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Гребенко Ю.А., Сое Минн Тху.** Метод расчёта по НЧ-прототипу цифровых фильтров нижних частот с линейными ФЧХ // Современная наука: актуальные проблемы и пути их решения. – 2017, №3(34). – С.36–43.

PHASE-STABLE MODULE OF ANALOG-TO-DIGITAL SIGNAL CONVERSION

A.A. Kapustina, K.A. Tihonova, A.M. Losev

The article examines set-up procedure of phase-stable module of analog-to-digital signal conversion. Main disturbing factors are performed effecting on phase stability in signal-conversion device and as a result effecting on operation of multifunction radar i.e. on noise suppression in noise auto-compensation mode. The structural scheme of phase-stable module and linearization algorithm of phase characteristic of analog-to-digital data signal conversion path is provided. The experimental device functional scheme is presented including structural scheme of linearization block for realization of algorithm using modern FPLD and experimental research results of developed phase-stable module of analog-to-digital data signal conversion i.e amplitude frequency response (ARF), frequency-response (FRF) and group (envelope) delay time (GDT) of module path before and after implementation of linearization algorithm. We can see at graphic chart that after implementation of linearization the FRF becomes a linear, and GDT has a constant value within signal band.

Поступила 8 апреля 2019 года.

ОБОСНОВАНИЕ ОСНОВНЫХ ПОЛОЖЕНИЙ МЕТОДИКИ ОЦЕНКИ ПОТЕНЦИАЛА РЛС ПО РЕЗУЛЬТАТАМ НАТУРНЫХ ЭКСПЕРИМЕНТОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИСКУССТВЕННЫХ СПУТНИКОВ ЗЕМЛИ

© Авторы, 2019

В.П. Красный доктор технических наук,
начальник отдела, ПАО «НПО «Алмаз», г. Москва

К.В. Лушков

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

Д.В. Красный

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

E-mail: dvkrasnyi@gmail.com

Экспериментальная оценка потенциала РЛС проводится по результатам измерения отношения мощности сигнала к мощности шума и дальности при работе по искусственным спутникам земли (ИСЗ) с известной ЭПР. Отличительной конструктивной особенностью современных РЛС является их способность, которая позволяет устанавливать сектор обзора путём механического поворота антенной решётки (установки центра сектора по азимуту и углу места) с электронным сканированием в самом секторе. При этом можно считать, что распределение потенциала в секторе не зависит от ориентации нормали к АР (направление центра сектора), определяемой механическим вращением. Планирование экспериментов по оценке потенциала РЛС с учётом этих особенностей позволяет сократить сроки их проведения и стоимость.

Ключевые слова: эффективная площадь рассеивания (ЭПР), энергетический потенциал, отношение сигнала к шуму (ОСШ), активная фазированная антенная решётка (АФАР), искусственный спутник Земли (ИСЗ), орбита, алгоритм, аппроксимация.

Experimental assessment of radar station potential is carried out based on measurement results of desired signal ratio to background noise level and range during the operation on artificial satellites with the known radar cross-section (RCS). Distinctive design feature of modern radar stations is its capability permitting to set a coverage sector via mechanical rotation of an antenna array (installation of sector center in azimuth and elevation) with an electronic scanning in the sector itself. Herewith, it is possible to consider that distribution of a potential in the sector does not depend on orientation of the normal to array (direction of sector center) determined by mechanical rotation. Experiments planning for assessment of radar capacity considering the mentioned features allows to reduce its performing time and cost.

Keywords: radar cross-section (RCS), energy potential, signal-to-noise ratio (SNR), active electronically scanned array (AESA), artificial Earth satellite, orbit, algorithm, approximation.

Экспериментальная оценка потенциала РЛС проводится по результатам измерения отношения мощности сигнала к мощности шума и дальности при работе по искусственным спутникам земли (ИСЗ) с известной ЭПР.

В статье представлено обоснование методики оценки энергетических характеристик РЛС с механическим вращением сектора электронного сканирования.

Отличительной конструктивной особенностью современных РЛС является их способность, которая позволяет устанавливать сектор обзора путем механического поворота антенной решетки (установки центра сектора по азимуту и углу места) с электронным сканированием в самом секторе.

Вычисление потенциала РЛС проводится по результатам измерения отношения мощности сигнала к мощности шума и дальности при работе по искусственным спутникам земли (ИСЗ) с известной ЭПР.

При этом можно считать, что распределение потенциала в секторе не зависит от ориентации нормали к АФАР (направление центра сектора), определяемой механическим вращением. Планирование экспериментов по оценке потенциала РЛС с учетом этих особенностей позволяет сократить сроки их проведения и стоимость.

