

ВЕСТНИК

воздушно-космической обороны

Научно-технический рецензируемый журнал

Выпуск № 2 (6), 2015 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:

М.А. Горбачёв, д-р техн. наук

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.В. Морозов, д-р техн. наук

В.С. Оконешников, 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

Е.М. Сухарев, д-р техн. наук, профессор

А.А. Трухачев, д-р техн. наук

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

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

Технический редактор: С.А. Лукина

Корректор: А.Н. Борзова, Н.С. Умникова

Компьютерная верстка: О.А. Пыхонина

☎ редакции (499) 940-02-22 доб. 70-19, 16-00
E-mail: aspirantura@gskb.ru

► **Первая Всероссийская научно-техническая конференция
«Расплетинские чтения»**

Секция «Антенная техника и СВЧ-электроника»

А.О. Маничев, А.С. Кондратьев, В.А. Балагуровский

*Фазовый синтез нулей в диаграмме направленности
реальной фазированной антенной решётки* 8

Д.С. Махов, А.Н. Новиков

*Расчёт диаграммы направленности неэквидистантной антенной
решётки с использованием аппарата теории нечётких множеств* 13

В.Ю. Мякинков, В.Ф. Губарев, Ю.Б. Рудый, Д.А. Ковтунов

А.С. Калинин, С.И. Футьянов, А.Н. Рабодзей
*Приёмопередающий модуль доплеровского измерителя скорости,
угла сноса и высоты для современных самолётов* 17

А.Н. Новиков, Д.С. Махов

*Определение параметров адаптивной антенной решётки
на основе аналитического представления среднеквадратического
отклонения спектров широкополосных сигналов* 22

В.И. Плешивцев, Т.И. Градова

*Оптимизация элементов диапазонных СВЧ-приёмников,
улучшающая помехозащищённость РЛС* 26

М.Ю. Пономарёв, В.В. Шубников

*Расширение области достоверного восстановления диаграмм
направленности исследуемых антенн на стендах ближнего поля за счёт
использования новых алгоритмов обработки экспериментальных данных* 34

А.А. Рабинов, А.Ю. Цыцарев

Особенности создания малошумящих синтезаторов частот СВЧ-диапазона 37

И.Н. Ростокин, Е.В. Матвиенко, А.А. Липин

*Разработка фильтрующих структур
для формирователя сигналов гетеродина и передатчика* 41

А.Н. Секистов, А.А. Семёнов, А.Е. Туманская, Ю.Э. Чернявский

*Антенный элемент проходной ФАР
с излучателями невыступающего типа* 46

А.Т. Силкин, А.А. Трофимов

*Применение РЛС азростатного базирования для наращивания
маловысотного радиолокационного поля в системе
воздушно-космической обороны* 54

А.А. Скрипко, А.С. Волков, А.С. Кузнецов

*Особенности конструирования мощных трансформаторов
и выпрямителей передающих устройств* 58

Вестник воздушно-космической обороны:
Научно-технический журнал/
ОАО «ГСКБ «Алмаз-Антей», 2015 г.
№ 2(6). С. 1–132

Подписано в печать 29.06.2015 г.
Формат 60×84 1/8. Бумага офсетная.
Усл. печ. л. 7,2. Тираж 1000 экз.
Заказ

Отпечатано в ООО «Галлея-Принт»
111024, г. Москва, ул. 5-я Кабельная, 2Б

Свидетельство о регистрации:
ПИ № ФС77-54081

Учредитель: Открытое акционерное общество
«Главное системное конструкторское бюро
Концерна ПВО «Алмаз-Антей»
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»

© ОАО «ГСКБ «Алмаз-Антей», 2015

ISSN 2311-830X

Цена за 1 экз. – 600 руб.

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

А.А. Тарасов
Выбор весовой функции для реализации адаптивной антенной решётки 62

Секция «Системы противоракетной обороны»

А.Б. Афонькин
Оптимальное управление летательным аппаратом при наведении на маневрирующую цель с учётом случайных возмущений 65

С.В. Голубчиков
Основы методики оценки эффективности перспективной системы противоракетной обороны США 70

А.С. Жебраков, В.А. Поршнев, В.В. Сафронов, Д.П. Тетерин
Автоматизированное рабочее место оператора управления средствами воздушно-космической обороны 75

А.М. Карачевцев, О.Н. Корощупов
Перспективы совершенствования методов астрорефрактометрии и применения их в высокоточных средствах противоастероидной защиты 78

К.М. Кузнецов
Основные положения методики расчёта кинематических параметров осколочных полей боевой части аксиально-радиального действия 84

Е.Н. Панов, В.А. Сорокин, В.К. Горбунов
Построение высокоточного цифрового следящего привода для РЛС контроля космического пространства на базе VХI-модулей и ШИМ-регуляторов тока. Перспективы применения 89

В.В. Пятков, П.В. Васильев, А.В. Мелешко
Методика оценки влияния ошибок первичных измерителей инерциальной навигационной системы высокоскоростного перехватчика дальнего действия на точность оценки её координат 93

В.В. Сафронов, А.А. Северов, Д.П. Тетерин
Выбор наилучшего варианта системы подготовки и пуска летательных аппаратов на основе метода гипервекторного ранжирования 99

В.В. Фацев
Обработка методов селекции 105

► Проблемные вопросы построения систем и средств ВКО

Е.Ю. Брежнев, В.Н. Самусенко
Влияние эксплуатационно-технических характеристик образцов вооружения и военной техники на соотношения боевых потенциалов сторон в ходе боевых действий 107

А.К. Красников, Н.С. Щербаков
Система массового обслуживания с деградацией 112

► Исследования в сфере проектно-конструкторских и технологических работ

С.Н. Остапенко, С.В. Лушин
Ключевые проблемы реализации «бережливого» жизненного цикла специальной продукции 117

► Аналитические исследования зарубежного опыта

В.В. Жестков, А.Е. Свистунов, В.А. Кульбякина
Проведение первых стрельбовых испытаний наземного комплекса ПРО AEGIS ASHORE 121

В.В. Жестков, А.Е. Свистунов, В.А. Кульбякина
Проведение серии испытаний системы ПРО AEGIS новой модификации, противоракеты ПВО-ПРО SM-6 и новой системы управления огнём средств ПВО ВМС США NIFC-CA 124

В.В. Жестков, А.Е. Свистунов, В.А. Кульбякина
Развитие программы создания нового корабельного РЛК AMDR 128

► Научные рецензии и отзывы 132

CONTENTS

► The first all – Russia Scientific and Technical Conference «Raspletin's Readings»

Section «Antenna Equipment and Microwave Electronics»

A.O. Manichev, A.S. Kondratiev, V.A. Balagurovskiy

*Phase-only synthesis of nulls in the radiation pattern
of a real phased array antenna 8*

D.S. Mahov, A.N. Novikov

Nonuniform antenna array directional pattern analysis using fuzzy-set theory 13

**V.U. Myakinkov, V.F. Gubarev, Yu.B. Rudyy, D.A. Kovtunov,
A.S. Kalinin, S.I. Futiyanov, A.N. Rabodzey**

Transmit-receive module of doppler navigator for present aircraft 17

A.N. Novikov, D.S. Mahov

*Adaptive antenna array parameterization on the base of analytical representation
of mean-square deviation of wideband signals spectrum 22*

V.I. Pleshivcev, T.I. Gradova

*Variable-frequency microwave receivers elements optimization
for radar immunity improvement 26*

M.U. Ponomarev, V.V. Shubnikov

*Enlarging of directional patterns reliable recovery domain of tested antennas
on nearfield stands by implementation of new processing algorithms
of experimental data 34*

A.A. Rabinov, A.Y. Tsytarev

Design features of low-noise microwave frequency synthesizers 37

I.N. Rostokin, E.V. Matvienko, A.A. Lipin

*Filtering structures design for heterodyne oscillator and transmitter
signal conditioner 41*

A.N. Sekistov, A.A. Semenov, A.E. Tumanskaya, U.E. Chernyavskiy

Feedthrough phased antenna array element with non-protrusive radiators 46

A.T. Silkin, A.A. Trofimov

*Aerostat radar application for low-altitude radar field
extension in aerospace defense system 54*

A.A. Skripko, A.S. Volkov, A.S. Kuznetsov

*Constructional design features of transmitting devices
high-power transformers and rectifiers 58*

A.A. Tarasov

Weight function selection for adaptive antenna array development 62

Section «Missile defense system»

A.B. Afonkin

*Vehicle optimal control and guidance on maneuvering target
subject to random disturbances 65*

S.V. Golubchikov

*Estimation technique principles of the us advanced missile
defense system effectiveness 70*

A.S. Zhebrakov, V.A. Porshnev, V.V. Safronov, D.P. Teterin

Aerospace defense operator's work station 75

A.M. Karachevtcev, O.N. Koroshchupov Updating prospects of astrometry methods and its application in high-accuracy anti-asteroid safeguard means	78
K.M. Kuznetsov Kinematic parameters calculation technique key points of warhead fragmentation fields of axial-radial effect	84
E.N. Panov, V.A. Sorokin, V.K. Gorbunov High-accuracy digital follow-up driver designing for space surveillance system on the base of VXI-modules and PDM-current controllers. Application prospects	89
V.V. Pyatkov, P.A. Vasiliev, A.V. Meleshko Errors effect assessment procedure of navigational system primary indicators of long-range intercept aircraft for estimation accuracy of its coordinates	93
V.V. Safronov, A.A. Severov, D.P. Teterin Selection of the best variant for aerial vehicles preparation and launch system basing on hyper-vector ranking method	99
V.V. Fashchev Discrimination methods optimization	105
► Topical issues on Aerospace defense systems and elements arrangement	
E.Y. Brezhnev, V.N. Samusenko Influence of operational technical characteristics of samples of arms and military equipment on the ratio of combat potential of the parties during combat operations	107
A.K. Krasnikov, N.S. Shcherbakov Queueing systems with degradation	112
► Design-engineering and technological research works	
S.N. Ostapenko, S.V. Lushin Key realization issues of special-purpose items «Lean» life cycle	117
► Foreign experience analytic research	
V.V. Zhestkov, A.E. Svistunov, V.A. Kulbyakina AEGIS ASHORE (Ground-based AEGIS ASHORE missile defense system first firing test)	121
V.V. Zhestkov, A.E. Svistunov, V.A. Kulbyakina Serial firing tests of the new modification AEGIS missile defense system, SM-6 interceptor and Naval Integrated Fire Control-Counter Air system	124
V.V. Zhestkov, A.E. Svistunov, V.A. Kulbyakina Ship-based air and missile defense radar program development	128
► Scientific reviews and reference	132

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

Все дальше в историю уходят тяжелые годы ВЕЛИКОЙ ОТЕЧЕСТВЕННОЙ ВОЙНЫ. Войны, отмеченной сверхчеловеческим напряжением всего народа, Войны, навеки сохранившей в наших сердцах подвиг победителей, Войны, принесшей огромные жертвы, память о которых живет и будет жить вечно.

Сегодня мы говорим спасибо ветеранам, воинам фронта и труженикам тыла. Мы благодарим их за стойкость и мужество, за патриотизм и преданность РОДИНЕ, за героизм и нечеловеческие усилия, приведшие к ВЕЛИКОЙ ПОБЕДЕ.



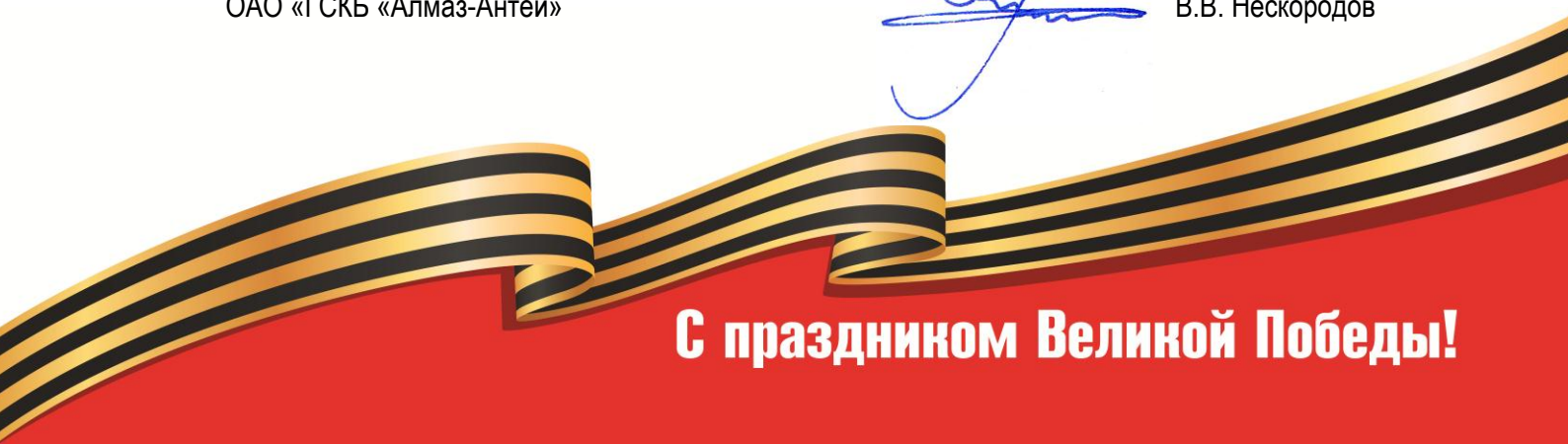
Дорогие ветераны!

В знаменательную годовщину **70-летия ПОБЕДЫ В ВЕЛИКОЙ ОТЕЧЕСТВЕННОЙ ВОЙНЕ** организация-учредитель, редакционная коллегия и авторы журнала «Вестник воздушно-космической обороны» выражают Вам самые горячие и искренние поздравления с пожеланием доброго здоровья, долголетия, благополучия и мирного неба!

С уважением,

Генеральный директор
ОАО «ГСКБ «Алмаз-Антей»

В.В. Нескородов



С праздником Великой Победы!



К 80-ЛЕТИЮ А.А. ЛЕМАНСКОГО

24 мая 2015 года исполняется 80 лет со дня рождения Александра Алексеевича Леманского.

Профессор А.А. Леманский крупный учёный в области радиолокации. Им создана отечественная научная школа теории и техники многофункциональных адаптивных РЛС зенитных ракетных систем и комплексов на базе фазированных антенных решёток, высокопроизводительных вычислительных средств, перестраиваемых СВЧ-приборов.

Почти восемь лет как не стало А.А. Леманского, но его неординарные идеи продолжают реализовываться в новых разработках специальной техники.

Александр Алексеевич Леманский родился в 1935 году в Москве. Его большие способности проявились достаточно рано. В 1953 году он заканчивает школу с золотой медалью (ныне эта школа носит его имя). Высшее образование он получил в Московском физико-техническом институте, который окончил в 1959 году, получив диплом с отличием. Еще учась в МФТИ, в 1956 году он пришёл работать в ОАО «ГСКБ «Алмаз-Антей» (в то время – Специальное бюро № 1), в котором прошёл все этапы служебной лестницы: техник, инженер, старший инженер, начальник группы, отдела, научно-исследовательского отделения, заместитель главного конструктора, главный конструктор, первый заместитель генерального конструктора. В мае 1998 года он становится генеральным конструктором предприятия.

На формирование личности Александра Алексеевича Леманского как специалиста большое влияние оказал выдающийся конструктор, лауреат Ленинской премии, доктор технических наук, профессор Лев Николаевич Захарьев, которого А.А. Леманский считал своим учителем и под руководством которого он работал вплоть до 1975 года.

Пройдя такую прекрасную школу, обладая личными незаурядными способностями и под влиянием таких знаковых фигур как академики Александр Андреевич Расплетин и Борис Васильевич Бункин, с которыми Александр Алексеевич Леманский плодотворно работал, он сформировался как крупный учёный.

В 1964 году он защитил кандидатскую диссертацию по результатам исследований в области дифракции на слабо рассеивающих (так называемых «чёрных») телах, каковыми являются слабозаметные воздушные цели. Эти исследования были своего рода предвидением появления в будущем целей-«невидимок». Обладая глубоким пониманием этой проблемы, уже на посту генерального конструктора он решил задачу эффективного перехвата этих целей.

В 1974 году он становится доктором технических наук. В докторской диссертации нашли отражения его новые нетривиальные исследования в области электродинамики периодических структур и принципов построения фазированных антенных решёток с высокими характеристиками.

При непосредственном участии А.А. Леманского на всех этапах его научно-производственной деятельности получены фундаментальные научно-технические результаты, изложенные в более чем 150 научно-технических работах, в том числе в 5-ти монографиях (одна переведена в США) и 40 авторских свидетельствах на изобретения и патентах.

За время работы на предприятии А.А. Леманским получен ряд основополагающих научных и практических результатов, основными из которых являются:

- разработка принципов адаптивного управления пространственными и частотно-временными характеристиками многофункциональных помехозащищённых РЛС зенитных ракетных систем с применением новейшей элементной базы;
- разработка теории и создание образцов фазированных антенных решёток (ФАР), обеспечивающих адаптацию РЛС к сложным помеховым условиям, управление поляризацией зондирующих сигналов РЛС;
- обоснование построения твёрдотельных приёмно-передающих активных ФАР сантиметрового диапазона волн;
- разработка новых методов и средств автоматизированного контроля ФАР, а также проектирование радиоэлектронной аппаратуры на матричных БИС и СБИС.

Среди достижений А.А. Леманского по разработке и применению современной элементной базы, имеющих первостепенное значение для создания зенитных ракетных систем (ЗРС), следует отметить разработку антенных элементов ФАР для всего ряда модификаций системы семейства С-300П, а также для системы С-400 «Триумф».

Под его руководством и при непосредственном участии были разработаны антенные элементы, а также необходимая для них элементная база и новые материалы: СВЧ-ферриты, низкочастотные ферриты для ферритовых фазовращателей, ситалл для излучателей антенных элементов, однокристалльные микросхемы для управления ферритовыми фазовращателями, объединяющие в себе маломощные логические элементы с мощными ключевыми схемами.

За разработку теории, экспериментальные исследования и освоение промышленного производства ФАР А.А. Леманский удостоен Государственной премии СССР (1978). Высокие технические и эксплуатационные характеристики ФАР систем семейства С-300П в значительной мере обеспечили приоритетный уровень этих систем, что признано в нашей стране и за рубежом.

Результаты работ А.А. Леманского в области создания зенитных ракетных систем, обладающих высокой помехозащищённостью, отмечены Академией наук СССР премией «Золотая медаль имени академика А.А. Расплетина» (1987).

За личные заслуги в разработке приоритетных направлений науки и техники, способствующие научному и технологическому прорыву, а также обеспечение лидерства нашей страны в научном мире А.А. Леманский был удостоен почётного звания «Заслуженный деятель науки Российской Федерации» (1997).

С конца 80-х годов А.А. Леманский осуществляет руководство разработкой не имеющей аналогов в мире зенитной ракетной системы нового поколения С-400 «Триумф». В процессе разработки в систему были внедрены новейшие научные и технические решения в вычислительной технике, электронике, радиолокации. Система С-400 «Триумф» была принята на вооружение 28 апреля 2007 года.

При создании этой ЗРС при непосредственном участии и под руководством А.А. Леманского были осуществлены работы по созданию:

- для наземного и бортового передающих устройств Х-диапазона – цепочек электровакуумных приборов с широтой мгновенной полосы частот, генераторов на поверхностных акустических волнах, цифрового синтезатора частот;
- для устройства обработки сигналов – цифровых БИС и СБИС памяти и процессоров обработки сигналов;
- для бортовой ЭВМ – БИС процессора и сопроцессора;
- для антенного устройства – БИС для адаптивного управления поляризацией зондирующих сигналов.

В последние годы жизни А.А. Леманский руководил разработкой перспективных РЛС с сигналами наносекундной длительности и высокопотенциальных РЛС зенитных ракетных систем следующего поколения на основе адаптивных активных фазированных антенных решёток.

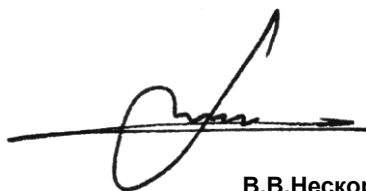
Наряду с непосредственной практической деятельностью А.А. Леманский много времени уделял научно-методической и педагогической работе. В течение ряда лет он был заместителем председателя Межведомственного координационного совета, редактором сборника научно-методических статей издательства «Радио и связь», являлся членом и председателем ряда диссертационных советов, председателем НТС предприятия.

