

# ВЕСТНИК

## воздушно-космической обороны

Научно-технический рецензируемый журнал

Выпуск № 1 (5), 2015 г.

### СОДЕРЖАНИЕ

<b>ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР:</b> П.А. Созинов, д-р техн. наук, профессор	<b>► Первая Всероссийская научно-техническая конференция «Расплетинские чтения»</b>
<b>ЗАМЕСТИТЕЛИ ГЛАВНОГО РЕДАКТОРА:</b> В.М. Алдошин, д-р техн. наук, профессор А.С. Сумин, д-р техн. наук, профессор	<b>Секция «Антенная техника и СВЧ-электроника»</b>
<b>ОТВЕТСТВЕННЫЙ СЕКРЕТАРЬ:</b> Д.А. Леманский, канд. техн. наук, доцент	<b>Л.И. Аверина, М.А. Корольков</b> <i>Адаптивные цифровые антенные решётки в системах связи комплексов ПВО</i> ..... 5
<b>РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:</b> 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. Оконешиников, д-р техн. наук А.А. Парамонов, д-р техн. наук, профессор Н.В. Радчук, д-р техн. наук, профессор С.П. Соколов, д-р техн. наук П.И. Стариковский, д-р техн. наук 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	<b>В.А. Балагуровский, А.С. Кондратьев, Н.П. Полищук</b> <i>Метод определения координат низколетящей цели</i> ..... 12
Технический редактор: С.А. Лукина Корректор: А.Н. Борзова, Н.С. Умникова Компьютерная верстка: О.А. Пыхонина	<b>Г.В. Беляков, Е.А. Голубцов, Ю.А. Хмеленко</b> <i>Перспективный модуль для пассивной ФАР с распределённым управлением</i> ..... 17
☎ редакции (499) 940-02-22 доб. 70-19, 16-00 E-mail: aspirantura@gskb.ru	<b>О.К. Березин, А.С. Волков, В.Б. Корогодин, А.А. Скрипко</b> <i>Особенности конструирования импульсных высоковольтных источников электропитания передающих устройств РЛС</i> ..... 22
	<b>Н.Ю. Воробьёв, В.И. Демченко, В.О. Петин, А.Л. Шлаферов, А.В. Шипулин</b> <i>Перевозимый антенный комплекс обеспечения лётных испытаний ракет</i> ..... 31
	<b>Д.Д. Габриэльян, А.А. Илатовский, Р.Н. Корсун, В.М. Мусинов, Д.С. Фёдоров</b> <i>Антенная система бортовой приёмопередающей аппаратуры канала радиокоррекции данных</i> ..... 37
	<b>Н.Г. Гаврилюк, Ю.М. Богданов, Т.Н. Складчикова</b> <i>Некоторые вопросы разработки и изготовления СВЧ-генераторов на основе квазимонолитных ГИС в диапазоне частот (1...20) ГГц</i> ..... 42
	<b>А.И. Григорьев, М.Б. Орехов</b> <i>Особенности реализации входных приёмных устройств для РЛС X-диапазона с ФАР и АФАР</i> ..... 49
	<b>Е.Н. Гуркин, А.Е. Туманская</b> <i>Антенный элемент купольной линзы</i> ..... 55

Вестник воздушно-космической обороны:  
Научно-технический журнал/  
ОАО «ГСКБ «Алмаз-Антей», 2015 г.  
№ 1(5). С. 1–132

Подписано в печать 31.03.2015 г.  
Формат 60×84 1/8. Бумага офсетная.  
Усл. печ. л. 7,2. Тираж 1000 экз.