В статье так же перечислены основные операции при организации эксперимента по оценке потенциала РЛС.

Обоснована математическая постановка и решена методами линейного программирования задача выбора направления ориентации сектора электронного сканирования, обеспечивающего максимальное время нахождения ИСЗ в нем.

Для оценки потенциала обоснован выбор математических формул. Особенностью расчета потенциального рельефа является выбор сглаживающего двумерного полинома, который используется в статье и, в целом, является обобщением одномерных сглаживающих полиномов.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Леонов А.И., Леонов С.А., Нагуленко Ф.В. и др.** Испытания РЛС (оценка характеристик). – М.: Радио и связь, 1991. – 208 с.
2. **Саврасов Ю.С.** Алгоритмы и программы в радиолокации. – М.: Радио и связь, 1985. – 216 с.
3. **Аксёнов О.Ю., Иванюченко А.С., Третьяков Ю.Н. и др.** Испытания ракетно-космических систем. – М.: Знание, 2014. – 676 с.

MAIN PROVISIONS VALIDATION OF RADAR POTENTIAL ASSESSMENT METHOD BY RESULTS OF FULL-SCALE EXPERIMENTS WITH USE OF SATELLITES

V.P. Krasnyy, K.V. Lushenkov, D.V. Krasnyy

Experimental assessment of radar station potential is carried out based on measurement results of desired signal ratio to background noise level and range during the operation on artificial satellites with the known radar cross-section (RCS).

The article states justification of assessment technique of radar power characteristics with mechanical rotation of electronic scanning sector.

Distinctive design feature of modern radar stations is its capability permitting to set a coverage sector via mechanical rotation of an antenna array (installation of sector center in azimuth and elevation) with an electronic scanning in the sector itself.

Calculation of radar capacity is carried out based on measurement results of desired signal ratio to background noise level and range during the operation on artificial satellites with the known RCS.

Herewith, it is possible to consider that distribution of a potential in the sector does not depend on orientation of the normal to array (direction of sector center) determined by mechanical rotation. Experiments planning for assessment of radar capacity considering the mentioned features allows to reduce its performing time and cost.

The main operations during the experiment progress intended for assessment of radar capacity are also listed in the article.

Mathematical statement is proved and the problem of direction selection of electronic scanning sector orientation providing a maximum residence time of the artificial satellite within the sector is solved via linear programming methods.

For potential assessment the mathematical formulas selection was validated. The calculation peculiarity of a potential pattern is the selection of smoothing two-dimensional polynom, which is used in the article and, in general, is generalization of the one-dimensional smoothing polynoms.

Поступила 4 июня 2019 года.

НЕЛИНЕЙНО ЧАСТОТНО МОДУЛИРОВАННЫЙ СИГНАЛ СО СПЕКТРОМ АВТОКОРРЕЛЯЦИОННОЙ ФУНКЦИИ КОСИНУС В КУБЕ И КОСИНУС В ЧЕТВЕРТОЙ СТЕПЕНИ

© Авторы, 2019

К.К. Севостьянов кандидат технических наук,
ведущий инженер, ПАО «НПО «Алмаз», г. Москва
E-mail: info@raspletin.com

В.С. Оконешников доктор технических наук,
консультант, ПАО «НПО «Алмаз», г. Москва

Рассматриваются сигналы с прямоугольной огибающей и со спектром автокорреляционной функции косинус в 3-степени и косинус в 4-степени. Для этих случаев предлагаются алгоритмы формирования сигналов в виде процедур вычисления их фазы и представлены результаты моделирования формирования и сжатия сигналов. Найдены значения параметров алгоритмов формирования сигналов, обеспечивающие минимальный УБЛ сжатых сигналов. При сжатии сигналов с малыми базами предложено использовать метод «обратных пульсаций». 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.

Signals with square envelope and spectrum of autocorrelation function, the cosine in 3-power and the cosine in 4-power, are considered. For this cases signal shaping algorithms in a form of phase calculation procedures are proposed and simulation results are presented for signal shaping and compressing. Shaping algorithm parameters has been found in order to minimize side lobe level of compressed signals. For compressing signals with small base it is proposed to use «reverse ripple» method. Mismatch loss has been calculated at use 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 сигналов с прямоугольной огибающей и нелинейной частотной модуляцией, соответствующей спектру автокорреляционной функции косинус в кубе и косинус в четвертой степени. Предлагается алгоритм формирования сигналов этого типа в виде процедуры вычисления его фазы и представлены результаты моделирования формирования и сжатия сигналов. Представлены спектры НЧМ сигналов, сформированных для различных баз. По результатам моделирования найдены значения настроечных параметров алгоритма формирования сигналов, обеспечивающие минимальный УБЛ сжатого согласованным фильтром сигнала в зависимости от базы сигнала.