Много времени и сил А.А. Леманский отдавал подготовке молодых специалистов. Более 30 лет он читал лекции в Московском физико-техническом институте, с 1999 по 2007 год являлся заведующим кафедрой «Радиолокация, радиоуправление и информатика» Факультета радиотехники и кибернетики.

А.А. Леманский прожил яркую, насыщенную, но, к сожалению, не очень продолжительную жизнь. Сердце не выдержало сверхчеловеческих эмоциональных и физических нагрузок. Он скоропостижно скончался 27 сентября 2007 года на полигоне в ходе испытаний новых образцов ЗРС.

За большой вклад в повышение обороноспособности страны А.А. Леманский посмертно был награждён орденом «За заслуги перед отечеством» IV-ой степени.

Вся жизнь Александра Алексеевича Леманского – образец служения долгу. Талант выдающегося учёного и организатора науки, эрудицию, глубочайшую компетентность – все это он сполна посвятил Отчизне.



В.В. Нескородов,
генеральный директор,
ОАО «ГСКБ «Алмаз-Антей»

ПЕРВАЯ ВСЕРОССИЙСКАЯ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ «РАСПЛЕТИНСКИЕ ЧТЕНИЯ»

СЕКЦИЯ «АНТЕННАЯ ТЕХНИКА И СВЧ-ЭЛЕКТРОНИКА»

УДК 621.396.67

ФАЗОВЫЙ СИНТЕЗ НУЛЕЙ В ДИАГРАММЕ НАПРАВЛЕННОСТИ РЕАЛЬНОЙ ФАЗИРОВАННОЙ АНТЕННОЙ РЕШЁТКИ

© Авторы, 2015

А.О. Маничев кандидат технических наук,
начальник отдела, ОАО «ГСКБ «Алмаз-Антей», г. Москва
А.С. Кондратьев кандидат технических наук, старший научный сотрудник,
главный специалист направления, ОАО «ГСКБ «Алмаз-Антей», г. Москва
E-mail: KondratyevAS@mail.ru

В.А. Балагуровский
начальник СКБ, ОАО «ГСКБ «Алмаз-Антей», г. Москва

Рассмотрена задача фазового формирования нулей в диаграмме направленности (ДН) фазированной антенной решётки (ФАР) в заданных направлениях. Проанализировано влияние основных факторов, ограничивающих возможности фазового синтеза нулей ДН. Предложены варианты реализации эффективного алгоритма формирования нулей ДН в зависимости от параметров реальной ФАР.

Ключевые слова: фазовый синтез, нуль, диаграмма направленности, антенная решётка.

The problem of the phase-only formation of deep nulls of the radiation pattern of a phased array antenna in prescribed directions is considered. The influence of the main factors limiting the capabilities of the phase-only synthesis of pattern nulls is analyzed. Variants of implementation of an efficient algorithm for formation of the pattern nulls depending on the parameters of a real array are proposed.

Keywords: phase-only synthesis, null, radiation pattern, array antenna.

В статье рассматривается проблема повышения помехозащищённости путём фазового формирования пониженных уровней диаграммы направленности (ДН) в заданных направлениях фазированной антенной решётки (ФАР), часто называемая в литературе задачей фазового синтеза нулей ДН.

При формировании нулей ДН заданной глубины и ширины необходимо учитывать такие факторы, как влияние дискретности фазовращателей, наличие случайных искажений амплитудно-фазового распределения (АФР), степень возмущения исходной ДН, скорость расчёта синтезированного распределения. Наличие нескольких одновременно действующих факторов, в общем случае противоречащих друг другу, ставит задачу многокритериального выбора наиболее подходящего метода синтеза. Однако в обширной литературе, посвящённой вопросам фазового синтеза нулей, эти факторы во всей полноте, как правило, не рассматриваются. Поэтому большой практический интерес представляет систематизированное описание влияния всей совокупности этих факторов и рекомендации по выбору методов формирования нулей для конкретной практической ситуации.

Необходимо отметить, что хотя требования к решению задачи синтеза можно считать в большинстве случаев неизменными, пути их реализации в существенной степени различаются в зависимости от заданного уровня нулей ДН. Условную границу удобно провести по фоновому уровню ДН, возникающему в связи с наличием случайных искажений амплитуд и фаз возбуждений элементов, неизбежно

присутствующих в любой реальной ФАР. Если заданный уровень нулей ДН лежит выше фоновому уровню, то можно воспользоваться результатами сравнительного анализа методов в «детерминированной» постановке задачи (когда считается, что управление АФР осуществляется без ошибок или искажений). В ситуации, когда заданный уровень формируемых нулей лежит ниже фоновому уровню, можно применять недавно предложенные эффективные методы с использованием измеренных значений ДН в направлениях формируемых нулей. При этом ряд требований, предъявляемых к используемому алгоритму, меняется. В статье рассматриваются основные критерии, предъявляемые к методам фазового синтеза в каждом из этих случаев. На основе моделирования проводится аналитическое сравнение различных подходов, и вырабатываются рекомендации по организации наиболее эффективного пути формирования нулей заданного уровня в ДН реальных ФАР.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Vescovo R.** Consistency of Constraints on Nulls and on Dynamic Range Ratio in Pattern Synthesis for Antenna Arrays // *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*. Oct 2007. vol. 55. №10. – P.2662–2670.
2. **Steyskal H.** Simple Method for Pattern Nulling by Phase Perturbation // *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*. January 1983. vol. AP-31. №1. – P.163–166.
3. **Shore R.A.** Nulling at Symmetric Pattern Location with Phase-Only Weight Control // *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*. May 1984. vol. AP-32. №5. – P.533.
4. **Маничев А.О., Кондратьев А.С.** Сравнительный анализ методов фазового синтеза нулей в диаграмме направленности фазированной антенной решётки // *Журнал Антенны*. – М.: Изд-во Радиотехника, 2011, №9. – С.3–25.
5. **Кондратьев А.С.** Итерационный метод фазового синтеза антенных решеток // рукопись депонирована в ВИНТИ 28.09.87. № 6811-B87. – 25 с.
6. **Маничев А.О., Кондратьев А.С., Балагуровский В.А.** Оптимизация порядка выбора элементов в покоординатном методе фазового синтеза нулей в диаграмме направленности фазированной антенной решётки // *Журнал Антенны*. – М.: Изд-во Радиотехника, 2008, №12(139). С.19–29.
7. **Балагуровский В.А., Вавилов В.А., Кондратьев А.С., Маничев А.О., Полищук Н.П.** Метод формирования глубоких нулей в диаграмме направленности фазированной антенной решётки, устойчивый к случайным искажениям амплитудно-фазового распределения // *Журнал Антенны*. – М.: Изд-во Радиотехника, 2008, №6(133). – С.23–30.
8. **Корниенко Л.Г., Фединчик С.И.** К вопросу о синтезе остронаправленных антенн с глубокими провалами в диаграмме направленности // *Журнал Радиотехника и электроника*. – М.: Изд-во Наука, 1980, том 25, №5. – С.940–947.
9. **Должиков В.В., Рыбалко А.М.** Метод статистического синтеза антенных решёток с широкими провалами в диаграмме направленности // *Журнал Радиоэлектроника*. – М.: Изд-во Радиотехника, 1998, №11. – С.55–61.
10. **Балагуровский В.А., Вавилов В.А., Кондратьев А.С., Маничев А.О.** Способ фазового формирования нулей в диаграмме направленности фазированной антенной решётки: пат. 2373620 РФ. №2008106063/09; заявл. 20.02.2008; опубл. 20.11.2009, Бюл. №32. – 8 с.
11. **Маничев А.О., Балагуровский В.А., Кондратьев А.С.** Способ фазового формирования нулей в диаграмме направленности фазированной антенной решётки: пат. 2414780 РФ. №2009115064/07; заявл. 20.04.2009; опубл. 20.03.2011, Бюл. №8. – 11 с.
12. **Маничев А.О., Кондратьев А.С., Балагуровский В.А.** Методы фазового формирования расширенных глубоких нулей в диаграмме направленности фазированной антенной решётки со случайными искажениями амплитудно-фазового распределения // *Журнал Антенны*. – М.: Изд-во Радиотехника, 2009, №9(148). – С.17–28.
13. **Маничев А.О.** Оптимизация покоординатного метода фазового синтеза нулей в диаграмме направленности фазированной антенной решётки со случайными искажениями амплитудно-фазового распределения // *Журнал Антенны*. – М.: Изд-во Радиотехника, 2012, №2. – С.6–12.
14. **Smith P.G.** Measurement of the Complete Far-Field Pattern of Large Antennas by Radio-Star Sources // *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*. January 1966. vol. AP-14. №1. – P.6–16.

PHASE-ONLY SYNTHESIS OF NULLS IN THE RADIATION PATTERN OF A REAL PHASED ARRAY ANTENNA

A.O. Manichev, A.S. Kondratiev, V.A. Balagurovskiy

The article considers the problem of enhancement of interference protection capability by means of the phase-only formation of reduced pattern levels in prescribed directions in the radiation pattern of a phased array antenna (PAA), which is frequently called in the literature the problem of the phase-only synthesis of nulls (in fact, deep gaps) in the PAA radiation pattern.

In formation of the pattern nulls of given depth and width, it is necessary to consider the following factors: the influence of phase quantization errors of discrete phase shifters, the presence of irregular distortions of amplitude-phase distribution (APD), the degree of distortions of the quiescent pattern, and the speed of calculation of the synthesized distribution. The presence of simultaneously acting factors, which generally contradict one another, poses a problem of the multi-criteria choice of the most appropriate synthesis method. However, in voluminous literature dedicated to the phase-only null synthesis problems, the effect of the combined action of these factors is usually not fully analyzed. Therefore, of great practical importance is description of the influence of all these factors and formulation of guidelines for application of phase-only nulling methods for particular practical situations.

It should be noted that, though requirements on solution of the synthesis problem are the same in most practical cases, the ways of implementation of the results of this solution may differ substantially, depending on the required level of pattern nulls. It is advisable to consider the pattern background level arising due to the presence of irregular distortions of amplitudes and phases of excitation elements, which inevitably present in any real PAA. If the required level of pattern nulls is above the background level, we can use the results of the comparative analysis of phase-only synthesis methods in the «deterministic» formulation of the synthesis problem (when it is assumed that the control of the APD is carried out without errors and distortions). In the situation where the required level of formed nulls is below the background level, we can implement recently proposed effective methods using measured values of the radiation pattern in directions of formed nulls. In this case, some requirements imposed on the algorithm are changed. The article considers the main criteria of application of the phase-only synthesis methods for each case. An analytical comparison of different methods on the basis of simulation is performed; recommendations on selection of the most efficient nulling method for a given level of pattern nulls of a real PAA are formulated.

РАСЧЁТ ДИАГРАММЫ НАПРАВЛЕННОСТИ НЕЭКВИДИСТАНТНОЙ АНТЕННОЙ РЕШЁТКИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АППАРАТА ТЕОРИИ НЕЧЁТКИХ МНОЖЕСТВ

© Авторы, 2015

Д.С. Махов кандидат технических наук,
начальник научно-исследовательской лаборатории научно-исследовательского центра,
ФГКВОУ ВПО «Военная академия РВСН им. Петра Великого», г. Москва
E-mail: astramanus@mail.ru

А.Н. Новиков кандидат технических наук,
научный сотрудник научно-исследовательской лаборатории научно-исследовательского центра,
ФГКВОУ ВПО «Военная академия РВСН им. Петра Великого», г. Москва
E-mail: band31@mail.ru

Проведены исследования синтеза диаграммы направленности трапециевидной линейной антенной решётки методом наименьших квадратов при изменении высоты трапеции и количества излучателей, образующих её боковые стороны. Проведено сравнение с дуговой антенной решёткой сопоставимых размеров. Проведён анализ требований к диаграмме направленности и выбор компромиссного решения на основе применения элементов теории нечётких множеств.

Ключевые слова: антенная решётка, трапеция, среднее квадратическое отклонение, диаграмма направленности, амплитудно-фазовое распределение, функция принадлежности.

The directional pattern synthesis analysis of the tapered (trapezoid) linear antenna array using the least-squares method at changing of trapeze height and radiating elements amount forming its side faces were carried out. The comparison with arc antenna array of comparable sizes was conducted. The requirement analysis to directional pattern and trade-off decision selection on the base of fuzzy-set theory elements application was fulfilled.

Keywords: antenna array, trapeze, mean-square deviation, directional pattern, amplitude-phase distribution, membership function.

При проектировании современных антенных систем к ним предъявляются всё более строгие требования, характеризующие свойства направленности, широкополосности, многофункциональности и т.д. В частности, в задачах синтеза антенных решёток фигурируют требования к коэффициенту направленного действия, уровню боковых лепестков диаграммы направленности, среднее квадратическое отклонение синтезируемой диаграммы направленности от желаемой. Данные и другие требования, предъявляемые к диаграмме направленности антенной решётки, зачастую являются противоречивыми, что значительно усложняет решение задачи синтеза и накладывает определенные ограничения. Кроме того, актуальным вопросом остается требование к определению координат излучателей антенной решётки по заданной диаграмме и их неэквидистантное размещение.

Для получения компромиссного решения ввиду множества строгих требований и ухода от ограничений может быть предложен аппарат теории нечётких множеств. Суть применения данного аппарата в решении задач синтеза сводится к тому, чтобы рассмотреть требования к диаграмме в виде множеств на пространстве возможных решений задачи синтеза и путём нечётких логических операций определить решение задачи, являющееся компромиссом предъявляемых требований. С учётом того, что неэквидистантное расположение излучателей позволяет снизить уровень боковых лепестков диаграммы направленности и избежать интерференционных максимумов, требование к расположению излучателей является актуальным при построении интеллектуальных антенных систем и современных антенных решёток.

В статье рассмотрено решение задачи аппроксимационного синтеза диаграммы направленности антенной решётки неравномерно расположенных излучателей на основе применения функций принадлежности нечётких множеств расположения излучателей на множестве значений координат. Проведены исследования влияния различных конфигураций антенной решётки на характеристики направленности и энергетику антенной решётки, выраженные нечёткими множествами.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Ерохин Г.А., Кочержевский Г.Н., Козырев Н.Д.** Антенно-фидерные устройства: Учебник для вузов. – М.: Радио и связь, 1989. – 352 с.
2. **Кофман А.** Введение в теорию нечётких множеств. – М.: Радио и связь, 1982. – 147 с.
3. **Махов Д.С., Мищенко С.Е.** Метод синтеза антенной решетки по требованиям к форме диаграммы направленности и вариации нормы тока в раскрыве // Журнал Антенны. – М.: Изд-во Радиотехника, 2009, № 12. – С.60–67.

NONUNIFORM ANTENNA ARRAY DIRECTIONAL PATTERN ANALYSIS USING FUZZY-SET THEORY

D.S. Mahov, A.N. Novikov

The designing works of the modern antenna systems stipulate more severe requirements which specify the directivity, broadbandness, multifunctionality properties etc. In particular, there are requirements to directivity gain, directional pattern side lobes level, mean-square deviation of synthesized directional pattern from desired one in antenna arrays synthesis tasks. These and other requirements to antenna array directional pattern are often contradictory that considerably complicate the synthesis problem solving and impose certain restrictions. Besides, the vital question is still the requirement for antenna array transmitters positioning at defined pattern and its space tapering.

To get the trade-off solution considering the variety strict requirements and restrictions avoiding the fuzzy-set theory can be proposed. The main point of its implementation in synthesis problem solution is to analyze requirements to the pattern in terms of multiplicity of possible solutions of the synthesis task and to determine by means of fuzzy logical operations the problem solving which is the compromise to imposed requirements. Allow for the fact that transmitters space tapering permits to decrease the directional pattern side lobes level and avoid the diffraction maximum the requirement to transmitters positioning is relevant during construction of smart antenna systems and up-to-date antenna arrays.

The article examines the problem solution of antenna array directional pattern approximating synthesis of nonuniformly positioned transmitters based on membership functions implementation (of transmitters positioning fuzzy set) on coordinate range space. The different antenna array configurations influence on directivity characteristic and antenna array energy expressed as fuzzy set were researched.

ПРИЁМОПЕРЕДАЮЩИЙ МОДУЛЬ ДОПЛЕРОВСКОГО ИЗМЕРИТЕЛЯ СКОРОСТИ, УГЛА СНОСА И ВЫСОТЫ ДЛЯ СОВРЕМЕННЫХ САМОЛЁТОВ

© Авторы, 2015

В.Ю. Мякинков кандидат технических наук,
начальник НПК, АО «НПП «Исток» им. Шокина», г. Фрязино
E-mail: istok-npk-17@mail.ru

В.Ф. Губарев кандидат технических наук,
начальник лаборатории, АО «НПП «Исток» им. Шокина», г. Фрязино
E-mail: istok-npk-17@mail.ru

Ю.Б. Рудый
начальник лаборатории, АО «НПП «Исток» им. Шокина», г. Фрязино
E-mail: yubrudyu@istokmw.ru

Д.А. Ковтунов кандидат технических наук,
ведущий научный сотрудник, АО «НПП «Исток» им. Шокина», г. Фрязино
E-mail: istok-npk-17@mail.ru

А.С. Калинин
инженер, АО «НПП «Исток» им. Шокина», г. Фрязино
E-mail: istok-npk-17@mail.ru

С.И. Футьянов
ведущий инженер, АО «НПП «Исток» им. Шокина», г. Фрязино
E-mail: istok-npk-17@mail.ru

А.Н. Рабодзей кандидат технических наук,
ведущий инженер, АО «НПП «Исток» им. Шокина», г. Фрязино
E-mail: a_rabodzey@mail.ru

Приведены результаты разработки твердотельного приёмопередающего СВЧ-модуля, работающего в импульсном режиме и предназначенного для формирования и передачи на входы антенно-фидерного устройства СВЧ-сигнала с синусоидально-модулированной частотой излучения (4 передающих канала с выходной мощностью до 0,75 Вт каждый), а также приёма от антенно-фидерного устройства СВЧ-сигнала, преобразования спектра принятого сигнала на промежуточную частоту, усиления его и передачи в модуль цифровой обработки. В модуле применена современная элементная база на основе гибридно-монокристаллических элементов, разработанных в АО «НПП «Исток» им. Шокина».

Ключевые слова: доплеровский измеритель скорости, угла сноса и высоты, приёмопередающий модуль, СВЧ, высокая надёжность.

The design results of solid-state transmit-receive microwave module operating in pulse mode were performed. The module is designed for generation and transmission to antenna-feeder device of microwave signal with sinusoidal-modulated radiation frequency (4 transmitting channels with output power of 0,75 W each) and receiving of microwave signal from antenna-feeder device, spectrum conversion of received signal to intermediate frequency, its amplification and transmitting to the digital processing module. The modern hardware components on the base of hybrid-monolithic cells were used in the module, designed by the JSC «R&PC «Istok» named after A.I. Shokin».

Keywords: doppler navigator, transmit-receive module, microwave, high reliability.

Приведены результаты разработки твердотельного приёмопередающего СВЧ-модуля, работающего в импульсном режиме и предназначенного для формирования и передачи на входы антенно-фидерного устройства СВЧ-сигнала с синусоидально модулированной частотой излучения повышенного уровня мощности (4 передающих канала с выходной мощностью до 0,75 Вт каждый), а также приёма от антенно-фидерного устройства СВЧ-сигнала, преобразования спектра принятого сигнала на промежуточную частоту, усиления его и передачи в модуль цифровой обработки.

Конструктивно приёмопередающий СВЧ-модуль (МПП-021) состоит из: передающего тракта, приёмного тракта, контрольного канала, схемы формирования управляющих напряжений для р-і-п переключателей и ключей, схемы формирования контрольных сигналов.

С целью повышения надёжности и улучшения электрических параметров основных тактико-технических характеристик в модуле применена современная элементная база на основе гибридно-монокристаллических элементов, разработанных во ФГУП «НПП «Исток».

По сравнению с ранее разработанными передающими и приёмопередающими СВЧ-модулями аналогичного применения модуль СВЧ имеет повышенную выходную мощность, высокую надёжность и малые габариты.

Модуль предназначен для доплеровского измерителя составляющих скорости, угла сноса и высоты современных самолётов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Мальцев В.А., Мякинков В.Ю., Рудый Ю.Б., и др. Передающий модуль СВЧ для доплеровского измерителя скорости и дальности программы «Фобос – Грунт» // Научно-технический сборник «Электронная техника», Сер. 1, «СВЧ – техника». – Московская обл., г. Фрязино, ОАО «НПП «Исток» им. Шокина, 2009, вып.3(502). – С.27–35.
2. Алексеенко А.М., Мякинков В.Ю., Новоселец И.В., и др. Генераторный модуль для когерентного радиовысотомера малых высот, работающего в режиме частотной модуляции // Электронная техника, сер. 1, Электроника СВЧ. – 1983, вып. 4(352). – С.7–11.
3. Мякинков В.Ю., Рудый Ю.Б., Губарев В. Ф. и др. Передающий модуль СВЧ-аппаратуры ДИСД-ФГ программы «Фобос – Грунт» // 20-я Международная Крымская конференция «СВЧ-техника и телекоммуникационные технологии» том 1, Севастополь, Крым, Украина 13-17 сентября 2010. – С.163–164.
4. Алексеенко А.М., Мякинков В.Ю., Федоров И.С. и др. Способ герметизации и радиозэкранировки многофункциональных СВЧ-устройств // Электронная техника, сер. 1, Электроника СВЧ. – 1986, вып. 10(394). – С.47–48.
5. Каргин А.Н., Шипило Е.М. Компьютерное линейное моделирование транзисторного усилителя мощности // Журнал Радиотехника. – М.: Изд-во Радиотехника, 2003, №2.

TRANSMIT-RECEIVE MODULE OF DOPPLER NAVIGATOR FOR PRESENT AIRCRAFT

V.U. Myakinkov, V.F. Gubarev, Yu.B. Rudyy, D.A. Kovtunov, A.S. Kalinin, S.I. Futiyanov, A.N. Rabodzey

The design results of solid-state transmit-receive microwave module operating in pulse mode were performed. The module is designed for generation and transmission to antenna-feeder device of microwave signal with sinusoidal-modulated radiation frequency (4 transmitting channels with output power of 0,75 W each) and receiving of microwave signal from antenna-feeder device, spectrum conversion of received signal to intermediate frequency, its amplification and transmitting to the digital processing module.

The microwave transmit-receive module (MPP-021) consists of: transmission path, receive path, pilot channel, voltage-control generation circuits, p-i-n switches and keys, control signals generation circuits.

In order to increase reliability and electrical parameters improvement of the main tactical-technical characteristics the modern hardware components on the base of hybrid-monolithic cells designed by JSC«R&PC «Istok» named after A.I. Shokin» were applied in the module.

In comparison with earlier developed analogue transmitting and transmit-receive microwave modules the present microwave module has increased power output, high reliability and small size.

The module is designed for Doppler navigator of velocity, drift angle and altitude components of the modern aircraft.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ АДАПТИВНОЙ АНТЕННОЙ РЕШЁТКИ НА ОСНОВЕ АНАЛИТИЧЕСКОГО ПРЕДСТАВЛЕНИЯ СРЕДНЕКВАДРАТИЧЕСКОГО ОТКЛОНЕНИЯ СПЕКТРОВ ШИРОКОПОЛОСНЫХ СИГНАЛОВ

© Авторы, 2015

А.Н. Новиков кандидат технических наук,
научный сотрудник научно-исследовательской лаборатории научно-исследовательского центра,
ФГКВОУ ВПО «Военная академия РВСН им. Петра Великого», г. Москва
E-mail: band31@mail.ru

Д.С. Махов кандидат технических наук,
начальник научно-исследовательской лаборатории научно-исследовательского центра,
ФГКВОУ ВПО «Военная академия РВСН им. Петра Великого», г. Москва
E-mail: astramanus@mail.ru

На основе разработанного метода определения квазиоптимального частотно-зависимого вектора весовых коэффициентов в каналах обработки адаптивной антенной решётки представлена аналитическая зависимость среднеквадратического отклонения восстановленного спектра широкополосного сигнала от исходного (переданного). Данная зависимость позволяет рассчитать необходимое число каналов обработки адаптивной антенной решётки и в дальнейшем их расположение в частотном спектре для обеспечения требуемого качества приёма сигнала в условиях помех.

Ключевые слова: широкополосный сигнал, адаптивная антенная решётка, вектор весовых коэффициентов, среднеквадратическое отклонение, спектр сигнала, аналитическое представление.

On the base of worked out determination method of quasioptimal frequency-dependent weight vector in processing channels of the adaptive antenna array the analytical dependence of mean-square deviation of reconstructed wideband signal spectrum from the reference (transmitted) one. Such dependence permits to calculate the desired number of adaptive antenna array processing channels and further to calculate its position in frequency spectrum to provide the desired quality of signal receiving in interference environment.

Keywords: wideband signal, adaptive antenna array, weight vector, mean-square deviation, signal spectrum, analytical representation.

Широкополосные сигналы давно и успешно применяются в системах подвижной связи и беспроводного доступа, в фиксированной и спутниковой связи, навигации и других областях радиотехники. К достоинствам этих сигналов относятся безошибочная передача информации в условиях многолучевого распространения радиоволн и возможность получения ансамбля широкополосных сигналов, занимающих общую полосу частот. Если взаимно-корреляционные функции таких сигналов имеют незначительный уровень, то они могут одновременно передаваться в одной и той же полосе без значительных взаимных помех. Однако на сегодняшний день проблема приёма и обработки широкополосных сигналов в условиях радиопомех не исследована на должном уровне.

В статье на основе уже разработанного метода определения квазиоптимального частотно-зависимого комплексного вектора весовых коэффициентов, необходимого для пространственной обработки широкополосных сигналов в каналах адаптивной антенной решётки, представлена аналитическая зависимость среднеквадратического отклонения восстановленного спектра широкополосного сигнала от исходного (переданного). Данная зависимость позволяет рассчитать необходимое число каналов обработки адаптивной антенной решётки и их расположение в частотном спектре для обеспечения требуемого качества приёма сигнала в условиях помех.

Проведены исследования полученной зависимости на основе плоской адаптивной антенной решётки и спектра ЛЧМ сигнала, представленного в виде интегралов Френеля.

ЛИТЕРАТУРА

1. Монзинго Р.А., Миллер Т.У. Адаптивные антенные решётки. – М.: Радио и связь, 1986. – 448 с.
2. Пистолькорс А.А., Литвинов О.С. Введение в теорию адаптивных антенн. – М.: Наука, 1991. – 200 с.
3. Журавлёв А.К., Лукошин А.П., Поддубный С.С. Обработка сигналов в адаптивных антенных решётках. – Л: Изд-во ЛГУ, 1983.
4. Габриэльян Д.Д., Новиков А.Н., Цыпорина И.Г. Оптимальное подавление широкополосных помех в адаптивных антенных решетках // Журнал Электромагнитные волны и электронные системы. – М.: Изд-во Радиотехника, 2011. №6, т.16. – С.20–23.
5. Габриэльян Д.Д., Новиков А.Н. и др. Оптимальный синтез весовых коэффициентов при воздействии широкополосных помех // Научно-практический журнал Информатизация и связь. – М.: АНО «Редакция журнала «Информатизация и связь», 2011, №3. – С.93–95.
6. Габриэльян Д.Д., Новиков А.Н. и др. Оптимальная обработка широкополосных сигналов в адаптивных антенных решетках радиоэлектронных систем и устройств // Журнал Известия высших учебных заведений России. Радиоэлектроника. – СПб.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2011, Вып. 6. – С.22–26.
7. Габриэльян Д.Д., Новиков А.Н. Квазиоптимальный метод обработки широкополосных сигналов в условиях радиопомех // Журнал Антенны. – М.: Изд-во Радиотехника, 2011, №9. – С.26–29.
8. Габриэльян Д.Д., Новиков А.Н. и др. Особенности обработки широкополосных сигналов при воздействии преднамеренных помех, соизмеримых с полезным сигналом по полосе частот // Журнал Инфокоммуникационные технологии. – Самара, ПГУТИ, 2011, №3. – С.94–99.
9. Габриэльян Д.Д., Звездина М.Ю., Новиков А.Н. Цифровая обработка сигналов и её техническое приложение в телекоммуникационных системах (раздел 6 «Методы пространственной обработки широкополосных сигналов в условиях помех»). Монография // Шахты: ГОУ ВПО «Южно-Рос. гос. ун-т экономики и сервиса». – 2010. – С.121–138.

ADAPTIVE ANTENNA ARRAY PARAMETERIZATION ON THE BASE OF ANALYTICAL REPRESENTATION OF MEAN-SQUARE DEVIATION OF WIDEBAND SIGNALS SPECTRUM

A.N. Novikov, D.S. Mahov

Wideband signals have been successfully used for a long time in mobile communication systems and WiFi, in stationary and satellite links, navigation and other radio engineering spheres. Advantages of such signals include errorless data transmission in multipath radio-wave propagation environment and possibility to get the assembly of wideband signals occupying the general bandwidth. If cross-correlating functions of such signals have a minor level then they can be simultaneously transmitted in the same band without considerable mutual (cross) interference. However, the problem of wideband signals receiving and processing in radio interference environment hasn't been explored up-to-date at the appropriate level.

On the base of existed determination method of quasioptimal frequency-dependent complex weight vector which is necessary for wideband signals spatial processing in adaptive antenna array channels, the analytical dependence of mean-square deviation of reconstructed wideband signal spectrum from the reference (transmitted) one. Such dependence permits to calculate the desired number of adaptive antenna array processing channels and further to calculate its position in frequency spectrum to provide the desired quality of signal receiving in interference environment.

The received dependence results were examined on the base of mattress adaptive antenna array and chirp-signal spectrum proposed in the shape of Fresnel integrals.

ОПТИМИЗАЦИЯ ЭЛЕМЕНТОВ ДИАПАЗОННЫХ СВЧ-ПРИЁМНИКОВ, УЛУЧШАЮЩАЯ ПОМЕХОЗАЩИЩЕННОСТЬ РЛС

© Авторы, 2015

В.И. Плешивцев доктор технических наук,
ведущий инженер, ОАО «ГСКБ «Алмаз-Антей», г. Москва
E-mail: info@raspletin.com

Т.И. Градова
начальник сектора, ОАО «ГСКБ «Алмаз-Антей», г. Москва

В статье рассматриваются вопросы оптимизации диапазонных элементов СВЧ-приёмников моноимпульсных РЛС, улучшающих характеристики ЭМС и помехоустойчивости приёмных устройств и РЛС в целом. Рассмотрена развернутая схема одного из пеленгационных каналов СВЧ-приёмника, а также действия в начале разработки, необходимые для оптимизации узлов и других компонент схемы. К таким узлам отнесены входные волноводные тракты, защитные устройства (ЗУ), маломощные усилители (МШУ), модули преобразования и усиления первой и второй промежуточных частот, длинные линии передачи высокочастотных сигналов, включая вращающиеся сочленения (токосъёмники). В результате улучшения узлов показаны достигнутые суммарные характеристики подавления паразитных сигналов СВЧ-приёмником.

Ключевые слова: многофункциональная радиолокационная станция (МРЛС), электростатический комплексированный усилитель (ЭСКУ), циклотроннозащищённый комплексированный усилитель (ЦЗКУ), транзисторный усилитель (ТРУ), электростатический усилитель (ЭСУ), циклотронное защитное устройство (ЦЗУ), преобразователь частоты (ПрЧ), фазовое подавление зеркальной частоты (ФПЗЧ).

The article considers optimization issues of variable-frequency microwave receivers elements of monopulse radars that improve electromagnetic compatibility (EMC) and jamming immunity of receiving devices and the radar as a whole. The straight-line diagram of one of the receiver's direction-finding channels was examined and actions taken at the beginning of the development which are necessary for nodes and other circuit components optimization were considered as well. Such nodes are input waveguide lines; safety devices; low-noise amplifiers (LNA); conversion and amplifying modules of first and second intermediate frequencies; long-transmission lines of high-frequency signals, including rotary joints (current collector). As a result of nodes improvement the achieved combined characteristics of spurious signals suppression by the microwave receiver were demonstrated.

Keywords: multifunction radar station, electrostatic interconnected amplifier (EIA), integrated cyclotron-protected amplifier, transistor amplifier, electrostatic amplifier, cyclotron safety device, frequency converter, image phase rejection.

В статье рассматриваются возможности улучшения характеристик помехозащищённости СВЧ-приёмников диапазонных РЛС за счёт выбора лучших вариантов и оптимизации параметров входящих в него узлов, элементов, модулей.

Такая оптимизация проводится по всему комплексу помеховых ситуаций от плохих заземлений, в отдельных схмотехнических узлах, в их экранировке, от местно-возникающих электромагнитных помех и статических зарядов, а также от промышленных помех и от воздействий соседних РЛС, работающих в группировке. На примере развернутой схемы одного из пеленгационных каналов СВЧ-приёмника моноимпульсной РЛС показано, какие элементы при их оптимизации дают дополнительные значения подавления зеркальных, побочных и других возникающих паразитных сигналов.

К таким узлам и элементам относятся входные волноводные тракты, защитные устройства, маломощные усилители, модули преобразования и усиления первой и второй промежуточных частот, длинные линии передач высокочастотных сигналов, включая вращающиеся токосъёмные сочленения, согласователи реактивностей трактов и импедансов потребителя.

Полученные в результате обработки узлов суммарные характеристики диапазонного СВЧ-приёмника превосходят требования современных действующих ГОСТов по ЭМС.

ЛИТЕРАТУРА

1. Уильямс Т., Амстронг К. ЭМС для систем и установок. – М.: Издательский Дом «Технологии», 2004.
2. Плешивцев В.И., Будзинский Ю.А. Усовершенствование защиты и электромагнитной совместимости СВЧ-приёмников для многоканальных АФАР // Журнал Электромагнитные волны и электронные системы. – М.: Изд-во Радиотехника, 2012, №4. – С.25–29.
3. Плешивцев В.И. СВЧ-приёмники радиолокационных систем. Монография. – М.: Изд-во Радиотехника, 2012. – 184 с.: ил.
4. Орехов М.Б., Плешивцев В.И., Градова Т.И. Реализация требований электромагнитной совместимости в части побочных каналов приёма на примере разработки приёмопередающих модулей СВЧ-приёмника // Журнал Электромагнитные волны и электронные системы. – М.: Изд-во Радиотехника, 2012, т.17, №3. – С.36–40.

VARIABLE-FREQUENCY MICROWAVE RECEIVERS ELEMENTS OPTIMIZATION FOR RADAR IMMUNITY IMPROVEMENT

V.I. Pleshivcev, T.I. Gradova

The article considers optimization ways of the radar microwave receivers jamming immunity by means of best variants selection and parameters optimization of its nodes, elements and modules.

The optimization was implemented for all interfering cases: bad earth, interference in general-circuit nodes and its shielding, clutter electromagnetic noise, neighboring radars interference operating in grouping. The straight-line circuit example of one of the receiver's direction-finding channels of monopulse radar showed which elements at its optimization give connotations of image, spurious and other parasite signals rejection.

Such nodes are input waveguide lines; safety devices; low-noise amplifiers (LNA); conversion and amplifying modules of first and second intermediate frequencies; long-transmission lines of high-frequency signals, including rotary joints, paths reactance aligners and consumer's impedances.

As a result of nodes optimization the received combined characteristics of variable-frequency microwave receiver are superior then in modern State Standard (GOST) requirements on EMC that in force.

УДК 621.396

РАСШИРЕНИЕ ОБЛАСТИ ДОСТОВЕРНОГО ВОССТАНОВЛЕНИЯ ДИАГРАММ НАПРАВЛЕННОСТИ ИССЛЕДУЕМЫХ АНТЕНН НА СТЕНДАХ БЛИЖНЕГО ПОЛЯ ЗА СЧЁТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НОВЫХ АЛГОРИТМОВ ОБРАБОТКИ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ДАННЫХ

© Авторы, 2015

М.Ю. Пономарев

начальник сектора разработки алгоритмов и программ, ОАО «ВНИИРА», г. Санкт-Петербург
E-mail: таххрон@rambler.ru

В.В. Шубников

инженер 2 категории, ОАО «ВНИИРА», г. Санкт-Петербург
E-mail: tester8@yandex.ru

Описан метод Гершберга-Папулиса в применении к расширению области достоверного восстановления диаграмм направленности. Представлены результаты использования этого метода с использованием разработанного авторами критерия выбора констант усечения области. Показана применимость данного критерия по результатам численного эксперимента.

Ключевые слова: ближнее поле, восстановление диаграммы направленности, расширение области достоверного восстановления, алгоритм Гершберга-Папулиса.

The article considers the Gershberg-Papulis method in reference to enlarging the directional patterns reliable recovery domain. The application results of this method were proposed using the worked out by authors selection criteria of truncated domain constants. The applicability of the criteria was demonstrated based on numerical experiment results.

Keywords: near field, directional pattern recovery, reliable recovery domain enlargement, the Gershberg-Papulis method.

Рассматривается методика применения итерационного алгоритма Гершберга-Папулиса для расширения области достоверного восстановления диаграмм направленности исследуемых антенн по результатам измерения амплитудно-фазового распределения их ближнего поля на различных поверхностях сканирования.

Приводится описание программного обеспечения, реализующего эту методику, и результаты анализа применимости данной методики для различных типов антенн.

Приведены результаты практического применения разработанной методики для восстановления диаграммы направленности зеркальной антенны метеолокатора.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Hansen J.E. ed.** *Spherical Near-field Antenna Measurements*, Peter Peregrinus. – London, UK, 1988. – 387 p.
2. **Martini E., Breinbjerg O. and Maci S.** Reduction of truncation errors in planar near-field aperture antenna measurements using the Gerchberg-Papoulis algorithm // *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*. – 2008, vol. 56, №11. – P.3485–3493.
3. **Cano-Fácila F.J., Pivnenko S., and Sierra-Castaner M.** Reduction of Truncation Errors in Planar, Cylindrical, and Partial Spherical Near-Field Antenna Measurements, *Hindawi Publishing Corporation, International Journal of Antennas and Propagation*, Volume 2012, Article ID 438727. – 19 p.

ENLARGING OF DIRECTIONAL PATTERNS RELIABLE RECOVERY DOMAIN OF TESTED ANTENNAS ON NEARFIELD STANDS BY IMPLEMENTATION OF NEW PROCESSING ALGORITHMS OF EXPERIMENTAL DATA

M.U. Ponomarev, V.V. Shubnikov

The article considers the application technique of Gershberg-Papulis iteration algorithm for enlarging of tested antenna directional patterns reliable recovery domain according to results of amplitude-phase distribution of its near field on different scanning surface areas.

The software description is given that implements this technique, and analysis applicability results of this technique for different antenna types.

The article observes the practical application results of developed method for meteorological radar mirror antenna directional pattern recovery.

ОСОБЕННОСТИ СОЗДАНИЯ МАЛОШУМЯЩИХ СИНТЕЗАТОРОВ ЧАСТОТ СВЧ-ДИАПАЗОНА

© Авторы, 2015

А.А. Рабинов кандидат технических наук,
заместитель начальника СКБ, ОАО «ГСКБ «Алмаз-Антей», г. Москва
E-mail: ranlex@bk.ru

А.Ю. Цыцарев кандидат технических наук,
начальник отдела, ОАО «ГСКБ «Алмаз-Антей», г. Москва
E-mail: line-2000@yandex.ru

Продemonстрирована функциональная схема, с помощью которой реализовано построение современных малошумящих синтезаторов частот СВЧ-диапазона и показан один из способов снижения уровня спектральной плотности мощности фазового шума в частотоподающих схемах синтезаторов частот путём применения высокодобротных автогенераторов в петле фазовой автоподстройки частоты.

Ключевые слова: синтезатор частот, высокодобротный автогенератор, ПАВ-генератор, многопетлевой синтез, петля ФАПЧ, спектральная плотность мощности фазового шума.

The article demonstrates the functional circuit by means of which the modern low-noise microwave frequency synthesizers construction was implemented and it's represented one of the techniques of phase noise power spectral density level lowering in frequency-determining circuits of frequency synthesizers by using of high-Q self-oscillators in phase frequency autocorrecting loop.

Keywords: frequency synthesizer, high-Q self-oscillator, surface-active agent oscillator, multi-loop synthesis, phase-lock-loop frequency control (PLL), phase noise power spectral density.

От параметров синтезаторов частот зависит качество формируемых зондирующих и гетеродинных сигналов любых передающих устройств, поэтому к ним предъявляют очень жёсткие требования.

Использование однопетлевой схемы фазовой автоподстройки частоты (ФАПЧ) при формировании СВЧ-сигналов в широком диапазоне частот существенно увеличивает уровень спектральной плотности мощности фазового шума выходных сигналов из-за больших коэффициентов деления в цепи обратной связи петли ФАПЧ и низкой добротности генераторов, управляемых напряжением.