Для малых баз спектр НЧМ сигнала существенно отличается от предполагаемого, что не позволяет достичь УБЛ такого же, как при весовой обработке ЛЧМ сигналов. Поэтому при сжатии сигналов с малыми базами предложено использовать метод «обратных пульсаций» с модифицированными весовыми функциями, соответствующими спектрам формируемых сигналов. Вычислены потери на рассогласование при использовании этого метода, позволяющего достичь УБЛ менее -53 дБ при потерях на рассогласование -0.14 дБ для кубического спектра автокорреляционной функции и менее -70 дБ при потерях -0.12 дБ для спектра косинус в четвертой степени.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кук Ч., Бернфельд М. Радиолокационные сигналы. Пер. с англ. / под ред. В.С. Кельзона. – М.: Сов.радио, 1971. – 568 с.
2. Оконешников В.С., Севостьянов К.К. Нелинейно частотно модулированный сигнал со спектром автокорреляционной функции косинус-квадрат на пьедестале // Журнал «Вестник воздушно-космической обороны». – М.: ПАО «НПО «Алмаз», 2019, Выпуск 2(22). – С.76–84.
3. Кряжев В.П., Оконешников В.С., Павлов И.К., Столетова О.Е. Исследование эффективности весовых функций при сжатии ЛЧМ-импульсов // Тезисы докладов III научно-технической конференции «Радиооптические технологии в приборостроении (РТП-2005)». – М., 2005.
4. 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.

NONE-LINEAR FREQUENCY-MODULATED SIGNAL WITH AUTO CORRELATION SPECTRUM FUNCTION OF CUBED COSINE AND QUARTIC COSINE

K.K. Sevostyanov, V.S. Okoneshnikov

The problem of signals shaping and compression with square envelope and nonlinear frequency modulation corresponding to auto correlation spectrum function of cubed cosine and quartic cosine is examined. The signals shaping algorithm of this type in a form of its phase calculation procedure is proposed and simulation results are presented for signal shaping and compressing.

The spectrum of none-linear frequency-modulated signals shaped for different bases are performed.

Based on simulation results the values of signals shaping algorithm setup variables were obtained providing the minimum SLL compressed by the matched signal filter depending on signal base. For small bases the spectrum of none-linear frequency-modulated signal considerably differs from the assumed one that prevent from achievement of the same SLL as at weight processing of linear frequency-modulated signals.

Therefore, when we have signals compression with small bases it's suggested to use the «reverse ripple» method with modified weight functions corresponding to spectrum of shaped signals.

The method gave a possibility to calculate mismatch losses providing achievement of less than -53 dB SLL at -0.14 mismatch losses for cubic spectrum of autocorrelation function and less than -70 dB at -0.12 mismatch losses for spectrum of quartic cosine.

Поступила 21 января 2019 года.

ПРИКЛАДНЫЕ ЗАДАЧИ ПРИМЕНЕНИЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

УДК 004.457

АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ПРОЕКТИРОВАНИЯ УСТРОЙСТВ НА ОСНОВЕ ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ В ЧАСТИ РАЗРАБОТКИ СХЕМ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПРИНЦИПИАЛЬНЫХ

© Авторы, 2019

Т.С. Жарковская

ведущий специалист, ПАО «НПО «Алмаз», г. Москва
E-mail: j89167443359@gmail.com

А.В. Шаламов

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

В статье описан проект по автоматизации проектирования устройств на основе печатных плат в части разработки схем электрических принципиальных. Основные цели проекта: разработка единых правил проектирования радиоэлектронных устройств, в состав которых входят печатные платы, с применением систем автоматизированного проектирования (САПР) в различных подразделениях ПАО «НПО «Алмаз»; создание базы электрорадиоизделий; создание централизованной библиотечной службы (по разработке компонентов для САПР P-CAD 2006, ведению конструкторских справочников и баз данных); автоматизация выпуска конструкторской документации.

Ключевые слова: P-CAD 2006, Schematic, PCB, SCH-файл, PCB-файл, NET-файл, Союз-PLM, база данных электрорадиоизделий.

The paper describes a project on computer-aided hardware engineering based on PC-boards concerning the development of electric schematic diagram. The main objectives of the project: development of unified engineering rules of radio-electronics composed of PC-boards, with application of computer-aided design system (CAD) in different divisions of JSC «Almaz» enterprise; database creation of radio-electronic items; build-up of centralized library service (on development of components for P-CAD 2006, engineering reference books and database recording); release automation of design and engineering documentation.