Для улучшения качества выходных сигналов синтезатора частот предлагается использовать многопетлевую схему ФАПЧ на базе генераторов на поверхностных акустических волнах, охваченных собственными петлями частотно-фазовой автоподстройки от одного опорного кварцевого генератора, миниатюрных полосно-пропускающих керамических фильтров и быстродействующих переключателей, управляемых сигналом логического уровня.

Такая схема синтезатора позволяет получить высокое качество выходных сигналов в широком диапазоне рабочих частот.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Цыцарев А.Ю.** Быстродействующий СВЧ-синтезатор частот // Сборник докладов первой научно-технической конференции молодых ученых и специалистов «Направления создания средств воздушно-космической обороны». – М., 2010.
2. **Манасевич В.** Синтезаторы частот. Теория и проектирование. – М.: Связь, 1979. – 382 с.
3. **Рыжков А.В., Попов В.Н.** Синтезаторы частот в технике радиосвязи. – М.: Радио и связь, 1991. – 264 с.
4. **Беренштейн В. Б., Рабинов А.А., Рабинова О.А., Цыцарев А.Ю.** Синтезатор частот сверхвысокочастотного диапазона. Патент на изобретение №2332787. Заявка №2006146756. Зарегистрировано в Государственном реестре изобретений РФ 27.08.2008.

DESIGN FEATURES OF LOW-NOISE MICROWAVE FREQUENCY SYNTHESIZERS

A.A. Rabinov, A.Y. Tsytsarev

The quality of formed sounding and conversion signals of any transmitting devices depends on frequency synthesizers parameters therefore the strict requirements are imposed.

The using of PLL one-loop circuits at microwave signals forming in wide frequency band substantially increases the phase noise power spectral density level of output signals due large division ratio in feedback circuit of PLL loop and low oscillators Q-factor controlled by the voltage.

To improve the frequency synthesizer output signals quality it's proposed to use multi-loop PLL circuit on the base of oscillators on acoustic-surface waves enveloped by own PLL loops from one reference crystal-controlled oscillator, pigmy band-pass ceramic filters and high-speed switches controlled by logic level signal.

The synthesizer circuit permits to obtain the high quality of output signals in wideband of operating frequency.

УДК 621.376

РАЗРАБОТКА ФИЛЬТРУЮЩИХ СТРУКТУР ДЛЯ ФОРМИРОВАТЕЛЯ СИГНАЛОВ ГЕТЕРОДИНА И ПЕРЕДАТЧИКА

© Авторы, 2015

И.Н. Ростокин кандидат технических наук, доцент,
инженер-конструктор 1 категории, ОАО «МЗ РИП», г. Муром
E-mail: ilya.rostockin@yandex.ru

Е.В. Матвиенко
начальник конструкторского отдела, ОАО «МЗ РИП», г. Муром
E-mail: evgenij-matvienko@yandex.ru

А.А. Липин,
инженер-конструктор 1 категории, ОАО «МЗ РИП», г. Муром
E-mail: lipin.aleksey@rambler.ru

В статье приводятся примеры электромагнитного моделирования топологии микрополосковых СВЧ-фильтров, а также параметры конкретной реализации топологий СВЧ-фильтров для субблока формирователя сигналов гетеродина и передатчика (ФСГП). Для изготовления прототипов СВЧ-фильтров использовалась современная технология прецизионного фрезерного текстурирования фольгированного СВЧ-диэлектрика.

Ключевые слова: формирователь сигналов гетеродина и передатчика, полосопропускающие фильтры, топология, электромагнитное моделирование, фрезерование, металлизация.

The article considers examples of microstrip microwave filters topological layouts simulation and concise implementation parameters of microwave filters topological layouts for subunit signals conditioner of heterodyne oscillator and transmitter. The up-to-date technology of film-clad microwave dielectric precision milling texturing was used for microwave filters prototypes manufacturing.

Keywords: signals conditioner of heterodyne oscillator and transmitter, band-pass filters, topological layouts, electromagnetic simulation, milling, metalizing.

В статье приводятся примеры электромагнитного моделирования топологии микрополосковых СВЧ-фильтров, а также параметры конкретной реализации топологий СВЧ-фильтров для субблока формирователя сигналов гетеродина и передатчика (ФСГП). Для изготовления прототипов СВЧ-фильтров использовалась современная технология прецизионного фрезерного текстурирования фольгированного СВЧ-диэлектрика.

СВЧ-фильтры являются неотъемлемой частью любой СВЧ-системы. Их эффективная и точная разработка является достаточно сложной задачей даже при наличии современных средств электромагнитного моделирования.

Формирователь сигналов гетеродина и передатчика (ФСГП) состоит из двух последовательно включенных умножителей на два. Умножители выполнены на диодах по балансной схеме. Для формирования требуемой амплитудно-частотной характеристики между умножителями включены полосопропускающие фильтры.

После умножения выходного сигнала на четыре и получения сигнала выходного частотного диапазона, для снижения уровня побочных продуктов преобразования и формирования требуемой АЧХ субблока на выходе установлен фильтр нижних частот, имеющий минимальные потери в рабочем диапазоне частот и затухание на второй гармонике выходного сигнала не менее 30 дБ. Все полосопропускающие фильтры шпилечного типа, фильтр нижних частот – распределенный LC-фильтр.

Конструктивно ФСГП выполнен в виде типовой ячейки на стеклотекстолитовой плате. На плате установлены разъёмы для подключения субблока: НЧ-разъём СНП34-30/27х9,4Р-22-В и два СВЧ-разъёма СРГ50-751ФВ («ВХОД» и «ВЫХОД»).

ЛИТЕРАТУРА

1. **Ростокин И.Н., Матвиенко Е.В., Липин А.А.** Проектирование и разработка микрополосковых СВЧ-фильтров для формирователя сигналов гетеродина и передатчика // Радиолокационная техника: устройства, станции, системы. РЛС-2010: сб. докладов Второй Всероссийской научно-практической конференции, посвященной 35-летию отдела новых разработок Муромского завода радиоизмерительных приборов. – Муром: Изд. пол. центр МИ ВлГУ, 2010. – С.24.
2. **Разевиг В.Д., Потапов Ю.В., Курушин А.А.** Проектирование СВЧ-устройств с помощью Microwave Office / под. ред. В.Д. Разевига. – М.: СОЛОН-Пресс, 2003. – 496 с.

FILTERING STRUCTURES DESIGN FOR HETERODYNE OSCILLATOR AND TRANSMITTER SIGNAL CONDITIONER

I.N. Rostokin, E.V. Matvienko, A.A. Lipin

The article provides examples of electromagnetic simulation of microstrip microwave filters topological layouts and concise implementation parameters of microwave filters topological layouts for subunit signals conditioner of heterodyne oscillator and transmitter as well. The up-to-date technology of film-clad microwave dielectric precision milling texturing was used for microwave filters prototypes manufacturing.

The microwave filters are integral part of any microwave system. Its effective and precise design is quite a challenge even with availability of modern electromagnetic simulation means.

The heterodyne oscillator and transmitter signals conditioner consists of two in series connected multiplication circuits (x2). Multiplication circuits are performed on hybrid-type circuit diodes. The band-pass filters are switched on for forming of desired amplitude-frequency characteristic between multipliers.

After quadrupling of output signal and receiving of output frequency band signal in order to decrease by-products of transformation and forming of desired amplitude-frequency response of subunit at the output, the low-pass filter was installed that has minimal losses in operating band and attenuation at second harmonic of output signal not less than 30 dB. All band-pass filters of pin-type, low-pass filter – distributed LC-filter.

The design layout of heterodyne oscillator and transmitter signal conditioner represents the standard-type cell on glass-textolite panel. The joints are installed on the panel for subunit connection: SNP34-30/27x9 low-frequency (LF) joint, 4P-22-B and two SRG50-751 FV very-high frequency (VHF) joints («INPUT» and «OUTPUT»).

АНТЕННЫЙ ЭЛЕМЕНТ ПРОХОДНОЙ ФАР С ИЗЛУЧАТЕЛЯМИ НЕВЫСТУПАЮЩЕГО ТИПА

© Авторы, 2015

А.Н. Секистов кандидат технических наук,
начальник СКБ, ОАО «ГСКБ «Алмаз-Антей», г. Москва,
E-mail: almazsss@rambler.ru

А.А. Семёнов
начальник сектора, ОАО «ГСКБ «Алмаз-Антей», г. Москва,
А.Е. Туманская кандидат технических наук, старший научный сотрудник,
ведущий инженер, ОАО «ГСКБ «Алмаз-Антей», г. Москва,
Ю.Э. Чернявский
заместитель начальника НИО, ОАО «ГСКБ «Алмаз-Антей», г. Москва

Рассматривается антенный элемент проходной ФАР X-диапазона, включающий ферритовый фазовращатель фарадеевского типа и внешние излучатели в виде открытых концов круглых волноводов, заполненных диэлектриком. Плотная компоновка фазовращателя наряду с уменьшением его диаметра позволяет обеспечить малое значение шага решётки, что приводит к существенному снижению потерь при сканировании лучом ФАР.

Ключевые слова: антенный элемент, фазированная антенная решётка, фазовращатель.

The article considers feedthrough element of X-band phased antenna array (PAA) including ferrite phase shifter of Faraday-type and external radiating elements in form of circular waveguide open ends filled with dielectric material. Tight integration of phase shifter along with its small diameter provide small value of array spacing that leads to substantially loss enhancement at PAA beam scanning.

Keywords: antenna element, phased antenna array, phase shifter.

Рассматривается антенный элемент проходной ФАР X-диапазона, включающий ферритовый фазовращатель фарадеевского типа и внешние излучатели в виде открытых концов круглых волноводов, заполненных диэлектриком. Передача СВЧ-энергии от излучателей к ферритовому стержню осуществляется через систему согласующих круглых волноводов с замыкающей пружинной втулкой. Приводится конструктивное исполнение элемента и его характеристики по согласованию со свободным пространством, полученные как расчётным путём, так и в волноводном имитаторе ФАР. Плотная компоновка фазовращателя наряду с уменьшением его диаметра позволяет обеспечить малое значение шага решётки, что приводит к существенному снижению потерь при сканировании лучом ФАР. Описывается система управления фазовращателем, позволяющая минимизировать среднеквадратичную ошибку набора фазы. Приводятся характеристики опытной партии фазовращателей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Винниченко Ю.П., Секистов А.Н., Туманская А.Е. Исследование характеристик элемента фазированной антенной решётки в волноводном имитаторе // Журнал Антенны. – М.: Изд-во Радиотехника, 1997, вып. 2(39). – С.52.
2. Винниченко Ю.П., Туманская А.Е. Волноводно-стержневой излучатель для фазированной антенной решётки // Электромагнитные волны и электронные системы. – М., 1998, т.3, №5. – С.61.
3. Винниченко Ю.П., Сафонов А.П., Секистов А.Н., Семенов А.А., Туманская А.Е. Широкополосный волноводно-стержневой элемент фазированной антенной решётки X-диапазона // Журнал Антенны. М.: Изд-во Радиотехника, 2008, вып. 5(132). – С.44–48.
4. Секистов А.Н., Семенов А.А., Туманская А.Е., Сафонов А.П., Корецкий В.М., Колобова Л.И. Контактная втулка для волноводно-стержневого антенного элемента фазированной антенной решётки // Патент на полезную модель № 91225 от 29.09.2009.
5. Егоров Ю.В. Частично заполненные прямоугольные волноводы. – М.: Сов. радио, 1957.

FEEDTHROUGH PHASED ANTENNA ARRAY ELEMENT WITH NON-PROTRUSIVE RADIATORS

A.N. Sekistov, A.A. Semenov, A.E. Tumanskaya, U.E. Chernyavskiy

The article considers feedthrough element of X-band phased antenna array (PAA) including ferrite phase shifter of Faraday-type and external radiating elements in form of circular waveguide open ends filled with dielectric material. The transmission of microwave power from radiating elements to ferrite rod is carried out through matching circular waveguide system with spring-type contact bushing. The article includes the element structural design and its characteristics on alignment with free-space obtained by calculation and in PAA waveguide simulator. Tight integration of phase shifter along with its small diameter permits to provide small value of array spacing that leads to substantially loss enhancement at PAA beam scanning. The article describes the phase shifter control system permitting to minimize mean-root-square error of preset phase. The characteristics of phase shifters pilot batch are provided.

УДК 621.396.96

ПРИМЕНЕНИЕ РЛС АЭРОСТАТНОГО БАЗИРОВАНИЯ ДЛЯ НАРАЩИВАНИЯ МАЛОВЫСОТНОГО РАДИОЛОКАЦИОННОГО ПОЛЯ В СИСТЕМЕ ВОЗДУШНО-КОСМИЧЕСКОЙ ОБОРОНЫ

© Авторы, 2015

А.Т. Силкин доктор военных наук, профессор,
директор по науке, ОАО «Концерн радиостроения «Вега», г. Москва
E-mail: mail@vega.su

А.А. Трофимов кандидат технических наук, старший научный сотрудник,
ведущий научный сотрудник, ОАО «Концерн радиостроения «Вега», г. Москва
E-mail: mail@vega.su

Приведено описание конструкции РЛС с кольцевой АФАР и описаны принципы её работы. Оценены требуемые характеристики приёмопередающих модулей для реализации выбранных тактико-технических характеристик.

Ключевые слова: привязной аэростатный комплекс, РЛС с кольцевой активной фазированной антенной решёткой (АФАР), внутриимпульсная линейная частотная модуляция (ЛЧМ) зондирующего импульса с последующим сжатием на приёме, wobbling периода следования импульсов, когерентная и некогерентная обработка сигналов.

The article describes the radar with circular active phased antenna array design and its operation principles. The required response of transmit-receive modules for the selected tactical-technical characteristics realization was evaluated.

Keywords: tethered aerostat complex, radar with circular active phased antenna array (APAA), sound impulse chirp modulation with followed reduction at receipt, pulse repetition period wobbling, coherent and incoherent signals processing.

Конструктивно РЛС, выполненная в виде кольцевой АФАР с цилиндрическим антенным полотном из одинаковых вертикальных линеек дипольных излучателей, обеспечивает круговую зону разведки без применения электромеханического сканирования. В активных приёмно-передающих модулях применяется импульсный ЛЧМ-сигнал с относительно невысокой скважностью. Для обеспечения оптимальности обработки сигнала его формирование и сжатие осуществляется быстродействующими цифровыми процессорами.

ЛИТЕРАТУРА

1. Радиолокационные системы авиационно-космического мониторинга земной поверхности и воздушного пространства / под ред. В.С. Вербы, Б.Г. Татарского. – М.: Радиотехника, 2014.
2. Справочник по радиолокации / под ред. М.И.Сколника. Пер. с англ. под общей ред. В.С.Вербы. В 2 книгах. – М.: Техносфера, 2014.

AEROSTAT RADAR APPLICATION FOR LOW-ALTITUDE RADAR FIELD EXTENSION IN AEROSPACE DEFENSE SYSTEM

A.T. Silkin, A.A. Trofimov

In structure, the radar, performed in circular active phased antenna array design with cylindrical antenna panel of identical dipole transmitters vertical lines, provides all-round surveillance zone with no use of electromechanical scanning. In active transmit-receive modules the pulse chirp-signal is used with relatively modest pulse duration. To get the signal processing optimality the fast digital processors provide its generation and compression.

ОСОБЕННОСТИ КОНСТРУИРОВАНИЯ МОЩНЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ И ВЫПРЯМИТЕЛЕЙ ПЕРЕДАЮЩИХ УСТРОЙСТВ

© Авторы, 2015

А.А. Скрипко кандидат технических наук,
начальник сектора, ОАО «ГСКБ «Алмаз-Антей», г. Москва
E-mail: anastolii49@inbox.ru

А.С. Волков
зам. начальника отдела, ОАО «ГСКБ «Алмаз-Антей», г. Москва
E-mail: awolf180@mail.ru

А.С. Кузнецов
ведущий инженер, ОАО «ГСКБ «Алмаз-Антей», г. Москва

Рассмотрены особенности проектирования высоковольтных трансформаторно-выпрямительных устройств электропитания с точки зрения их оптимизации по массогабаритному критерию. Показаны возможности улучшения массогабаритных характеристик трансформаторов и дросселей за счёт выбора материала и формы магнитопровода, конструкции обмоток, системы изоляции. Обсуждаются проблемы уменьшения габаритных размеров устройств электропитания за счёт повышения рабочей частоты.

Ключевые слова: трансформатор, выпрямитель, дроссель, магнитопровод, обмотка, электроизоляция.

The article considers the design features of high-power transformer-rectifier devices of electrical power supply in terms of its optimization to mass and dimensions parameters.

Keywords: converter, rectifier, throttle, magnet core, winding, electrical insulation.

В современных устройствах электропитания для передатчиков можно выделить два направления. Первое направление традиционное, связано с преобразованием электроэнергии в трансформаторе до заданного значения на частоте питающей сети 50 Гц или 400 Гц, последующим выпрямлением, фильтрацией и, при необходимости, стабилизацией или регулированием напряжения или тока. Второе направление представлено импульсными источниками электропитания, когда напряжение сети выпрямляется, инвертируется, а трансформирование до заданного значения после инвертора происходит на частотах десятки и сотни килогерц.

В статье рассматриваются устройства электропитания, относящиеся к обоим указанным направлениям.

В рамках первого направления обсуждаются варианты трансформаторов и выпрямителей мощностью (10...60) кВт с выходным напряжением до 35 кВ.

По второму направлению рассматриваются высоковольтные и высокопотенциальные трансформаторы единичной мощностью до нескольких кВА с частотой преобразования до 100 кГц. Обсуждаются особенности проектирования трансформаторов и дросселей, предназначенных для работы на частотах до 1000 кГц.

ЛИТЕРАТУРА

1. Березин О.К., Костиков В.Г., Парфенов Е.М. и др. Проектирование источников электропитания электронной аппаратуры. – М.: «Кнорус», 2010.
2. Беренштейн В.Б., Березин О.К., Корогодин В.Б. и др. Высоковольтная система электропитания / Патент 100332 РФ. Оpubл. 2010.
3. Костиков В.Г., Скрипко А.А., Волков С.А. и др. Электромагнитные устройства электропитания РЭА на базе нанокристаллических сплавов // Электрическое питание. – 2004, Специальный выпуск.
4. Рэй Ридли. Потери в обмотках вследствие эффекта близости // Современная электроника. – 2005, №6.
5. Березин О.К., Корогодин В.Б., Скрипко А.А. Высоковольтный (высокопотенциальный) тороидальный трансформатор / Патент 128001 РФ. Оpubл. 2013.
6. МОП 44 001.21 – 2012 (Книга 1).

CONSTRUCTIONAL DESIGN FEATURES OF TRANSMITTING DEVICES HIGH-POWER TRANSFORMERS AND RECTIFIERS

A.A. Skripko, A.S. Volkov, A.S. Kuznetsov

The up-to-date electrical power supply units for transmitting devices have two directions. The first direction is traditional one, which is connected with electrical power conversion in transformer up to predetermined value at power-line frequency of 50 Hz or 400 Hz, and further rectifying, filtering and, if necessary, stabilization or regulation of voltage or current. The second direction is performed by switched-mode power supplies (SMPS) when circuit voltage rectifies, inverts, and transformation up to predetermined value after the converter is carried out at frequencies of tens and hundreds of kilohertz.

The article considers electrical power supply units corresponding to the both mentioned directions.

In frames of the first direction there are transformers and rectifiers variants with (10...60 kW) power and output voltage up to 35 kV.

The second direction stipulates high-voltage and high-energy transformers of unit capacity up to several kVA with conversion frequency up to 100 KHz. The design features of transformers and impedance coils (choke), designed for operation at frequencies up to 1000 KHz were examined.

ВЫБОР ВЕСОВОЙ ФУНКЦИИ ДЛЯ РЕАЛИЗАЦИИ АДАПТИВНОЙ АНТЕННОЙ РЕШЁТКИ

© Автор, 2015

А.А. Тарасов

инженер-конструктор 1 категории, ОАО «МЗ РИП», г. Муром

E-mail: andrey.tarasov.89@mail.ru

Проанализирована возможность использования оконных функций Хемминга и Ланцоша в задачах синтеза ДН, имеющих специальную форму.

Ключевые слова: антенная решётка, диаграмма направленности, оконная функция, амплитудно-фазовое распределение.

The article analyzes the usage possibility of Hemming and Lanczos functions in synthesis problems of directional patterns with special configuration.

Keywords: antenna array, directional pattern, window function, amplitude-phase distribution.

Использование систем с антенными решётками, которые способны осуществлять подстройку характеристик в автоматическом режиме в соответствии с постоянно меняющимися условиями приёма полезного сигнала, позволяет реализовывать на их основе имеющиеся результаты теории обнаружения, управления и оценивания. Возможность адаптации позволяет сделать работу системы с антенными решётками максимально гибкой и (что крайне важно) позволяет значительно повысить эффективность приёма, чего сложно достичь, используя другие подходы.

Современный этап развития техники антенных систем на базе антенных решёток характеризуется разработкой подходов к реализации разнообразных форм амплитудно-фазового распределения. Здесь большое значение имеет развитие методов синтеза антенн, имеющих специальную форму диаграммы направленности (ДН). Одним из наиболее перспективных направлений в этой области является формирование нулевого уровня приёма по заданным угловым секторам ДН, что является основой для создания антенной решётки, которая была бы адаптивной к текущей помеховой обстановке.

Для формирования ДН специальной формы, которая обеспечивала бы автоматическое подавление помех, приходящих по угловым направлениям боковых лепестков ДН, необходимо создать определенное амплитудно-фазовое распределение токов по излучателям антенной решётки [1]. На данном этапе основной проблемой решения обозначенной задачи является выбор весовых функций, определяющих такое распределение для имеющейся помеховой ситуации.

Предлагаемый вариант решения – использование оконных функций, которые широко применяются в задачах синтеза систем с частотной фильтрацией [2]. Оконная функция используется в качестве весового коэффициента к ДН антенной решётки. Целью работы является анализ возможности реализации ДН антенной решётки, имеющей специальную форму при задании области подавления при помощи оконной функции.

ЛИТЕРАТУРА

1. Монзинго Р.А., Миллер Т.У. Адаптивные антенные решётки: Введение в теорию / Пер. с англ. – М.: Радио и связь, 1986. – 448 с., ил.
2. Зелкин Е.Г., Соколов В.Г. Методы синтеза антенн: Фазированные антенные решётки и антенны с непрерывным раскрытием. – М.: Сов. радио, 1980.
3. Хемминг Р.В. Цифровые фильтры. – М.: Недра, 1987. – 221 с.

WEIGHT FUNCTION SELECTION FOR ADAPTIVE ANTENNA ARRAY DEVELOPMENT

A.A. Tarasov

The using of systems with antenna arrays, which are capable of characteristics adjusting in automatic mode in accordance with constant conditions changing of friendly signal, permits to implement on its base the available results of detection, control and estimation theory. The possibility of adaptation permits to set the system operation with antenna arrays at the most flexible and (that is critical important) permits to substantially increase the effectiveness of signals receive that is difficult to reach using other approaches.

The contemporary technological development stage of antenna systems on the base of antenna arrays is defined by approaches working out for different forms of amplitude-phase distribution implementation. Herein the development of antenna synthesis methods with special direction pattern configuration is of a great importance. One of the advanced directions in this sphere is a zero receive level forming at assigned directional pattern angle sectors which is the base for development of antenna array that could be adaptive in current jamming environment.

To form the directional pattern of specified configuration that would be able to provide automatic interference suppression coming at angular directions of direction pattern side lobes, it's necessary to create certain amplitude-phase current distribution along radiating elements of antenna array [1]. At this stage the main problem to solve the outlined task is the weight functions selection determining such distribution for the present jamming environment.

The proposed solution variant is the using of window functions which are widely applicate in synthesis tasks of systems with frequency filtering [2]. The window function is used as weight coefficient to antenna array directional pattern. The purpose of this paper is to analyze antenna array directional pattern feasibility with specified configuration at setting of interference rejection field via window function.

СЕКЦИЯ «СИСТЕМЫ ПРОТИВОРАКЕТНОЙ ОБОРОНЫ»

УДК 623.466.55

ОПТИМАЛЬНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ЛЕТАТЕЛЬНЫМ АППАРАТОМ ПРИ НАВЕДЕНИИ НА МАНЕВРИРУЮЩУЮ ЦЕЛЬ С УЧЁТОМ СЛУЧАЙНЫХ ВОЗМУЩЕНИЙ

© Автор, 2015

А.Б. Афонькин

начальник отдела, НТЦ «НИИРП», ОАО «ГСКБ «Алмаз-Антей», г. Москва
E-mail: a1exaf@rambler.ru

В статье рассматривается задача определения оптимального управления летательным аппаратом при наведении на маневрирующую цель с учётом ограничений на управляющие воздействия, а также отклонений характеристик объекта управления от номинальных. Получены соотношения управляющих воздействий для варианта двухканального управления.

Ключевые слова: оптимальное управление, принцип максимума, номинальное управление, наведение.

The article considers the determination problem of vehicle optimal control at guidance on maneuvering target subject to random constraints on control actions and controlled object characteristics differences from the nominal. Controls for two-channel control was obtained.

Keywords: optimal control, maximum principle, nominal control, guidance.

В статье под управлением движением летательного аппарата (ЛА) понимается определение текущей траектории и управление движением центра масс. Решается задача определения оптимального управления ЛА при наведении на маневрирующую цель, для этого определены модели динамики объекта управления и объекта-цели, выбраны критерии качества управления и определены ограничения на управляющие параметры и фазовые координаты.

Летательный аппарат представляет собой трёхступенчатую ракету, имеющую в качестве полезной нагрузки ступень перехвата. Двигательные установки каждой ступени ракеты являются твердотопливными, и модуль вектора тяги не является управляемой величиной, также в каждом конкретном случае, реализующаяся тяга отличается от номинальных характеристик ДУ.

Предлагается решать задачу управления перехватчиком при наведении на цель, траектория которой точно не определена и уточняется в процессе полёта ракеты с помощью наземных измерительных средств, используя т.н. принцип максимума, применяемый в теории оптимальных систем. Целью управления перехватчика является получение минимально возможного промаха в точке встречи с объектом перехвата. При решении задачи учитываются естественные ограничения на управляющие воздействия и располагаемую массу топлива. В качестве неконтролируемых случайных возмущений рассматриваются отклонения некоторых характеристик ЛА (аэродинамических коэффициентов и тяги ДУ) от номинальных, априорная информация о которых известна в виде пределов их изменений. Влияние разброса этих характеристик на процесс управления определяется путём математического моделирования возмущенного движения ракеты.

Разработан комплекс имитационного моделирования, с его помощью определена эффективность наведения ЛА на маневрирующую цель.

Результаты моделирования показывают возможность функционирования построенных моделей и возможность выполнения поставленной задачи с определенной точностью.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Понтрягин Л.С., Болтянский В.Г., Гамкрелидзе Р.В., Мищенко Е.Ф.** Математическая теория оптимальных процессов. – М.: Наука, 1969. – 384 с.
2. **Розоноэр Л.И.** Принцип максимума Л.С. Понтрягина в теории оптимальных систем // Автоматика и телемеханика. – 1959, т.20, №10. – С.1320–1334.
3. **Остославский И.В., Стражева И.В.** Динамика полёта. Траектории летательных аппаратов. – М.: Машиностроение, 1969. – 500 с.
4. **Моисеев Н.Н.** Элементы теории оптимальных систем. – М.: Наука, 1957. – 528 с.
5. **Брайсон А., Хо Ю-Ши.** Прикладная теория оптимального управления. – М.: Мир, 1972.
6. **Betts J.T.** *Practical Methods for Optimal Control Using Nonlinear Programming*, The Boeing Company, Seattle, Washington, 2001.

VEHICLE OPTIMAL CONTROL AND GUIDANCE ON MANEUVERING TARGET SUBJECT TO RANDOM DISTURBANCES

A.B. Afonkin

The article means that the vehicle control is finding of the current trajectory and center-of-mass motion control. The problem of vehicle optimal control defining at maneuvering target is solved for this purpose the dynamic models of controlled object and target-object were defined, performance criterion of control was selected and constraints on control parameters and phase coordinates were defined.

The vehicle represents a three-stage missile with a kill vehicle as a payload. The engines of each missile stage are solid-propellant; magnitude of thrust vector is not a controlled variable. In each certain case the real thrust differs from nominal engine characteristics.

It's suggested to solve the interceptor control problem at guidance on the target, the trajectory of which is not determined and is ascertained during the missile flight by means of ground measuring facilities by using so-called maximum principle which is used in optimal systems theory. The interceptor control problem is to get the minimum possible miss in the kill point with an object of interception. The natural constraints on controlled actions and disposable fuel weight were considered during the problem solving. Some characteristics disturbances (aerodynamic coefficients and thrust of engines) from the nominal one of the vehicle as uncontrolled random constraints are reviewed and a prior information of which is known in form of its variation limits. The influence of spread in its performance on the control process is defined by math modeling of perturbed motion of rocked.

The simulation modeling complex was worked out that permits to define the guidance effectiveness of the vehicle at maneuvering target.

The simulation results demonstrate the functioning possibility of developed models and assigned problem accomplishment possibility with certain accuracy.

ОСНОВЫ МЕТОДИКИ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПЕРСПЕКТИВНОЙ СИСТЕМЫ ПРОТИВОРАКЕТНОЙ ОБОРОНЫ США

© Автор, 2015

С.В. Голубчиков кандидат технических наук,
главный методист, ОАО «ГСКБ «Алмаз-Антей», г. Москва
E-mail: gsv_64@list.ru

В статье приводятся основы методики оценки эффективности преодоления противоракетной обороны (ПРО) противника боевыми блоками баллистических ракет и оценки эффективности противодействия ей. Сделан анализ разработки и развёртывания ПРО США наземного, морского и космического (гипотетически) базирования. Приведены модель потока баллистических целей и модель оценки эффективности ПРО.

Ключевые слова: противоракетная оборона, баллистические ракеты (БР), боевые блоки (ББ), эффективность, модель потока баллистических целей, модель оценки эффективности ПРО, ложные цели, вероятность распознавания, вероятность поражения, эффективность наземных рубежей ПРО.

The article considers principles of the effectiveness estimation procedure to penetrate the adversary missile defense system by ballistic missiles warheads and countermeasures effectiveness estimation to the system. The development and deployment analysis of the US ground missile defense (GMD), sea-based terminal defense and space-based (hypothetically) missile defense was conducted. The flow model of ballistic targets and MD effectiveness estimation model were presented.

Keywords: missile defense, ballistic missiles, warheads, effectiveness, flow model of ballistic targets, MD effectiveness estimation model, decoys, identification probability, kill probability, ground missile defense layers effectiveness.

Система противоракетной обороны (ПРО) США предназначена для перехвата конечного числа баллистических ракет (БР) и их боевых блоков (ББ) на различных участках траектории их полёта к цели.

ПРО США разрабатывается применительно к перехвату БР различной дальности: короткой, промежуточной, средней и межконтинентальной. При этом широко используются научные и технические достижения мирового уровня.

Она включает в себя три главных сегмента:

- информационную сеть датчиков космического, воздушного, наземного и морского базирования для обнаружения факта запуска баллистических ракет, слежения за их полётом, прицеливания и наведения оружия;
- ракеты-перехватчики наземного и морского базирования, поражающие боевые блоки путём прямого попадания или осколками;
- боевое руководство – командование, управление, связь, разведка, обеспечивающие эффективное применение двух других сегментов [1].

В настоящее время стоит задача оценить эффективность перспективной ПРО США с учётом мер противодействия.

ЛИТЕРАТУРА

1. Система национальной противоракетной обороны США. – URL: http://ru.wikipedia.org/wiki/Ground-Based_Midcourse_Defense.
2. **Васильев В.А., Мухин В.И.** Стратегическая оборонная инициатива и эшелонированная противоракетная оборона США. – М.: МО СССР, 1990. – 240 с.
3. **Васильев В.А., Голубчиков С.В., Новиков В.К.** Основы противодействия перспективным системам противоракетной обороны противника. – М.: РВСН, 2000. – 348 с.
4. **Голубчиков С.В.** Основы методики оценки эффективности перспективной системы противоракетной обороны США. // I Всероссийская научно-техническая конференция «Расплетинские чтения». Сборник тезисов докладов. – М.: ОАО «ГСКБ «Алмаз-Антей», 2013. – С.141–142.

5. 993 Report to the Congress on the Strategic Defense Initiative. Prepared by the Strategic Defense Initiative Organization. – Washington, D.C.: – 1993, – January.
6. Голубчиков С.В., Сумин А.С. Методика оценки эффективности преодоления ПРО США заатмосферного перехвата боевыми блоками баллистических ракет // Вестник Академии военных наук. – М.: Изд-во Академии военных наук, 2014, №1. – С.87–93.
7. Васильев В.А., Мухин В.И. Система глобальной защиты от ограниченного удара баллистических ракет Джи-ПАЛЗ. – М.: РВСН, 1994. – 159 с.
8. Самойлов В.И., Васильев В.А. Станет ли ядерное оружие «священной коровой» человечества? В двух частях. – М.: Изд-во «Полтекс», 1993. – 288 с.
9. *Missile Killer Advanced*. By Raham Warwick // *Flight International*, Vol. 147, № 4477, 1995, June 21 – 27.

ESTIMATION TECHNIQUE PRINCIPLES OF THE US ADVANCED MISSILE DEFENSE SYSTEM EFFECTIVENESS

S.V. Golubchikov

The US missile defense system is designed for terminal intercept of ballistic missiles (BM) and its warheads at different flight paths.

The US missile defense system is stipulated to intercept ballistic missiles of different ranges: short, intermediate, medium and long range interception. Herewith the world scientific and technical achievements are widely employed.

The US missile defense system consists of three main segments:

- Information network of space, air, ground and sea-based sensors for early detection of ballistic missiles launches, flight tracking, targeting and weapon guidance;
- Ground and sea-based interceptors capable to destroy warheads by the direct hit or debris (fragmentation);
- Combat command – command, control, communication, intelligence (C4I) providing the effective employment of two other segments [1].

At present there is a task to estimate the effectiveness of the US advanced missile defense system with respect to countermeasures.

УДК 519.816.629.8

АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ РАБОЧЕЕ МЕСТО ОПЕРАТОРА УПРАВЛЕНИЯ СРЕДСТВАМИ ВОЗДУШНО-КОСМИЧЕСКОЙ ОБОРОНЫ

© Авторы, 2015

А.С. Жебраков

ведущий научный сотрудник, ОАО «КБ «Электроприбор», г. Саратов

E-mail: alexey_zas@mail.ru

В.А. Поршнев кандидат технических наук,

начальник НИЦ-главный конструктор, ОАО «КБ «Электроприбор», г. Саратов

E-mail: pva@kber.ru

В.В. Сафронов доктор технических наук, профессор,

главный научный сотрудник, ОАО «КБ «Электроприбор», г. Саратов

E-mail: svv@kber.ru

Д.П. Тетерин доктор технических наук,

заместитель главного конструктора, ОАО «КБ промышленной автоматики», г. Саратов

E-mail: tdp@kbpa.ru

В статье изложен процесс создания современного автоматизированного рабочего места оператора с использованием методов системного анализа.

Ключевые слова: *автоматизированное рабочее место оператора, гипервекторное ранжирование, критерии выбора.*

The article states the design process of the modern operator's automated work station using the systems analysis method.

Keywords: *operator's automated work station, hyper-vector ranking, selection criterion.*

В рамках модернизации стационарных пунктов управления средствами воздушно-космической обороны разработан, изготовлен и проходит испытания опытный образец автоматизированного рабочего места оператора. Целью данной статьи является повышение эффективности работы оператора путём оптимизации способов отображения информации и её содержания, а также обеспечение современного уровня комфорта рабочего места. Проведён анализ отечественных и зарубежных разработок в плане внешнего облика рабочего места. Сгенерировано множество возможных вариантов конструктивного исполнения АРМ оператора, обоснованы критерии отбора эффективных вариантов конструкции, с использованием метода гипервекторного ранжирования осуществлён выбор наилучшего варианта облика АРМ оператора управления средствами воздушно-космической обороны.

В итоге разработан АРМ оператора, в состав которого входит пульт оператора с системой дублирования функций и кресло оператора (корабельное кресло оператора OPERATOR). Помещение, в котором расположен АРМ, оснащено системой кондиционирования воздуха.

В состав пульта входят:

- вычислительный комплекс – 2 шт. (основной и дублирующий);
- базовая станция системы единого времени с выносной антенной (на базе ГЛОНАСС) и табло отображения информации общего пользования – 2 шт.;
- жидкокристаллический видеомонитор с сенсорным экраном – 2 шт.;
- жк-панель для отображения информации – 2 шт.;
- принтер – 2 шт.;
- аудиосистема, применяемая в качестве громкой связи, – 1 шт.;
- мини-АТС – 1 шт.

Вычислительные комплексы и система единого времени расположены в стойках, входящих в состав пульта, что обеспечивает простоту обслуживания оборудования.

ЛИТЕРАТУРА

1. Перегудов Ф.И., Тарасенко Ф.П. Введение в системный анализ: Учеб. пособие для вузов. – М.: Высшая школа, 1989. – 367 с.
2. Сафронов В.В. Гипервекторное ранжирование сложных систем // Информационные технологии. – 2003, № 5. – С.23–27.
3. Сафронов В.В. Основы системного анализа: методы многовекторной оптимизации и многовекторного ранжирования: Монография. – Саратов: Научная книга, 2009. – 329 с.

AEROSPACE DEFENSE OPERATOR'S WORK STATION

A.S. Zhebrakov, V.A.Porshnev, V.V.Safronov, D.P.Teterin

Under upgrading the stationary control posts with aerospace defense means the prototype of operator's automated work station (OWS) was designed, manufactured and have been testing. The article aims to increase the effectiveness of operator's work by optimization of data display and its content, and providing the up-to-date comfort level of working place. The indigenous and foreign development works were analyzed concerning the exterior appearance of working place. The variety of possible design variants of OWS were generated; the selection criterion of effective alternative design variants were proved; the selection of the best aerospace defense control operator's working place view variant was conducted using the hyper-vector ranking method.

As a result the OWS was designed which composes of the operator's control panel (stand) with redundant functional control system and operator's seat (OPERATOR type ship arm-chair). The OWS compartment premise is equipped with air-conditioning system.

The operator's control panel comprises:

- Computing system – 2 items (main and redundant);
- Universal time system base station with remote antenna (GLONASS type) and display of common use – 2 pcs.;
- Liquid-crystalline video display monitor with touchscreen – 2 pcs.;
- LCD panel for data presentation – 2 pcs.;
- Printer – 2 pcs.;
- Audio system using as speaker phone – 1 pcs.;
- Mini-automatic telephone exchange – 1 pcs.

Computing units and universal time system are located in stands which are comprised the OWS that provides easy servicing of the equipment.

УДК 621.396.967.134

ПЕРСПЕКТИВЫ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ МЕТОДОВ АСТРОРЕФРАКТОМЕТРИИ И ПРИМЕНЕНИЯ ИХ В ВЫСОКОТОЧНЫХ СРЕДСТВАХ ПРОТИВОАСТЕРОИДНОЙ ЗАЩИТЫ

© Авторы, 2015

А.М. Карачевцев

главный специалист, ОАО «НПК «НИИДАР», г. Москва

E-mail: nik@niidar.ru

О.Н. Корощупов кандидат технических наук, профессор,

учёный секретарь диссертационного совета, ОАО «НПК «НИИДАР», г. Москва

E-mail: nik@niidar.ru

Рассмотрены особенности астрорефрактометрического обеспечения перспективных средств противоастероидной защиты. Изложена суть методов высокоточной компенсации влияния атмосферной рефракции радиоволн на результаты траекторных радиолокационных измерений наблюдаемых астероидов. Даны рекомендации по увеличению точности радиолокационного траекторного сопровождения входящих в плотные слои атмосферы астероидов.

Ключевые слова: точное время, точные координаты, траекторные измерения, противоастероидная защита.

The astrometrefractometric support of anti-asteroid safeguard means particulars were examined. The core of high-accuracy compensation methods of radio waves atmospheric refraction influence on trajectory radar measurements results of observed asteroids was presented. The recommendations on accuracy enhancement of the radar trajectory tracking of atmospheric entry asteroids were given.

Keywords: correct time, exact coordinates, trajectory measurements, anti-asteroid safeguard.