Keywords: P-CAD 2006, Schematic, PCB, SCH-file, PCB-file, NET-file, Union-PLM, radio-electronic items database.

В статье описан проект по автоматизации проектирования устройств на основе печатных плат в части разработки схем электрических принципиальных. Основные цели проекта: разработка единых правил проектирования радиоэлектронных устройств, в состав которых входят печатные платы, с применением систем автоматизированного проектирования (САПР) в различных подразделениях ПАО «НПО «Алмаз»; создание базы электрорадиоизделий; создание централизованной библиотечной службы (по разработке компонентов для САПР P-CAD 2006, ведению конструкторских справочников и баз данных); автоматизация выпуска конструкторской документации.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Саврушев Э.Ц.** P-CAD 2006. Руководство схемотехника, администратора библиотек, конструктора. – М.: Бинов-Пресс. – 768 с.
2. **Уваров А.С.** Программа P-CAD. Электронное моделирование. – М.: Диалог-МИФИ. – 192 с.
3. **Уваров А.С.** P-CAD. Проектирование и конструирование электронных устройств. – М.: Горячая Линия – Телеком. – 760 с.

HARDWARE DESIGN PROCESS AUTOMATION BASED ON PC-BOARDS CONCERNING DEVELOPMENT OF ELECTRIC SCHEMATIC DIAGRAM

T.S. Zharkovskaya, A.V. Shalamov

The paper describes a project on computer-aided hardware engineering based on PC-boards concerning the development of electric schematic diagram. The main objectives of the project: development of unified engineering rules of radio-electronics composed of PC-boards, with application of computer-aided design system (CAD) in different divisions of JSC «Almaz» enterprise; database creation of radio-electronic items; build-up of centralized library service (on development of components for P-CAD 2006, engineering reference books and database recording); release automation of design and engineering documentation.

Поступила 19 марта 2019 года.

АНАЛИТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ЗАРУБЕЖНОГО ОПЫТА

УДК 621.3, 519.718

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И НАПРАВЛЕНИЯ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ СИСТЕМ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ КОМПЛЕКСОВ СПЕЦИАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ ВЕДУЩИХ ЗАРУБЕЖНЫХ ВОЕННО-ПРОМЫШЛЕННЫХ КОМПАНИЙ

© Авторы, 2019

С.Ф. Боев доктор технических наук, доктор экономических наук, доцент,
Генеральный директор, ПАО «МАК «Вымпел», г. Москва

А.А. Рахманов доктор технических наук, профессор,
зам. генерального директора, ПАО «МАК «Вымпел», г. Москва

А.С. Логовский кандидат физико-математических наук,
Генеральный конструктор, АО «РТИ им. академика А.Л. Минца», г. Москва

В.М. Медведев кандидат технических наук, доцент,
Генеральный директор, АО «ГНИИП», г. Москва

А.Ю. Перлов
начальник сектора, АО «РТИ им. академика А.Л. Минца», г. Москва

А.М. Казанцев
ведущий инженер, АО «РТИ им. академика А.Л. Минца», г. Москва

В статье рассмотрены существующие стратегии технического обслуживания, и, в частности, сделан акцент на такое не востребованное в последнее время направление, как предиктивное техническое обслуживание, использующее в своей основе технологии искусственного интеллекта и обработки больших данных. Проведён анализ публикаций в указанной предметной области, который показал, что применение методов машинного обучения для организации технического обслуживания сложных многоэлементных изделий находит всё большее применение в ведущих военно-промышленных компаниях США и Европы. В статье приводится обзор технологий и разработок таких известных зарубежных военно-промышленных компаний как Raytheon, Thales Group, Lockheed Martin.

Ключевые слова: *предиктивное техническое обслуживание, машинное обучение, военно-промышленные компании, Raytheon, DREAMachine, Thales Group, Rafale RBE2, Lockheed Martin, ALIS.*

The article examines the current strategies of technical maintenance, particularly the predictive technical maintenance was emphasized which uses an artificial intelligence technology and big data processing. The publications analysis on mentioned subject area was performed which demonstrated that application of computer-aided learning methods for organization of technical maintenance of complex multicomponent items (products) attract a growing interest in leading US and Europe military-industrial companies. The article reviews technologies and development works of the known foreign military-industrial companies such as Raytheon, Thales Group, Lockheed Martin.