Проблема защиты землян от падающих на Землю астероидов весьма актуальна, поскольку последствия от астероидного вторжения могут сопровождаться катастрофами глобальных масштабов. Поэтому в перспективе создание единой глобальной системы противоастероидной защиты повышенной точности с измерительными средствами наземного и воздушно-космического базирования неизбежно. Несомненно, что в процессе её создания будет задействован научно-технический потенциал, ранее накопленный при разработке средств систем контроля космического пространства, противовоздушной и противокосмической обороны, программно-алгоритмического обеспечения их траекторных измерений в условиях неоднородной атмосферной среды. Методика учёта влияния атмосферной рефракции радиоволн при проведении координатно-временных измерений падающих на Землю астероидов близка по своей направленности к методике астрорефрактометрического обеспечения координатно-временных измерений падающих ИСЗ и их фрагментов.

В то же время следует указать на возможность минимизации рефракционных составляющих ошибок траекторных измерений, проводимых бортовыми средствами космического базирования со специально подобранных для них орбит. Достигается это за счёт использования противоположной направленности природных рефракционных свойств верхней ионосферы и задействованного при траекторных измерениях верхнего слоя нижней ионосферы, толщина которого рассчитывается с учётом значений текущих параметров ионосферы и применяемых при этом рабочих частот. Разработанные в ОАО «НПК «НИИДАР» технические решения по выбору орбит для выводимых в околоземное пространство радиолокационных средств наблюдения, обеспечивающих обнаружение астероидов на дальних подступах к Земле с автоматической компенсацией рефракционных составляющих ошибок, возникающих при траекторном сопровождении, могут быть востребованы в процессе создания системы противоастероидной защиты.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Медведев Ю.Д. и др.** Астероидно-кометная опасность / Под ред. Сокольского А.Г. – Санкт-Петербург, ИТА, МИПАО, 1996.
2. **Колосов М.А., Шабельников А.В.** Рефракция электромагнитных волн в атмосферах Земли, Венеры и Марса. – М.: Изд. Советское радио, 1976. – 220 с.
3. **Карачевцев А.М., Орёл Т.И., Сорокин В.А.** Об основных особенностях и результатах расчёта поправок на атмосферную рефракцию радиоволн при проведении высокоточных радиолокационных измерений угловых координат наблюдаемых объектов. // Труды IX Международной научно-технической конференции «Радиолокация. Навигация. Связь». – Воронеж: Изд. НПФ «Саквое» ООО, 2003, т.3. – С.1628–1639.
4. **Карачевцев А.М.** Особенности компенсации влияния атмосферной рефракции в высокоточных радиооптических комплексах наблюдения за космическими объектами. // Труды XII Международной научно-технической конференции «Радиолокация, Навигация, Связь». – Воронеж: Изд. НПФ «Саквое» ООО, 2006, т.3. – С.1890–1898.
5. **Карачевцев А.М., Коротун В.М., Кривоносов Н.Г., Куликов С.В., Зинин В.П., Орёл Т.И., Сорокин В.А., Сосульников В.В., Смолев Д.С.** Астрорефрактометрическое обеспечение траекторных измерений средств контроля космического пространства повышенной точности. Рекомендации по мониторингу атмосферы Земли и обнаружению дестабилизирующих воздействий на ионосферу. – Санкт-Петербург: Изд. Военно-космической академии им. Можайского, 2013, т.1. – С.282–297.

UPDATING PROSPECTS OF ASTROREFRACTOMETRY METHODS AND ITS APPLICATION IN HIGH-ACCURACY ANTI-ASTEROID SAFEGUARD MEANS

A.M. Karachevtcev, O.N. Koroshchupov

The Earth protection against asteroids threat is quite relevant as consequences after asteroids invasion can be accompanied by the global disaster. Therefore, in prospect the development of integrated global asteroid defense system of enhanced accuracy with ground-based, airspace-based sensors is inevitable. Certainly, the scientific and technological potential will be engaged in this process which was accumulated during space tracking systems and air and space defense systems development, design of program-algorithmic backup of its trajectory measurements in atmospheric environment irregularities condition. The registration technique of radio waves atmospheric refraction influence at conducting of coordinate-time-domain measurements of Earth-threaten asteroids is close in its trend to the astrophractometric support of coordinate-time-domain measurements of satellites and its fragmentation falling.

At the same time it's necessary to underline the possibility trajectory measurements refractive errors minimization carried out by onboard space-based means from the tailored-made orbits. This can be achieved by opposite directionality of upper ionosphere refractions and upper layer of the lower ionosphere involved at trajectory measurements, where the layer thickness is calculated with respect of current ionosphere parameters and used operational frequency. Engineering decisions developed by the JSC «Research and Production Complex «NIIDAR» concerning the orbits selection for radar surveillance means placing into near-Earth orbit providing asteroids detection at distant approaches to the Earth with automatic compensation of refractive errors components arising during trajectory tracking could be in demand at designing of asteroid defense system.

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ МЕТОДИКИ РАСЧЁТА КИНЕМАТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ОСКОЛОЧНЫХ ПОЛЕЙ БОЕВОЙ ЧАСТИ АКСИАЛЬНО-РАДИАЛЬНОГО ДЕЙСТВИЯ

© Автор, 2015

К.М. Кузнецов кандидат технических наук,
научный сотрудник 1НИЛ Военная Академия РВСН им. Петра Великого, г. Серпухов, Московская обл.
E-mail: kea1106@gmail.com

В статье изложены основные положения методики расчёта кинематических параметров радиального и аксиального полей боевой части ракеты. Решение задачи Дирихле проведено методом конечных разностей и итерационным методом Гаусса-Зейделя, что позволило найти оценки нижнего, среднего и верхнего уровней эффективности поражения средств воздушного нападения.

Ключевые слова: боевая часть аксиально-радиального действия, поражающие элементы, продукты детонации.

The article states key points of kinematic parameters calculation technique of the missile warhead radial and axial fields. The Dirichlet problem solution is done by the finite-difference method and Gausse-Seidel iteration method that permitted to find estimation values of the low, average and upper kill effectiveness levels of airborne threats.

Keywords: axial-radial effect warhead, submunitions, debris (explosion products).

В соответствии с проведёнными теоретическими и экспериментальными исследованиями расчёт кинематических параметров аксиально-радиального осколочных полей боевой части (БЧ) проводится в последовательности:

1. Путём приближённого решения двумерной задачи определяются: законы распределения скоростей и масс поражающих элементов (ПЭ) в угле разлёта для радиального поля; закон изменения давления на контакте продуктов детонации (ПД) - блок ПЭ; импульс давления, действующий на блок ПЭ.

2. Определяются осевые скорости эшелонов ПЭ аксиального поля при помощи решения одномерной задачи о метании их многослойного набора. Вычисляются средняя скорость и параметры эшелонирования потока ПЭ. Решение одномерной задачи производится по известному закону изменения давления на контакте ПД-блок ПЭ.

3. Путём решения двумерной задачи о движении блока ПЭ под действием заданного внешнего импульса определяется закон распределения радиальных скоростей для каждого слоя ПЭ блока. Влияние наличия оголовья учитывается импульсом, прикладываемым к боковой поверхности блока.

4. По известным законам распределения радиальных и осевых скоростей эшелонов ПЭ находятся законы распределения масс и скоростей элементов в угле разлёта для аксиального поля.

Для решения рассматриваемой задачи используются методы Дирихле, Лапласа, Гаусса-Зейделя, конечных разностей, последовательных приближений и математической статистики.

Методика реализована в машинной программе и позволяет на основе использования математического моделирования исследуемого процесса получать кинематические параметры аксиально-радиального осколочных полей БЧ, необходимые для оценки эффективности поражения средств воздушного нападения противника.

ЛИТЕРАТУРА

1. Станюкевич К.П. Неустановившееся движение сплошной среды. – М.: Наука, 1971. – 854 с.
2. Физика взрыва и удара / под ред. Л.П. Орленко. – М.: Физмат, 2008. – 304 с.
3. Усков Л.Ф. Научно-технические основы проектирования боевых частей осколочного типа средств защиты ракетных комплексов: Учеб. пособие. – М.: ВА РВСН им. Петра Великого, 2011. – 146 с.

KINEMATIC PARAMETERS CALCULATION TECHNIQUE KEY POINTS OF WARHEAD FRAGMENTATION FIELDS OF AXIAL-RADIAL EFFECT

K.M. Kuznetsov

In accordance with conducted theoretical and experimental studies the calculation of the warhead kinematic parameters of axial-radial fragmentation fields is carried out in the following sequence:

1. By means of approximate solution of bidimensional problem is defined the following: submunitions velocity and mass-distribution laws in dispersion angle for radial field; pressure variation law on detonation products contact – submunitions block; pressure pulse effecting on submunitions block.

2. The axial velocities of submunitions echelons of the axial field are defined by solving of one-dimensional problem on projection of its multilayer set. The average velocity and flow dispersion parameters of submunitions are calculated. The one-dimensional problem solution is carried out by the known pressure variation law on detonation products- submunitions block contact.

3. By means of bidimensional problem solution on submunitions block (group) movement under defined external momentum effect the radial velocities-distribution law is defined for each submunitions layer of the block. The head presence influence is considered by the pulse applied to the block side surface.

4. By means of known radial and axial velocities-distribution laws of submunitions echelons the elements velocity and mass-distribution laws in dispersion angle for radial field are defined.

For the learned problem solution the Dirichlet, Laplace, Gauss-Seidel, finite-difference, sequential approximations and mathematical statistics methods were implemented.

The technique is realized by the computer program and permits on the base of mathematical modeling of the learned process to get kinematic parameters of the warhead axial-radial fragmentation fields which are necessary for estimation of airborne threats kill effectiveness.

УДК 681.513.3-83.681.3

ПОСТРОЕНИЕ ВЫСОКОТОЧНОГО ЦИФРОВОГО СЛЕДЯЩЕГО ПРИВОДА ДЛЯ РЛС КОНТРОЛЯ КОСМИЧЕСКОГО ПРОСТРАНСТВА НА БАЗЕ VХI-МОДУЛЕЙ И ШИМ-РЕГУЛЯТОРОВ ТОКА. ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ

© Авторы, 2015

Е.Н. Панов кандидат технических наук,
ведущий инженер, ОАО «НПК «НИИДАР», г. Москва
E-mail: nevil.andrej@yandex.ru

В.А. Сорокин
главный конструктор, ОАО «НПК «НИИДАР», г. Москва
E-mail: nik@niidar.ru

В.К. Горбунов
ведущий инженер, ОАО «НПК «НИИДАР», г. Москва
E-mail: 1950147@rambler.ru

В статье рассматривается построение цифрового многодвигательного следящего привода на базе магистрально-модульной VХI-системы и ШИМ-регулирования тока якорной цепи каждого двигателя. При этом использовались высокоточные датчики положения на исполнительных осях и преобразователи угловых перемещений, расположенные на валах коллекторных двигателей. Широкие возможности VХI-системы в сочетании с высоким быстродействием ШИМ-регуляторов тока, а также разработка технологического программного обеспечения привели к созданию высокоточного цифрового следящего привода, сочетающего высокую точность слежения, плавность движения на малых скоростях, надёжность управления и оперативность контроля.

Ключевые слова: цифровой следящий привод, широтно-импульсный регулятор, VХI-система, ток двигателя, программное обеспечение.

The article considers the designing of the digital multimotor follow-up driver on the base of mains-module VХI-system and pulse-duration modulation (PDM) armature current regulation of each motor. Herewith the high-accuracy position sensors on actuating axis were used as well as angular displacement transducers located on commutator motors shafts. Manifold VХI-system possibilities coupled with fast response of PDM-current controllers and technological software development have led to construction of high-accuracy digital follow-up driver combining the follow-up high-accuracy, smoothness of motion at low speed, reliability of control and operational efficiency of checking.

Keywords: digital follow-up driver, pulse-duration modulation regulator, VХI-system, motor current, software.

В статье представлено построение цифрового многодвигательного следящего привода на базе магистрально-модульной VХI-системы и ШИМ-регулирования тока якорной цепи каждого исполнительного двигателя для РЛС контроля космического пространства. Широкие возможности VХI-системы, создание быстродействующих ШИМ-регуляторов тока с частотой пропускания более 100 Гц, а также разработка технологического программного обеспечения, привели к созданию высокоточного цифрового следящего привода, сочетающего высокую точность слежения, плавность движения на малых скоростях, надёжность управления и оперативность контроля. По результатам испытаний на объекте монтажа максимальная не превышает 1,2 угл. минут при отработке гармонического входного воздействия с амплитудой 72 угл. градуса и периодом 37,7 с. В статье отмечено, что применения ШИМ-регуляторов тока актуально в следящих приводах малой и средней мощности, в том числе с моментными двигателями, а также в следящих приводах изделий с автономным питанием.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Герман-Галкин С.Г.** Школа MATLAB. Моделирование устройств силовой электроники. Урок 9. Вторичные источники питания в полупроводниковом электроприводе // Журнал Силовая электроника. – СПб.: Изд-во Файнстрит, №18, 2008. – С.96–104.

HIGH-ACCURACY DIGITAL FOLLOW-UP DRIVER DESIGNING FOR SPACE SURVEILLANCE SYSTEM ON THE BASE OF VXI-MODULES AND PDM-CURRENT CONTROLLERS. APPLICATION PROSPECTS

E.N. Panov, V.A. Sorokin, V.K. Gorbunov

The article presents the designing of the digital multimotor follow-up driver on the base of mains-module VXI-system and pulse-duration modulation (PDM) armature current regulation of each actuating motor for the space surveillance system. Manifold possibilities of VXI-system and construction of PDM-current regulators with more than 100 Hz band pass and technological software development have led to construction of high-accuracy digital follow-up driver combining the follow-up high-accuracy, smoothness of motion at low speed, reliability of control and operational efficiency of checking. Based on tests results conducted on the assemble site the maximum follow-up error doesn't exceed 1.2 angular minutes at harmonical input effects with amplitude of 72 angular minutes and 37.7 sec period. The application of PDM-current regulators is relevant for follow-up drivers of low and medium power including those with torque motors and for follow-up driver's items with autonomous power supply.

МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ВЛИЯНИЯ ОШИБОК ПЕРВИЧНЫХ ИЗМЕРИТЕЛЕЙ ИНЕРЦИАЛЬНОЙ НАВИГАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ВЫСОКОСКОРОСТНОГО ПЕРЕХВАТЧИКА ДАЛЬНОГО ДЕЙСТВИЯ НА ТОЧНОСТЬ ОЦЕНКИ ЕЁ КООРДИНАТ

© Авторы, 2015

В.В. Пятков доктор технических наук, профессор,
профессор кафедры, Военно-космическая академия им. А.Ф. Можайского, г. Санкт-Петербург
E-mail: pyatkov@niitv.ru

П.В. Васильев кандидат технических наук, доцент,
начальник кафедры, Военно-космическая академия им. А.Ф. Можайского, г. Санкт-Петербург
E-mail: vasp1971@mail.ru

А.В. Мелешко кандидат технических наук,
ведущий специалист, ОАО «НПП «Радар ммс», г. Санкт-Петербург
E-mail: allaluna@list.ru

Ставится задача оценки ошибок инерциальной навигации высокоскоростного перехватчика дальнего действия, обусловленных ошибками первичных измерителей инерциальной системы управления – акселерометров и гироскопов. Приведены результаты оценок ошибок инерциальной навигации, полученные при моделировании на ЭВМ с использованием детерминистского и статистического подходов.

Ключевые слова: высокоскоростной перехватчик дальнего действия, инерциальная система управления, инерциальная навигационная система.

The assigned task is to estimate the inertial navigation errors of the long-range interceptor aircraft stipulated by the inertial control system primary indicators errors – accelerometers and gyroscopes. The inertial navigation errors assessment results, received during computer modeling using the deterministic and statistical approaches were presented.

Keywords: high-speed long-range interceptor aircraft, inertial control system, inertial navigation system.

В командно-инерциальной системе управления (ИСУ) высокоскоростного перехватчика дальнего действия (ВПДД) при прерывании радиосвязи с РЛС наведения основной вклад в ошибку определения собственных координат вносит инерциальная навигационная система (ИНС). Ставится задача оценки ошибок инерциальной навигации ВПДД, обусловленных ошибками первичных измерителей ИСУ – акселерометров и гироскопов. Для бесплатформенной ИНС ВПДД предложена модель ИСУ, включающая как саму ИНС, так и блоки кинематики метода наведения, формирования команд наведения, динамики ВПДД и модели движения цели. На основе теории инерциальной навигации применительно к бесплатформенной ИНС составлены нелинейные уравнения ошибок инерциальной навигации, обусловленных инструментальными погрешностями первичных измерителей ИСУ.

Для оценки значений ошибок инерциальной навигации разработаны детерминистский и статистический подходы к решению уравнений ошибок инерциальной навигации. При этом ввиду нелинейности дифференциальных уравнений ошибок инерциальной навигации как для детерминистского, так и для статистического подходов предлагается моделировать полёт ВПДД с одновременным решением численным методом указанных уравнений.

Для различных времен полёта ВПДД, наводимого на цель по методу оценки мгновенного пролёта, приводятся результаты моделирования работы ИНС перехватчика. Схожесть результатов моделирования как при статистическом, так и детерминистском подходах к оценке ошибок инерциальной навигации дают основания сделать вывод о правильности выбранного направления для оценки ошибок инерциальной навигации бесплатформенной ИНС ВПДД.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Иванов Н.М., Лысенко Л.Н.** Баллистика и навигация космических аппаратов. – М.: Дрофа, 2004. – 544 с.
2. **Сихарулидзе Ю.Г.** Баллистика летательных аппаратов. – М.: Наука. Главная редакция физико-математической литературы, 1982. – 325 с.
3. **Кузовков Н.Т., Салычев О.С.** Инерциальная навигация и оптимальная фильтрация. – М.: Машиностроение, 1982. – 225 с.
4. **Неусыпин К.А.** Современные системы и методы наведения, навигации и управления летательными аппаратами. – М.: Изд-во МГОУ, 2009. – 500 с.
5. **Пятков В.В.** Исследование наблюдаемости медленно меняющихся ошибок измерителей навигационной системы // Изв. Вузов. Приборостроение, 1998, Т.41, №5. – С.56–60.
6. **Пупков К.Л., Неусыпин К.А.** Вопросы теории и реализации систем управления и навигации. – М.: Биоинформ, 1997. – 368 с.

ERRORS EFFECT ASSESSMENT PROCEDURE OF NAVIGATIONAL SYSTEM PRIMARY INDICATORS OF LONG-RANGE INTERCEPTOR AIRCRAFT FOR ESTIMATION ACCURACY OF ITS COORDINATES

V.V. Pyatkov, P.V. Vasiliev, A.V. Meleshko

In the case of radio communication break with guidance radar in inertial control system (ICS) of the high-speed long-range interceptor aircraft (HLRI), the main error of its own positioning finding is originated in the inertial navigation system (INS).

The purpose is estimate errors of HLRI inertial navigation stipulated by the inertial control system primary indicators errors – accelerometers and gyroscopes.

For the stepdown inertial navigation platform of the HLRI the ICS model including as the INS itself as kinematics guidance method blocks, guidance command generation blocks, HLRI dynamics and target movement models command generation blocks.

Basing on the inertial navigation theory with respect to stepdown inertial navigation platform the nonlinear equations of inertial navigation errors stipulated by instrument errors of ICS primary indicators were set up.

For the error value estimation of the inertial navigation the deterministic and statistical approaches for inertial navigation errors equitation solutions were developed. Herewith, considering the nonlinearity of differential equations of inertial navigation errors as for deterministic as for statistical approaches, it's suggested to model the HLRI flight with simultaneous numerical techniques solution of given equations.

For a different HLRI time periods flight which is directed to a target according to instantaneous fly-by method, the HLRI inertial navigation system simulated results are performed. The modeling results similarity for both deterministic and statistical approaches to errors estimation of the inertial navigation, give ground to make a conclusion on correctness of the selected direction for inertial navigation errors estimation of the stepdown inertial navigation platform of the HLRI.

УДК 519:816:629.8

ВЫБОР НАИЛУЧШЕГО ВАРИАНТА СИСТЕМЫ ПОДГОТОВКИ И ПУСКА ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ НА ОСНОВЕ МЕТОДА ГИПЕРВЕКТОРНОГО РАНЖИРОВАНИЯ

© Авторы, 2015

В.В. Сафронов доктор технических наук, профессор,
главный научный сотрудник, ОАО «КБ «Электроприбор», г. Саратов
E-mail: svv@kber.ru

А.А. Северов кандидат технических наук,
главный конструктор, ОАО «КБ «Электроприбор», г. Саратов
E-mail: saal@kber.ru

Д.П. Тетерин доктор технических наук,
заместитель главного конструктора, ОАО «КБ промышленной автоматики», г. Саратов
E-mail: tdp@kbpa.ru

В статье предлагается методика построения кортежа Парето (упорядоченного множества эффективных вариантов систем подготовки и пуска летательного аппарата), основанная на методе гипервекторного ранжирования. Рассмотрен численный пример.

Ключевые слова: гипервекторное ранжирование, кортеж Парето, многокритериальная задача, летательный аппарат, система подготовки и пуска.

The article suggests the generation technique of the Pareto tuple (ordered set of the aerial vehicle preparation and launch system effective variants) based on the hyper-vector ranking method. The numerical example is considered.

Keywords: hyper-vector ranking, Pareto tuple, multicriterion problem, aerial vehicle, preparation and launch system.

Совершенствование летательных аппаратов (ЛА) требует создания новых или модернизации уже существующих СПП ЛА. Подобные мероприятия обеспечивают развитие СПП ЛА, предотвращают моральное старение и, следовательно, улучшают её технико-эксплуатационные характеристики. В данной статье под летательными аппаратами подразумеваются ракеты (противоракеты).

СПП ЛА предназначена, в частности, для решения следующих задач: предстартовая подготовка и пуск ЛА; обмен информацией с пунктом управления ракетного комплекса; управление средствами стартовой позиции; документирование и отображение информации; контроль технического состояния ЛА и локализация неисправностей до сменного блока; обеспечение автономных и регламентных работ и т.д.

Возможно несколько вариантов модернизации (новых вариантов) СПП ЛА, каждый из которых характеризуется множеством критериев. Необходимо выбрать наилучший по совокупности критериев вариант конструкции модернизированной (новой) СПП ЛА. Для этого следует: осуществить постановку задачи, предложить (выбрать) метод её решения; разработать варианты модернизации СПП ЛА; определить систему критериев, раскрывающих характерные свойства каждого варианта модернизации; выбрать наилучшую по совокупности критериев модернизированную (новую) СПП ЛА.

Рассматриваемая задача относится к многовекторным задачам системного анализа. В результате проведенного анализа известных методов решения такого класса задач сделан вывод, что предъявляемым требованиям отвечает метод гипервекторного ранжирования, основу которого составляет метод «жёсткого» ранжирования.

Рассмотрено 16 возможных вариантов модернизации СПП ЛА, учитывающих современные тенденции в развитии входящих в систему подсистем. Экспертным путём сформировано множество критериев оценки вариантов модернизации СПП ЛА. В состав множества входят три многовекторных, семь векторных и двадцать три скалярных компонента.

В результате применения метода гипервекторного ранжирования был построен кортеж Парето – упорядоченное множество эффективных вариантов модернизации СПП ЛА, а также выбран наилучший вариант для практического использования. Проведена опытно-конструкторская работа по модернизации СПП ЛА, итогом которой являются успешные испытания модернизированной системы на заводе-изготовителе и на объекте использования по назначению.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гнедов Г.М., Росенбаули О.В., Шумов Ю.А. Проектирование систем контроля ракет. – М.: Машиностроение, 1975. – 224 с.
2. Гурский Б.Г., Лющанов М.А., Спиринов Э.П. Основы теории систем управления высокоточных ракетных комплексов Сухопутных войск / Под ред. В.Л. Солунина. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2001. – 328 с.
3. Сафронов В.В. Основы системного анализа: методы многовекторной оптимизации и многовекторного ранжирования: Монография. – Саратов: Научная книга, 2009. – 329 с.
4. Сафронов В.В. Сравнительная оценка методов «жесткого» ранжирования, справедливого компромисса и равномерной оптимальности в задаче гипервекторного ранжирования систем // Информационно-управляющие системы. 2011, №3. – С.2–8.

SELECTION OF THE BEST VARIANT FOR AERIAL VEHICLES PREPARATION AND LAUNCH SYSTEM BASING ON HYPER-VECTOR RANKING METHOD

V.V. Safronov, A.A. Severov, D.P. Teterin

The aerial vehicles (AV) retrofit requires the design of a new and updating of the existing AV preparation and launch systems (PLS). Such arrangements provide the development of AV PLS, prevent the obsolescence and consequently improve its operational performance. The article implies the aerial vehicles as missiles (interceptors).

In particular the AV PLS is designed for the following problems solution: prelaunch preparation and AV launching; interaction with missile complex control post; launching site means control; information recording and display; AV serviceability status check and fault localization up to plug-in unit; providing of autonomous operation and periodic technical servicing etc.

The several AV PLS updating variants (new variants) are possible each of which is characterized by set of criteria. It's necessary to select the optimal design variant out of criteria aggregate of the updated (new) AV PLS. For this purpose it's recommended: to assign task, propose (to select) the method of its solution; to work out the AV PLS updating variants; to select the best updated (new) AV PLS as for criteria aggregate.

The considered task is related to multiple-vector system analysis problem. The analysis results of known solution techniques of such class of tasks concludes that the hyper-vector ranking method meets specified requirements, the basis of which is formed by the method of «rigid» ranking.

The article examines 16 possible variants of the AV PLS updating, considering the current developing trends of subsystems. A set of AV PLS updating variants estimation criterion was empirically formed. The criteria set include 3 multi-vector, 7 vector and 23 scalar components.

As a result of hyper-vector ranking method application the Pareto tuple was constructed – ordered set of effective variants for AV PLS updating, and the best variant for the practical use was selected. The research and development work on AV PLS updating was conducted the result of which are successful tests of upgraded system at manufacturing factory and at the launching point.

ОТРАБОТКА МЕТОДОВ СЕЛЕКЦИИ

© Автор, 2015

В.В. Фашев кандидат технических наук,
начальник отдела СКБ, НТЦ «НИИРП», ОАО «ГСКБ «Алмаз-Антей», г. Москва
E-mail: fashev@mail.ru

В статье рассматривается порядок отработки методов селекции боевых блоков баллистических ракет на фоне ложных целей с использованием информации по параметрам траекторий и сигнальным характеристикам баллистических целей, ранее накопленной по результатам натурных работ и (или) получаемой с использованием программно-реализованной модели, имитирующей полет элементов сложной баллистической цели и работу РЛС противоракетной обороны.

Ключевые слова: селекция, комплекс средств преодоления, противоракетная оборона, априорные сведения, баллистическая ракета, сложная баллистическая цель.

The article considers the optimization sequence of ballistic missiles warheads discrimination methods in background of decoys using the ballistic missiles trajectories parameters and signal characteristics data previously stored during field tests and (or) received with application of software-based model simulating elements flight of complex ballistic target and the radar operation of the missile defense system.

Keywords: discrimination, countermeasures, missile defense, priori data, ballistic missile, complex ballistic target.

Для ведения эффективной борьбы со сложными баллистическими целями (СБЦ) система противоракетной обороны (ПРО) должна осуществлять селекцию боевых блоков на фоне ложных целей.

Считается, что цели можно классифицировать по их динамическим характеристикам, по отражению и излучению энергии и взаимосвязи их с окружающей средой (Ануреев И.И. Оружие противоракетной и противокосмической обороны. – М.: Воениздат, 1971. – С. 143).

При этом отработка методов селекции во многом связана с наличием априорной информации. Характер располагаемых априорных сведений определяет не только результат решения задачи селекции, но и саму структуру алгоритмов (решающих правил), применяемых при её решении (Селекция и распознавание на основе локационной информации / под ред. Горелика А.Л. – М.: Радио и связь, 1990. – С. 159).

Отработка методов селекции связана с проведением большого числа натурных работ, в которых должны использоваться цели, максимально соответствующие по своим характеристикам боевым блокам и комплексам средств преодоления ПРО, находящимся на вооружении у потенциального противника.

Проведение таких работ является достаточно затратным с финансовой точки зрения и не всегда целесообразным, когда идет речь об отработке методов селекции по однотипным целям. В этом случае оптимальным является использование накопленной в ходе натурных работ информации по параметрам траекторий и сигнальным характеристикам баллистических целей в программно-реализованной модели алгоритмов селекции (далее – модель селекции).

В случаях, когда отсутствует накопленная информация по результатам натурных работ, входную информацию для модели селекции можно получить с использованием программно-реализованной модели, имитирующей полёт элементов СБЦ и работу РЛС ПРО (далее – модель входной информации). Применение такой модели целесообразно и в случае, когда произошло изменение или уточнение априорной информации.

Для реализации этих положений в НТЦ «НИИРП» ОАО «ГСКБ «Алмаз-Антей» разработана автономная модель селекции СБЦ, позволяющая проводить отработку (корректировку) алгоритмов селекции по результатам натурных работ (режим воспроизведения ранее накопленной информации), моделирования или комбинированным способом, когда часть входной информации поступает в режиме воспроизведения, а часть выдаёт модель входной информации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Прокудин А.И., Гаврилов В.С., Мохоров Г.Н. Точность межконтинентальных баллистических ракет / под ред. Волкова Л.И. – М.: Машиностроение, 1996.
2. Ануреев И.И. Оружие противоракетной и противокосмической обороны. – М.: Воениздат, 1971.
3. Небабин В.Г., Сергеев В.В. Методы и техника радиолокационного распознавания. – М.: Радио и связь, 1984.
4. Селекция и распознавание на основе локационной информации / под ред. Горелика А.Л. – М.: Радио и связь, 1990.

DISCRIMINATION METHODS OPTIMIZATION

V.V. Fashchev

For effectively counter the complex ballistic targets (CBT) it's necessary for the missile defense system to discriminate the payload in decoys cloud. It's considered that target can be classified according to its dynamic characteristics, reflection and energy radiation, and its interaction with the environment («Missile and space missile defense weapon» I.I. Anureev. M.: Voenizdat, 1971. – p.143). Herewith the discrimination methods optimization is mostly connected with priori information presence. The nature of available priori data defines not only discrimination problem solution results but the algorithms structure (decision procedure) applied during its solution («Discrimination and identification on the base of radar information» / A.L.Gorelik. M.: Radio and communications, 1990. – p.159).

The discrimination methods optimization is connected with large number of full-scale works which use targets maximally corresponding in its characteristics to adversary warheads and missile defense countermeasures. Handling of such a kind of works is quite costly and not always worthwhile as for discrimination methods optimization of single-type targets. In this case the optimal way is to use the data accumulated during field tests on ballistic missiles trajectories parameters and signal characteristics in software-based model of discrimination algorithms (hereinafter referred to as discrimination model). In situation when there is no accumulated information resulting field tests the source information for the discrimination model can be obtained with use of software-based model simulating CBT elements flight and missile defense radar operation (hereinafter referred to as source information model). The model application is useful when the priori data was changed or updated.

For these provisions realization the autonomous CBT discrimination model was designed by the JSC «Almaz-Antey» NIIRP Research and Development Centre, permitting to carry out the optimization (correction) of discrimination algorithms basing on field tests results (previously accumulated information playback mode), modeling or combined when a part of input information comes in playback mode and other part of data is given by the source information model.

ПРОБЛЕМНЫЕ ВОПРОСЫ ПОСТРОЕНИЯ СИСТЕМ И СРЕДСТВ ВКО

УДК 78.19.01

ВЛИЯНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННО-ТЕХНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ОБРАЗЦОВ ВООРУЖЕНИЯ И ВОЕННОЙ ТЕХНИКИ НА СООТНОШЕНИЕ БОЕВЫХ ПОТЕНЦИАЛОВ СТОРОН В ХОДЕ БОЕВЫХ ДЕЙСТВИЙ

© Авторы, 2015

Е.Ю. Брежнев кандидат технических наук,
Военная академия воздушно-космической обороны
им. Маршала Советского Союза Г.К. Жукова, г. Тверь
E-mail: evgen709@mail.ru

В.Н. Самусенко доктор технических наук, профессор,
профессор кафедры Тактики и вооружения зенитных ракетных войск,
Военная академия воздушно-космической обороны
им. Маршала Советского Союза Г.К. Жукова, г. Тверь

В статье рассматривается методологический подход к оценке влияния мероприятий технического обеспечения на соотношение боевых потенциалов сторон в ходе боевых действий.

Ключевые слова: боевые действия, боевой потенциал, вооружение и военная техника, эксплуатационно-технические характеристики.

The article considers the methodological approach to the influence assessment of technical support activities on the ratio of combat potentials of the parties during combat operations.

Keywords: combat operations, combat potential, armament and military equipment, maintenance and technical specifications.

Успех ведения военных действий во многом определяется не только своевременностью проведения необходимых операций, но и соотношением боевых потенциалов сторон на протяжении всей операции в динамике.

При этом прогноз изменения боевых потенциалов сторон является важнейшим элементом поддержки принятия решения в ходе боевых действий.

Боевой потенциал противоборствующих сторон представляет собой свертку частных качественных показателей боевой мощи вооружения и военной техники.

Динамика и исход соотношения боевых потенциалов сторон определяется, с одной стороны, степенью реализации боевых возможностей группировок войск (сил) противоборствующих сторон в конкретных условиях боевой обстановки и характеризует эффективность их боевого применения, с другой стороны – заложенными в образцы вооружения значениями эксплуатационно-технических характеристик.

Повышение значений показателей надёжности, живучести, готовности вооружения и военной техники одной из сторон противоборства равносильно повышению численности образцов в составе группировки.

Таким образом, при моделировании боевых действий необходим учёт эксплуатационно-технических характеристик вооружения и военной техники группировок войск (сил) сторон. Отсутствие этого учёта в научно-методическом обеспечении современных моделирующих комплексов в настоящее время и объективная необходимость его осуществления являются научным противоречием.

Разрешение обозначенного противоречия позволит оценить влияние надёжности, живучести и готовности вооружения на соотношение и динамику изменения боевых потенциалов противоборствующих сторон, что позволит лицу, организующему боевые действия, принять наиболее адекватные действительности решения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Сборник материалов научно-методического семинара «Методические принципы расчёта боевых потенциалов вооружения и военной техники». – М.: ЦОСИ ГШ ВС, 1991.
2. Методика расчёта соотношения сил и средств сторон с помощью боевых потенциалов вооружения, военной техники, соединений и частей: Частный научно-технический отчёт по НИР «Клин». – М.: Войсковая часть 01168, 1981.

Поступила 16 января 2015 года.

INFLUENCE OF OPERATIONAL TECHNICAL CHARACTERISTICS OF SAMPLES OF ARMS AND MILITARY EQUIPMENT ON THE RATIO OF COMBAT POTENTIAL OF THE PARTIES DURING COMBAT OPERATIONS

E.Y. Brezhnev, V.N. Samusenko

The success of military operations is defined to a large extent not only by timeliness of sustaining the necessary operations, but also by the ratio of combat potentials of the parties throughout the whole operation in progress.

Herein the forecast of changing in parties combat potentials is an essential element of decision making support for conducting of combat operations.

The combat potential of the opposing sides is a complexity of particular quality indicators of weapons and military equipment firepower.

The progress and the ratio of parties military potentials outcome is determined, on the one hand, by the degree of combat capabilities management of opposing sides force grouping (forces) in the specific conditions of battlefield environment and characterizes the effectiveness of its tactical employment, from the other hand – by operational and technical characteristics values specified during development phase.

The values indicators increasing of reliability, survivability, weapons and military equipment readiness by one of the opposing sides is equivalent to increasing of combat materiel amount of the grouping.

Therefore, at modeling of combat operations it's necessary to consider weapons and military equipment operational and technical characteristics of force groupings (forces) of the parties. The absence of this consideration in the scientific-methodological provision of modern simulation complexes at the present time and the objective necessity of its implementation are scientific contradiction.

The resolution of contradictions permits to evaluate the reliability, survivability, weapons and military equipment readiness influence on the ratio and progress of combat potentials changing of the opposing sides, that would allow the commander to make an adequate decision to the current situation during combat operations.

СИСТЕМЫ МАССОВОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ С ДЕГРАДАЦИЕЙ

© Авторы, 2015

А.К. Красников доктор технических наук,
ОАО «Концерн «Моринформсистема-Агат», г. Москва
Н.С. Щербаков доктор технических наук, профессор,
начальник отдела Научно-образовательного центра, ОАО «ГСКБ «Алмаз-Антей» г. Москва
E-mail: aspirantura@gskb.ru

В статье рассматривается методика анализа эффективности функционирования деградирующих систем массового обслуживания. Предложена система критериев и показателей качества таких систем. Приведены формульные зависимости и примеры получаемых оценок.

Ключевые слова: математические модели, системы массового обслуживания (СМО), деградация СМО, оценки вероятностных показателей эффективности, боевое противоборство.

The article considers performance analysis method of degraded queueing systems operational effectiveness. The set of criteria and performance index of such systems were proposed. The formula functions and examples of assessed values were performed.

Keywords: mathematical models, queueing systems, queueing systems degradation, probability effectiveness index assessment, combat countering.

При рассмотрении СМО обычно предполагают, что заявки пассивны по отношению к процессу обслуживания. Однако есть СМО, в которых заявки активно реагируют на начавшийся процесс обслуживания. Такие заявки или способствуют процессу обслуживания или препятствуют ему. В последнем случае эти заявки называют агрессивными. Они могут поразить обслуживающий аппарат, полностью уничтожить его или частично разрушить. При этом тогда СМО продолжит работу, но с деградацией, т.е. с некоторой потерей своих функциональных возможностей. Примером таких деградирующих СМО может служить противоборство многоканальных зенитных ракетных комплексов с атакующими средствами воздушного нападения.

Нахождение СМО в каждом из возможных состояний определяется из решения системы дифференциальных уравнений по известной методике Колмогорова. Для этой цели в статье используется математический пакет Mathcad.

Предложены системы критериев и показателей эффективности функционирования системы.

Приведены графики зависимости количества деградированных каналов от времени налёта.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Вентцель Е.С.** Исследование операций. – М.: Советское радио, 1972. – 552 с.
2. **Алдошин В.М., Кузнецов В.В., Штраков А.Ю.** Особенности одноканальной системы массового обслуживания «агрессивных» заявок с потерями // Вестник воздушно-космической обороны. – М.: ГСКБ «Алмаз – Антей», вып.1, 2014.
3. **Дьяконов В.П.** Mathcad 11/12/13 в математике. Справочник. – М.: Горячая линия – Телеком, 2007. – 985 с.
4. **Красников А.К., Новиков Е.С., Щербаков Н.С.** Системы поддержки принятия решений как средство инновационного развития научных исследований и образования // Монография Всероссийской научно-практической конференции «Проблемы развития политического образования и военной науки в ВМФ» – СПб, ВМПИ, 2013.
5. **Красников А.К., Новиков Е.С., Щербаков Н.С.** Анализ и управление рисками в корабельной системе специального назначения // Сборник тезисов докладов Всероссийской НТК XVI Макаевские чтения. «Интегрированные многофункциональные системы управления для ВМФ», ОАО «Концерн «Моринформсистема – Агат». – М.: 2010.
6. **Новиков О.А., Петухов С.И.** Прикладные вопросы теории массового обслуживания. – М.: Советское радио, 1969. – 400 с.

Поступила 16 января 2015 года.

QUEUEING SYSTEMS WITH DEGRADATION

A.K. Krasnikov, N.S. Shcherbakov

The issue of queueing systems assumes that requests are passive in relation to service operation process. However there are queueing systems where requests extensively respond to initiated service operation. Such requests could enable the service operation process or block it. The last case these requests are called the aggressive requests which could defeat the maintained device, completely destroy or partially damage it. Herewith then queueing systems continue operation but with degradation i.e. with some loss of its functional capabilities. The example to such degraded queueing systems can be combat countering of multichannel air defense missile complexes with aerial assault weapons.

The finding of queueing systems in each possible condition is determined through solution of differential equation system according to the well-known Kolmogorov method. For this purpose the mathematical Mathcad product was implemented in the article.

The set of criteria and performance index of such systems were proposed.

The dependence diagrams of degraded channels amount from the time of raid we demonstrated.

ИССЛЕДОВАНИЯ В СФЕРЕ ПРОЕКТНО- КОНСТРУКТОРСКИХ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РАБОТ

УДК 338.3

КЛЮЧЕВЫЕ ПРОБЛЕМЫ РЕАЛИЗАЦИИ «БЕРЕЖЛИВОГО» ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА СПЕЦИАЛЬНОЙ ПРОДУКЦИИ

© Авторы, 2015

С.Н. Остапенко доктор технических наук, профессор,
зам. генерального директора, ОАО «Концерн ПВО «Алмаз – Антей», г. Москва
E-mail: iuser03@almaz-antey.ru

С.В. Лушин кандидат технических наук,
советник зам. генерального директора, ОАО «Концерн ПВО «Алмаз – Антей», г. Москва

Рассмотрены некоторые рекомендации организационно-технического характера, направленные на кардинальное сокращение издержек производства на основе «бережливого» жизненного цикла, которые могут быть эффективно реализованы в рамках интегрированной структуры.