Keywords: *predictive technical maintenance, computer-aided learning, military-industrial companies, Raytheon, DREAMachine, Thales Group, Rafale RBE2, Lockheed Martin, ALIS.*

Техническое обслуживание сложных технических систем предназначено для поддержания требуемого качества их функционирования. На сегодняшний день в мировой практике среди стратегий технического обслуживания выделяют следующие основные направления: по событию (отказу), регламентированное (планово-предупредительное), по состоянию. Активное развитие в последние несколько лет технологий искусственного интеллекта и обработки больших данных привело к появлению еще одного направления - предиктивного (прогнозного) технического обслуживания, в основе которого лежит применение методов машинного обучения.

Анализ публикаций в указанной предметной области показал, что применение методов машинного обучения для организации технического обслуживания сложных многоэлементных изделий находит все больше применения в ведущих военно-промышленных компаниях (ВПК) США и Европы, таких как *Raytheon, Thales Group, Lockheed Martin*.

В настоящее время компания *Raytheon* активно разрабатывает проект под названием *DREAMachine*. Принцип работы *DREAMachine* может быть представлен в следующем виде:

- импорт данных производственного процесса из нескольких информационных систем;
- фильтрация, анализ и объединение собранных данных в единой базе, связывающей информацию о компонентах системы на всех ее уровнях;
- анализ данных методами машинного обучения без учителя: именно эти методы и алгоритмы выявляют значимые «группировки» данных;
- прогнозирование возможных отказов как на уровне компонентов, так и на уровне системы в целом методами обучения с учителем.

Дальнейшее развитие *DREAMachine* предполагает улучшение алгоритмов прогнозирования и производительности системы.

В течение последних двух лет компания *Thales* занимается внедрением системы технического обслуживания по состоянию для самолетов *Rafale RBE2* французских ВВС. Разрабатываемая автоматизированная платформа в своей основе использует модели и алгоритмы прогнозирования технического состояния оборудования за счет анализа информации, поступающей с датчиков встроенного контроля. Алгоритмы, используемые в платформе, настроены на установление вероятности отказов каждые пять полетов для каждого элемента оборудования, контролируемого в пределах авиапарка.

Характерной особенностью разработанной платформы является возможность определения порогового уровня, необходимого для замены отказавшего оборудования. В дальнейшем развитие платформы будет направлено на повышение точности прогнозирования отказов оборудования за счет применения определенного набора показателей эффективности.

Компания *Lockheed Martin* использует предиктивное техническое обслуживание в таких своих проектах как *C-130J* и *F-35 Lightning II*.

Для максимизации времени безотказной работы *C-130* в компании *Lockheed Martin* применяется платформа *SAS*. Благодаря информации с расположенных по всему самолету датчикам контроля, а также данных от поставщиков запчастей, инженеров компании и эксплуатирующих организаций, поступающих в единое централизованное хранилище, платформа на основе актуальной информации и ретроспективных данных дает прогноз выхода из строя деталей самолетов.

Другой системой, разрабатываемой компанией *Lockheed Martin*, является информационная система автономной логистики (*ALIS*) для самолетов *F-35 Lightning II*. *ALIS* рассматривается компанией как основа управления операциями *F-35*, которая собирает и анализирует данные о состоянии и техническом обслуживании как отдельных самолетов, так и всего авиапарка. В составе программного обеспечения *F-35* имеется приложение для мониторинга его технического состояния, которое генерирует коды сообщений о работоспособности самолета и записывает их на портативный защищенный компьютер. Полученные данные с каждого из эксплуатируемых самолетов передаются в единую базу данных, на основе которой методами машинного обучения система прогнозирования и управления состоянием прогнозирует вероятности отказа и остаточного ресурса оборудования самолета.

Разработка и применение автоматизированных платформ, решающих задачи предиктивного технического обслуживания с использованием методов машинного обучения, по мнению ведущих предприятий ВПК, позволяет повысить качество и надежность функционирования, сократить затраты на проведение операций по техническому обслуживанию и снизить простои системы (изделия).