Ключевые слова: жизненный цикл, этапы жизненного цикла, бережливое производство, технологическая подготовка производства.

The article examines some recommendations on organizational and technical issues focused on fundamental production costs saving on the base of «lean» life cycle which can effectively implemented under integrated structure.

Keywords: life cycle, life cycle stages, lean production, process design.

Статья посвящена анализу проблем, возникающих при решении актуальной задачи кардинального снижения издержек производства при внедрении «бережливого» жизненного цикла (БЖЦ), позволяющего исключить или максимально сократить потери на всех этапах полного жизненного цикла (ПЖЦ) изделия, в том числе прогнозировать плановое сокращение издержек на этапе разработки специального изделия.

Использование при создании специальной продукции технологии и принципов бережливого производства авторами впервые предложено рассматривать БЖЦ как единую систему в общей системе управления ПЖЦ.

Анализ практики разработки и производства специальной продукции предприятиями оборонно-промышленного комплекса Российской Федерации позволил выявить ряд ключевых проблем, препятствующих или затрудняющих реализацию принципов бережливого производства на основе БЖЦ.

Эти проблемы объединены в три группы: организационные, проектно-организационные и производственно-организационные. При подробном анализе проблем каждой группы авторами не только рассматриваются причины возникновения проблем, но и даются рекомендации по их преодолению. В этом состоит практическое значение работы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Вутек Дж. Джонс Д. Бережливое производство: Как избавиться от потерь и добиться процветания вашей компании. – М.: АЛЬПИНА ПАБЛИШЕР, 2013. – 472 с.
2. Джеффри Лайкер, Дэвид Майер. Практика ДАО TOYOTA. – М.: АЛЬПИНА ПАБЛИШЕР, 2014. – 586 с.
3. Открытое акционерное общество «Российские железные дороги» «Об утверждении методики оценки эффективности внедрения технологий бережливого производства». Распоряжение от 29 декабря 2012 г. № 2768р.

4. Протокол заседания Военно-промышленной комиссии при Правительстве РФ от 25 апреля 2014 г. № 4 «О внедрении системы бережливого производства в организациях оборонно-промышленного комплекса».
5. ОАО «Концерн ПВО «Алмаз-Антей» «Программа по снижению издержек производства на 2014-2020 гг.».
6. Приказ от 29 декабря 2008 г. «О внедрении производственной системы «Росатом» в организациях отрасли».
7. Утверждены в 2008 г. «Декларация о Производственной системе «КАМАЗ», единые цели «Производственной системы «КАМАЗ» на 2008 год.

Поступила 30 января 2015 года.

KEY REALIZATION ISSUES OF SPECIAL-PURPOSE ITEMS «LEAN» LIFE CYCLE

S.N. Ostapenko, S.V. Lushin

The article considers problems analysis arising at actual task solution of fundamental production costs saving at introduction of the «lean» life cycle (LLC) permitting to exclude or maximally reduce losses at all stages of full life cycle (FLC) of the item (product) including forecasting of planned cost saving at development cycle of the special-purpose item.

The using of technology and lean production principles during manufacturing of special-purpose items is proposed by the authors to consider LLC as an integrated system in FLC control system.

The special-purpose items manufacturing and development practice analysis by the industry-defense complex enterprises of the Russian Federation permitted to find out a number of key problems blocking or complicating the implementation of the lean production principles on the base of LLC.

These problems are joined into three groups: organizational, project-organizational and production-organizational groups. At detailed analysis of problems in each group the authors learn not only the problem whence but give recommendations on its overcoming. This is the practical importance of the paper.

АНАЛИТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ЗАРУБЕЖНОГО ОПЫТА

УДК 623.764

ПРОВЕДЕНИЕ ПЕРВЫХ СТРЕЛЬБОВЫХ ИСПЫТАНИЙ НАЗЕМНОГО КОМПЛЕКСА ПРО AEGIS ASHORE

© Авторы, 2015

В.В. Жестков

зам. начальника Управления, ОАО «ГСКБ «Алмаз-Антей», г. Москва
E-mail: info@raspletin.com

А.Е. Свистунов

начальник отдела, ОАО «ГСКБ «Алмаз-Антей», г. Москва
E-mail: info@raspletin.com

В.А. Кульбякина

ведущий аналитик отдела, ОАО «ГСКБ «Алмаз-Антей», г. Москва
E-mail: info@raspletin.com

В статье рассматривается проведение первых стрельбовых испытаний наземного комплекса ПРО AEGIS ASHORE, в котором предполагается использовать противоракеты SM-3 Block IB, развернутые в 2014 году на кораблях системы ПРО для оперативного использования.

Ключевые слова: стрельбовые испытания, наземный комплекс ПРО AEGIS ASHORE, противоракета Standard Missile-3.

The article views the first firing test of the ground-based AEGIS ASHORE missile defense system where SM-3 Block IB interceptors are to be enabled which were deployed on missile defense system ships in 2014 for operational use.

Keywords: firing test, AEGIS ASHORE Ground-based Missile Defense system, SM-3 Interceptor.

Специалисты Агентства ПРО Министерства обороны США совместно с ВМС США провели первые стрельбовые испытания с задействованием ключевых компонентов наземного комплекса ПРО AEGIS ASHORE.

В наземной системе AEGIS ASHORE могут использоваться противоракеты SM-3 Block IB морского базирования без каких-либо дополнительных модификаций. В 2014 году противоракеты SM-3 модификации IB были впервые развернуты на кораблях системы ПРО для оперативного использования. В составе наземных комплексов планируется развертывать одновременно не больше 24 ПР в оперативном дежурстве.

Испытание осуществлялось в рамках поэтапной адаптивной программы развертывания систем ПРО в Европе EPAA (European Phased Adaptive Approach), согласно плану которой, наземная система ПРО AEGIS ASHORE должна быть активирована на территории Румынии в 2015 году и Польши в 2018 году. Испытания комплекса AEGIS ASHORE с выполнением перехвата реальной цели будут проведены в 2015 году.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Aegis Ashore System Conducts Successful Flight Test*, US Department of Defense. URL: <http://www.defense.gov/news/newsarticle.aspx?id=122296>.
2. *Aegis Ballistic Missile Defense*. URL: http://www.mda.mil/system/aegis_ashore.html.
3. *Aegis Ashore*, Lockheed Martin Company. URL: <http://lockheedmartin.com/us/products/aegis/aegis-ashore.html>.
4. *EPAA & Aegis Ashore*. URL: <http://www.defenseindustrydaily.com/land-based-sm-3s-for-israel-04986>.

Поступила 16 января 2015 года.

AEGIS ASHORE

(Ground-based AEGIS ASHORE missile defense system first firing test)

V.V. Zhestkov, A.E. Svistunov, V.A. Kulbyakina

The US Missile Defense Agency (MDA) specialists jointly with the US Navy held the first firing test involving the key components of the ground-based AEGIS ASHORE missile defense system.

Naval SM-3 Block IB interceptors could be used in ground-based AEGIS ASHORE missile defense system without any subsequent modifications. SM-3 Block interceptors of IB modification were deployed in 2014 for the first time on the missile defense ships for operational use. Not more than 24 interceptors of ground-based AEGIS ASHORE missile defense system are planned to be deployed in operational mode.

The test was conducted under European Phased Adaptive Approach plan which envisages the activation of ground-based AEGIS ASHORE missile defense system on the territory of Romania in 2015 and Poland in 2018 respectively. The next trials of AEGIS ASHORE missile defense system with actual target interception are planned to be conducted in 2015.

УДК 623.9

ПРОВЕДЕНИЕ СЕРИИ ИСПЫТАНИЙ СИСТЕМЫ ПРО AEGIS НОВОЙ МОДИФИКАЦИИ, ПРОТИВОРАКЕТЫ ПВО-ПРО SM-6 И НОВОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ОГНЕМ СРЕДСТВ ПВО ВМС США NIFC-CA

© Авторы, 2015

В.В. Жестков

зам. начальника Управления, ОАО «ГСКБ «Алмаз-Антей», г. Москва

E-mail: info@raspletin.com

А.Е. Свистунов

начальник отдела, ОАО «ГСКБ «Алмаз-Антей», г. Москва

E-mail: info@raspletin.com

В.А. Кульбякина

ведущий аналитик отдела, ОАО «ГСКБ «Алмаз-Антей», г. Москва

E-mail: info@raspletin.com

В статье рассматривается проведение серии испытаний системы ПВО-ПРО AEGIS последней модификации 5.0 с пуском ПР SM-6, предназначенной для поражения сложных аэродинамических целей, а также боевых блоков баллистических ракет на конечном участке траектории полёта с задействованием новой системы управления огнем средств ПВО ВМС США NIFC-CA.

Ключевые слова: стрельбовые испытания, система ПВО-ПРО AEGIS, противоракета SM-6, система управления огнем средств ПВО ВМС США NIFC-CA.

The article views the serial firing tests of the AEGIS missile defense system of a new modification 5.0 with launch of SM-6 interceptor, intended for destruction of complex aerodynamic targets and ballistic missiles re-entry vehicles on terminal phase involving Naval Integrated Fire Control-Counter Air system (NIFC-CA).

Keywords: firing test, AEGIS missile defense system, SM-6 Interceptor, Naval Integrated Fire Control-Counter Air system.

Военнослужащие ВМС США совместно со специалистами компаний Lockheed Martin и Raytheon в период с 18 по 20 июня 2014 года провели серию испытаний системы ПВО-ПРО AEGIS последней модификации 5.0 с задействованием ПР SM-6, предназначенной для поражения сложных аэродинамических целей, боевых блоков баллистических ракет на конечном участке траектории полета.

В ходе учений была задействована интегрированная система управления огнем средств ПВО ВМС NIFC-CA, что обеспечило загоризонтную передачу данных целеуказания от удаленных сенсоров на корабельную РЛС системы AEGIS AN/SPY-1D(V).

Сценарий перехвата противоракетой SM-6 боевых блоков БР на конечном участке будет отрабатываться в ходе учений, которые пройдут в конце 2015 – начале 2016 года.

ЛИТЕРАТУРА

1. Raytheon Missiles Make History in Long-Range, Supersonic Tests. URL: http://www.raytheon.com/newsroom/feature/sm-6_long_range_supersonic.html.
2. SM-6. URL: <http://www.raytheon.com/capabilities/products/sm-6>.
3. Lockheed Martin : Aegis Combat System's Newest Baseline Demonstrates Over The Horizon Capability In Series Of Three Tests. URL: <http://missilethreat.com/missile-class/standard-missile-6-sm-6>.
4. US Navy's SM-6 and over-the-horizon fire control score intercepts at sea. URL: <http://www.janes.com/article/40550/us-navy-s-sm-6-and-over-the-horizon-fire-control-score-intercepts-at-sea>.
5. Defense Acquisitions, Assessments of Selected Weapon Programs. URL: <http://www.gao.gov/assets/660/653379.pdf>.

Поступила 16 января 2015 года.

SERIAL FIRING TESTS OF THE NEW MODIFICATION AEGIS MISSILE DEFENSE SYSTEM, SM-6 INTERCEPTOR AND NAVAL INTEGRATED FIRE CONTROL-COUNTER AIR SYSTEM

V.V. Zhestkov, A.E. Svistunov, V.A. Kulbyakina

The US Navy in cooperation with Lockheed Martin and Raytheon specialists conducted in June 18-20, 2014 a series of firing tests of AEGIS missile defense system of a new modification 5.0 with launch of SM-6 interceptor, intended for destruction of complex aerodynamic targets and ballistic missiles re-entry vehicles on terminal phase.

The trials involved Naval Integrated Fire Control-Counter Air system (NIFC-CA) that provided over-the-horizon target designation data transmitting from distant sensors to the naval AEGIS missile defense system AN/SPY-1D(V) radar.

The SM-6 interception scenario of ballistic missiles re-entry vehicles on terminal phase will be carried out during tests which are planned on late 2015 or beginning of 2016.

РАЗВИТИЕ ПРОГРАММЫ СОЗДАНИЯ НОВОГО КОРАБЕЛЬНОГО РЛК AMDR

© Авторы, 2015

В.В. Жестков

зам. начальника Управления, ОАО «ГСКБ «Алмаз-Антей», г. Москва

E-mail: info@raspletin.com

А.Е. Свистунов

начальник отдела, ОАО «ГСКБ «Алмаз-Антей», г. Москва

E-mail: info@raspletin.com

В.А. Кульбякина

ведущий аналитик отдела, ОАО «ГСКБ «Алмаз-Антей», г. Москва

E-mail: info@raspletin.com

В статье рассматриваются программы создания нового корабельного РЛК AMDR, что позволит интегрировать новый РЛК в корпус эсминца проекта DDG-51 серии Flight III в 2019 году для выполнения задач ПВО-ПРО. Планируется объединить новую РЛС S-диапазона AMDR-S и существующую РЛС X-диапазона, которые будут сопряжены с корабельной многофункциональной системой управления оружием AEGIS.

Ключевые слова: противоракетная оборона, корабельный радиолокационный комплекс, многофункциональная система управления оружием.

The article views the new ship-based Air and Missile Defense Radar (AMDR) program intended for the new radar integration to DDG-51 Flight III destroyer by 2019 to accomplish air and missile defense tasks. It's planned to combine work of new S-band radar (AMDR-S) and existing X-band radar (AN/SPQ-9B) which will be conjugated with multimission shipboard AEGIS weapon system.

Keywords: missile defense, ship-based radar complex, multimission weapon system.

В статье рассматривается программа создания нового корабельного РЛК AMDR, что позволит интегрировать новый РЛК в корпус эсминца проекта DDG-51 серии Flight III в 2019 году для выполнения задач ПВО-ПРО.

На первом этапе в составе нового радиолокационного комплекса AMDR планируется объединить две РЛС – новую РЛС S-диапазона AMDR-S и существующую РЛС X-диапазона AN/SPQ-9B производства компании Northrop Grumman, работу которых будет координировать блок управления RCS, являющийся также основным средством сопряжения двух РЛС с многофункциональной системой управления оружием AEGIS.

Главный компонент РЛК AMDR - РЛС AMDR-S - состоит из отдельных радиолокационных модулей RMA. Каждый модуль является автономным радиолокационным приемопередающим блоком размером 0,60×0,60×0,60 м.

Данные модули собираются в объединенную антенную решетку определенного типоразмера (от 9 до 69 модулей RMA). Количество модулей можно как уменьшать, так и увеличивать в зависимости от характеристик платформы базирования и выполняемых задач. Таким образом, версии РЛК AMDR могут как превышать мощность существующих РЛС AN/SPY-1D(V), так и быть меньшей мощности.

Всё сопутствующее оборудование РЛК AMDR, включая систему охлаждения, электропитания и программного обеспечения, также масштабируется в зависимости от требуемых размеров антенной решетки. Подобная гибкость в масштабировании позволяет размещать РЛК на кораблях различных проектов и классов, повышая качество выполнения поставленных перед ними задач ПВО и ПРО.

В задачи перспективного РЛК AMDR будет входить обнаружение воздушных целей в верхних слоях атмосферы, сопровождение и селекция реальных и ложных боевых блоков баллистических ракет различных типов, а также информационная поддержка объектовой противовоздушной обороны при обнаружении низколетящих аэродинамических целей, быстроходных боевых катеров.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Air and Missile Defense Radar*, URL: <http://www.globalsecurity.org/military/systems/ship/systems/amdr.htm>.
2. *AMDR: The Program*, URL: <http://www.defenseindustrydaily.com/amdr-competition-the-usas-next-dual-band-radar-05682>.
3. *Raytheon awarded US Navy next generation Air and Missile Defense Radar contract*, URL: <http://raytheon.mediaroom.com/index.php?s=43&item=2431>.

Поступила 16 января 2015 года.

SHIP-BASED AIR AND MISSILE DEFENSE RADAR PROGRAM DEVELOPMENT

V.V. Zhestkov, A.E. Svistunov, V.A. Kulbyakina

The article views the new ship-based Air and Missile Defense Radar (AMDR) program intended for the new radar integration to DDG-51 Flight III destroyer by 2019 to accomplish air and missile defense tasks.

At first stage in composition of a new AMDR radar complex it's planned to combine two radars – new S-band radar (AMDR-S) and existing X-band radar (AN/SPQ-9B) of Northrop Grumman company, which work will be conjugated by Radar Control Suite (RCS), the main interface module of two radars with multimission shipboard AEGIS weapon system as well.

The main component of AMDR radar complex – AMDR-S radar – consists of separate radar modular arrays (RMA). Each module is an autonomous radar r-t block of 0,60×0,60×0,60 m size.

The modules are assembled in integrated antenna array of certain size type (9-69 RMAs). The amount of modules can be varied depending on platform deployment and missions. Therefore, AMDR variants can be of higher and lower power as against to AN/SPY-1D(V) radar.

All AMDR radar complex associated equipment, including cooling, power supply systems and software also are to be scaled depending on required antenna array size. Such flexibility in dimensional scaling gives an opportunity to deploy AMDR radar complex on ships of different projects and class that increase the level of performed air and missile defense missions.

The main purpose of advanced AMDR radar complex is to detect aerial targets in upper atmosphere, tracking and selection of real warheads and decoys of different ballistic missiles, and informational support of point air defense system at detection of low-flying aerodynamic targets, fast attack crafts, etc.

НАУЧНЫЕ РЕЦЕНЗИИ И ОТЗЫВЫ



Системный анализ в фундаментальных и прикладных исследованиях / В.В. Кузнецов, С.В. Бабуров, А.А. Мальчевский, А.В. Самойлов, А.Ю. Шатраков; Под ред. В.В. Кузнецова. – СПб.: Политехника, 2014. – 378 с.

Рецензенты: д-р техн. наук, профессор В.М. Алдошин, д-р техн. наук, доцент А.В. Кирпанев, д-р техн. наук, профессор Е.А. Сеницын.

Книга посвящена проблемам анализа, синтеза и моделирования сложных систем различной природы. Авторами рассмотрен категориальный аппарат системного анализа, его основные принципы и методы. Большое внимание в книге уделено моделированию сложных систем. Представлена классификация моделей, направлений многоуровневого моделирования, как на уровне элемента, так и в рамках системного моделирования. Применительно к стадиям жизненного цикла сложной продукции изложены вопросы исследований, проектирования, испытаний и эксплуатации систем.

Существенное внимание уделено управлению научными исследованиями и производством конкурентоспособной наукоемкой продукции, в том числе в крупных корпорациях.

Материалы книги сгруппированы так, что они удовлетворяют требованиям учёных при выполнении фундаментальных и прикладных исследований.



Электромагнитная совместимость радиоэлектронных комплексов: монография / С.В. Бабуров, А.Р. Бестугин, Г.Г. Богданов, А.С. Ковалёв, А.Ф. Крячко, Д.В. Панов, П.А. Созинов, Ю.Д. Умрихин, А.Ю. Шатраков, В.Т. Яковлев; под науч. ред. проф. Ю.Г. Шатракова. – СПб.: ГУАП, 2015. – 231 с.: ил.

Рецензенты: д-р техн. наук, профессор В.М. Алдошин, д-р техн. наук, профессор А.В. Гориш.

Электромагнитная совместимость радиоэлектронных комплексов позволяет обеспечить стабильную работу всех радиотехнических систем. Этому вопросу в технике уделяется повышенное внимание. Разработаны ГОСТы, которые регламентируют нормы по обеспечению электромагнитной совместимости радиоэлектронной аппаратуры в комплексах и методы ее испытаний. В университетах на радиотехнических факультетах читаются курсы лекций по обеспечению электромагнитной совместимости радиоэлектронных комплексов.

В связи с этим в настоящей книге особое внимание уделено: методам оценки электромагнитной совместимости радиоэлектронных комплексов; методам получения информации о непреднамеренных помехах в радиоэлектронных комплексах; развитию теории прогнозирования непреднамеренных помех в радиоэлектронных комплексах; оценке экспериментальных характеристик, определяющих электромагнитную совместимость аппаратуры в комплексе; методам расчета сложных передающих устройств в части снижения внеполосных излучений; оценке электромагнитной совместимости бортовой аппаратуры на летательных аппаратах.

Книга предназначена для специалистов, связанных с созданием радиотехнической аппаратуры сложных радиоэлектронных комплексов, а также для студентов радиотехнических университетов.