ЛИТЕРАТУРА

1. URL: <https://www.viziya.com/resource/reactive-vs-preventive-vs-predictive-maintenance>.
2. Южно В.Е., Панько В.С. Разработка методики и программного обеспечения для ежедневного автоматизированного планирования ремонта оборудования // *International Siberian Conference on Control and Communications (SIBCON-2017)*. Proceedings. – The Tomsk IEEE Chapter & Student Branch. – Kazakhstan, Astana, June 29-30, 2017.
3. Nazmus Sakiba, Thorsten Wuesta. Challenges and Opportunities of Condition-based Predictive Maintenance: A Review. 6th CIRP Global Web Conference «Envisaging the future manufacturing, design, technologies and systems in innovation era». – 2018, Vol. 78. – P.267–272.
4. Tiedo Tinga. Predictive Maintenance of Military Systems Based on Physical Failure Models. 4th IEEE Conference on Prognostics and System Health Management (PHM). – 2013, Volume: 33. – 6 p. DOI: 10.3303/CET1333050. URL: <https://www.plantservices.com/articles/2019/case-history-machine-learning-for-predictive-maintenance>.
5. URL: <https://www.plantservices.com/articles/2019/case-history-machine-learning-for-predictive-maintenance>.
6. Ненартович Н.Э., Горевич Б.Н. Система противоракетной обороны США. Анализ и моделирование. – М.: ПАО «НПО «Алмаз», 2018. – 320 с.
7. URL: https://www.raytheon.com/sites/default/files/technologytoday/2018/issue1/wp-content/uploads/2018/08/Raytheon_TechnologyToday_Issue1_2018.pdf.
8. URL: <http://raytheon.mediaroom.com/2019-06-17-Raytheon-testing-AI-to-improve-CV-22-maintenance-planning>.
9. URL: <https://www.aerocontact.com/en/aerospace-aviation-news/56082-thales-applies-predictive-maintenance-to-military-electronics>.
10. URL: https://www.sas.com/ru_ru/customers/lockheed-martin.html.
11. URL: <https://www.f35.com/about/life-cycle/sustainment>.
12. URL: <https://www.ainonline.com/aviation-news/defense/2016-06-07/lockheed-martin-advances-f-35s-maintenance-backbone>.
13. Sun W.G. et al. «Design of Autonomic Logistics Information System Based on System Integration Model», *Advanced Materials Research*. – 2012, Vols. 472-475. – P.2650–2654.

CURRENT STATE AND IMPROVEMENT TENDENCY OF SPECIAL-PURPOSE COMPLEXES MAINTENANCE SYSTEMS OF LEADING FOREIGN MILITARY-INDUSTRIAL COMPANIES

S.F. Boev, A.A. Rahmanov, A.S. Logovskiy, V.M. Medvedev, A.U. Perlov, A.M. Kazantsev

The purpose of technical maintenance of complex engineering systems is in keeping of required quality of its functioning. Today, the world practice in technical support strategies highlights the following main directions according to: event (failure), scheduled (regular preventive) time, condition. The active development in recent several years of artificial intelligence technology and big data processing has led to introduction of another direction – predictive (forecasting) technical maintenance based on application of computer-aided learning methods.

The publications analysis on mentioned subject area was performed which demonstrated that application of computer-aided learning methods for organization of technical maintenance of complex multicomponent items (products) attract a growing interest in leading US and Europe military-industrial companies such as Raytheon, Thales Group, Lockheed Martin.

The Raytheon company now works on development of DREAMachine project. The DREAMachine functioning principle can be performed in the following form:

- manufacturing process data import from several informational systems;
- filtering, analysis and fusion of collected data in a single base connecting the information on system components at all levels;
- data analysis via computer-aided learning methods without teacher: exactly these methods and algorithms show up the meaningful «grouping» of data;
- forecasting of possible failures both at components level and at the whole system level via learning methods with a teacher.

The further DREAMachine development stipulates an improvement of predictive algorithms and system capacity. The Thales company has been introducing for the last two years the technical maintenance system on condition for the France Air Force Rafale RBE2 aircraft. The designed automated platform basically uses predictive models and algorithms of equipment technical condition based on data analysis coming from built-in monitoring sensors. The algorithms that used in platform are adjusted on record of failure probability every fifth flight for each element of an equipment controlled within aircraft inventory.

The specific feature of designed platform is a determination possibility of threshold level necessary for faulty equipment replacement. Further, the platform development will be oriented towards increase of prediction accuracy of failure equipment through application of distinct set of measures of efficiency.

The Lockheed Martin company uses predictive technical maintenance in its projects such as C-130J and F-35 Lightning II. For maximizing a fail-safe performance time of C-130 aircraft, the Lockheed Martin company uses the SAS platform. Due to information from inspection sensors mounted across the cabin and data from SPTA suppliers, company engineers and service providers coming to the unified central data storage, the platform provides forecasting on aircraft assembly parts failure based on up-to-date information and product history data.

Another system developed by the Lockheed Martin company is an Automated logistics and integrated system (ALIS) for F-35 Lightning II aircraft. The ALIS is considered by the company specialists as a base for F-35 operations control which collect and analyze data on condition and technical maintenance both of separate fighters and aircraft fleet. The F-35 software package includes an application for monitoring of its technical condition, which generates messages codes on operational capability and records it in portable trusted computer. The received data from each operational aircraft comes to the unified database where the predictive and condition control system forecasts the failure probabilities and aircraft equipment remaining lifetime via computer-aided learning methods.

The development and utilization of automated platforms solving the predictive technical maintenance tasks using computer-aided learning methods, according to the leading military-industrial complex specialists, permits to increase operational quality and reliability, reduce expenses on technical maintenance operations and decrease a system (item) downtime.

Поступила 4 сентября 2019 года.

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВЕРТЫВАНИЯ ЗЕНИТНОГО РАКЕТНОГО КОМПЛЕКСА PATRIOT

© Авторы, 2019

В.И. Колесниченко доктор технических наук, профессор,
помощник зам. генерального конструктора по ПРО, ПАО «НПО «Алмаз», г. Москва
С.В. Голубчиков кандидат технических наук, доцент,
ведущий научный сотрудник, ПАО «НПО «Алмаз», г. Москва
E-mail: gsv_64@list.ru

Рассматриваются вопросы назначения, состава, современного состояния и перспектив развертывания зенитного ракетного комплекса Patriot в США, на европейском континенте и в Азиатско-Тихоокеанском регионе в рамках развития глобальной эшелонированной противоракетной обороны.

Ключевые слова: противоракетная оборона, зенитный ракетный комплекс, ракета-перехватчик, радиолокационная станция.

The article examines issues of purpose, composition, current state and development prospects of US Army Patriot air defense missile system, including its deployment on the US territory, in Europe and Asian-Pacific Region within the implementation of the European Phased Adaptive Approach (EPAА) program.

Keywords: missile defense, air defense missile system, interception missile, aerospace threats, integrated air and missile defense system.

В настоящее время правительство США реализует программу объединенной системы противовоздушной и противоракетной обороны (*Integrated Air and Missile Defense – IAMD*), которая обеспечит взаимодействие различных компонентов системы ПВО-ПРО по всему миру для надежной защиты территории США и их союзников от ракетных ударов и средств воздушно-космического нападения различных типов. Основу огневого компонента ПРО блока составят противоракетные комплексы, осуществляющие перехват на верхнем (свыше 30 км) и нижнем эшелоне (до 30 км). Перехват целей на нижнем эшелоне предполагается осуществлять зенитными ракетными комплексами (ЗРК) *Patriot*. ЗРК средней дальности *Patriot* модификаций РАС-1, РАС-2, РАС-3 предназначен для организации обороны крупных административно-промышленных центров, военно-морских и военно-воздушных баз от нападения средствами тактической авиации, а также от массированных ударов крылатых и баллистических ракет оперативно-тактического назначения в условиях сильного электронного противодействия противника.

Комплексы *Patriot* комплектуются как зенитными ракетами МІМ-104А/В различных модификаций (для поражения аэродинамических целей), так и противоракетами МІМ-104С/Д/Е и ERINT (для поражения баллистических ракет малого радиуса действия). Всего ЗРК *Patriot* находится на вооружении двенадцати стран-союзников США. Планируется поставка ЗРК *Patriot* в Польшу, Швецию, Катар, Румынию. США продолжают активное сотрудничество со странами, на территории которых развернут ЗРК *Patriot*, в целях усиления национальных систем ПВО-ПРО и повышения боевых возможностей комплекса.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Васильев В.А., Голубчиков С.В.** Создание и развертывание противоракетной обороны США и перспективы её развития до 2020 года // Вестник Академии Военных Наук. –2015, № 4(53). – С.136–144.
2. **Аксёнов С.В., Васильев В.А., Голубчиков С.В., Гуров Г.Б., Жестев М.В., Новиков В.К.** Современное состояние и перспективы развития ПРО США // Журнал «Вестник воздушно-космической обороны». – М.: ПАО «НПО «Алмаз», 2018, Выпуск 2(18). – С.125–131.
3. URL: <http://rbase.new-factoria.ru>.
4. **Васильев В.А., Голубчиков С.В., Новиков В.К.** Основы противодействия перспективным системам противоракетной обороны противника. – М.: ПБСН, 2000. – 348 с.
5. URL: <http://geimint.blogspot.ru>.
6. News release «Sweden – Patriot Configuration-3+ Modernized Fire Units», Defense Security Cooperation Agency. – February 20, 2018.
7. James Bingham, IHS Janes's Defense Weekly «South Korea aims to procure additional PAC-3 MSE interceptors», 20 February 2018.
8. Department of Defense, Contracts. February 6, 2018.
9. Missile Defense Project «Poland Seeking to Negotiate Patriot Price Tag». December 8, 2017.
10. Jen Judson. «US State Department clears Poland's \$10.5B request to buy Patriot», Defense News. November 17, 2017.
11. Lockheed Martin «Lockheed Martin, Romania Sign Agreement for PAC-3 MSE Missile». November 30, 2017.
12. News release «Romania – Patriot Air Defense System and Related Support and Equipment», Defense Security Cooperation Agency. July 11, 2017.
13. News release «Poland – Integrated Air and Missile Defense (IAMD) Battle Command System (IBCS)-enabled Patriot Configuration-3+ with Modernized Sensors and Components», Defense Security Cooperation Agency. November 17, 2017.
14. Defense Security Cooperation Agency, «United Arab Emirates (UAE) – Patriot Missile System and Related Support Equipment». May 3, 2019.
15. URL: <http://www.army-technology.com>.
16. URL: Japan, Missile Defense Advocacy Alliance. June 2018.
17. URL: Japan's BMD Update. Defense Policy Bureau, Ministry of Defense. March 19, 2014.
18. URL: Republic of Korea, Missile Defense Advocacy Alliance. June 15, 2018.
19. Зарубежная военная техника // Обзоры «НТЦ «Информтехника». Ракетная техника. – 1991, Выпуск 2(126).

CURRENT STATE AND DEPLOYMENT PROSPECTS OF PATRIOT AIR DEFENSE MISSILE SYSTEM

V.I. Kolesnichenko, S.V. Golubchikov

At present the US Government implements Integrated Air and Missile Defense (IAMD) program that will provide interaction of different air and missile defense components all over the world in order to assure reliable protection of the US territory and its allies from missile and aerospace threats of different type strike.

The missile defense systems that perform interception in upper layer (above 30 km) and lower layer (up to 30 km) form the basis of missile defense architecture.

Target interception at lower layer is provided by Patriot air defense missile systems (ADMS). The medium-range Patriot ADMS of PAC-1, PAC-2, PAC-3 modifications is intended for protection of large administrative-industrial centers, naval and air force military bases from assault of tactical aviation, massive attack of cruise and ballistic missiles (theatre ballistic missiles) in conditions of intensive enemy electronic countermeasures.

The Patriot systems equipped with MIM-104A/B missiles of different modifications (interception of aerodynamic targets) and MIM-104C/D/E and ERINT interceptors (engagement of short-range ballistic missile).

Overall, the Patriot systems are in service of 12 US-allied countries. It's planned to fulfill delivery of the Patriot ADMS to Poland, Sweden, Qatar and Romania.

The US continues active cooperation with countries where the Patriot ADMSs are deployed in order to strengthen its national air and missile defense systems and increase of the system combat capability.

Поступила 3 апреля 2019 года.

НАУЧНЫЕ РЕЦЕНЗИИ И ОТЗЫВЫ

Сечи Ф., Буджатти М. Мощные твёрдотельные СВЧ-усилители. Пер. с английского под ред. д.т.н. А.А. Султанова. – М.: ТЕХНОСФЕРА, 2018. – 416 с.

Издание осуществлено при поддержке Акционерного общества «НПП «Исток» им. Шокина».

Книга вышла в серии «Мир радиоэлектроники».

В книге рассмотрены традиционные вопросы, связанные с разработкой усилителей мощности, начиная от получения моделей приборов на большом сигнале и заканчивая исследованием сумматоров мощности и методов проектирования.

Большое внимание в издании уделено рассмотрению физических основ приборов, фазовых шумов, схем смещения и тепловому проектированию. Также в книге особое внимание уделяется рассмотрению фундаментальных принципов.

Издание затрагивает большое количество областей, связанных с физикой полупроводников и активных устройств.

Книга представляет интерес для специалистов, которые занимаются разработкой усилителей мощности для образцов сложной техники. В особенности это относится к рассмотрению проблем, связанных с фазовыми шумами, методов проектирования усилителей мощности, специальных конструкций усилителей мощности и теплового проектирования.

Также данная книга может послужить в качестве справочного пособия при углублённом изучении СВЧ-устройств.

Ефремова М.В., Иванов И.М., Курушин А.А. Моделирование СВЧ-приборов с помощью программы CST Particle Studio. – М.: СОЛОН-Пресс, 2019. – 332 с.

Рецензенты: канд. техн. наук, профессор Л.А. Белов; д-р техн. наук, профессор С.Л. Моругин.

Книга посвящена моделированию устройств с носителями зарядов. Это электронные лампы, клистроны, магнетроны, лампы бегущей волны.

Моделирование и проектирование таких приборов выполняется с помощью современных систем проектирования, в качестве которой авторами выбрана система CST STUDIO SUITE и её утилита CST *Particle Studio*.

Программа разработана основанной в 1992 году компанией CST, которая активно работает в области мультифизических САПР СВЧ.

Книга предназначена для специалистов, занятых в области проектирования электронных СВЧ приборов.