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**

**В.И. Евсеев, О.В. Лавричев, С.Л. Моругин,  
С.М. Никулин, В.П. Хранилов**  
*Методы и средства для измерения параметров  
микрорелектронных компонентов в полосковых линиях передачи.....* 60

**Е.В. Емельянов, А.А. Акимов**  
*Управление, контроль параметров и схемы защиты  
передающего устройства с мощными  
электровакуумными устройствами.....* 65

**С.В. Заболотная, А.Н. Албутов**  
*Оптимизация СВЧ-нагрузки для мощных передающих устройств.....* 69

**В.С. Калашников, А.В. Милютенков, О.Ю. Платонов**  
*Методика настройки излучателей многоэлементной ФАР  
и её программное обеспечение.....* 75

**С.В. Караваев, М.Б. Орехов, С.В. Семенюк, В.А. Хрипко**  
*Малогабаритный модуль СВЧ-генератора шума со стабильной  
интегральной мощностью.....* 80

**Ф.К. Поволоцкий**  
*Определение направления прихода радиолокационного сигнала в область  
главного максимума диаграммы направленности антенны.....* 85

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

**С.Н. Остапенко**  
*Функциональная схема управления полным жизненным циклом вооружения,  
военной и специальной техники.....* 92

#### ►Применение сил и средств ВКО

**Е.Ю. Брежнев**  
*Подход к повышению живучести группировок  
противовоздушной обороны.....* 98

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

**Н.Э. Ненартович, И.Б. Аверин, В.А. Балагуровский, М.Б. Митяшев**  
*Подходы к технологиям активных фазированных антенных  
решёток.....* 102

**С.Н. Остапенко, А.А. Филатов**  
*Сравнительная оценка технического уровня изделий,  
находящихся на разных этапах жизненного цикла.....* 110

**Ю.А. Антохина, А.Д. Филин, Ю.Г. Шатраков**  
*Инновационные технологии при развитии тренажёров управления  
авиацией.....* 116

#### ►Аналитические исследования зарубежного опыта

**В.В. Жестков, А.Е. Свистунов, А.В. Кульбякина**  
*Обзор стратегической системы ПРО США.....* 123

►Научные рецензии и отзывы..... 131

---

# CONTENTS

## ►The first all – Russian Science and Technical Conference «Raspletin's Readings»

### Section «Antenna Equipment and Microwave Electronics»

**L.I. Averina, M.A. Korolkov**

*Adaptive digital antenna arrays in communication systems  
of air defense complexes* ..... 5

**V.A. Balagurovskiy, A.S. Kondratiev, N.P. Polischuk**

*A method for positioning of a low-altitude target* ..... 12

**G.V. Belyakov, E.A. Golubtson, Yu.A. Hmelenko**

*Advanced module for passive PAA with distributed control* ..... 17

**O.K. Berezin, A.S. Volkov, V.B. Korogodin, A.A. Skripko**

*Designing features of switched mode high voltage power supplies  
of radar transmitting equipment* ..... 22

**N.U. Vorobiev, V.I. Demchenko, V.O. Petin, A.L. Shlaferov, A.V. Shipulin**

*Missile tests transportable antenna support complex* ..... 31

**D.D. Gabrialyan, A.A. Ilatovskiy, R.N. Korsun, V.M. Musinov, D.S. Fedorov**

*On-board transmit/receive equipment antenna  
system data radiocorrection channel* ..... 37

**N.G. Gavriluk, Yu.M. Bogdanov, T.N. Skladchikova**

*Some issues on microwave oscillators engineering  
and production on the base of quasi-monobrid integrated circuit  
in 1-20 GHz Frequency band* ..... 42

**A.I. Grigoriev, M.B. Orehov**

*Implementation features of input receiving devices of the X-band radars  
with phased array antenna and active phased array antenna* ..... 49

**E.N. Gurkin, A.E. Tumanskaya**

*Dome lens antenna element* ..... 55

**V.I. Evseev, O.V. Lavrichev, S.L. Morugin, S.M. Nikulin, V.P. Hranilov**

*Means and techniques of microelectronic components parameters measuring  
in microstrip transmission line* ..... 60

**E.V. Emelyanov, A.A. Akimov**

*Management and control of transmitting device parameters  
and protection circuit with powerful photoemissive devices* ..... 65

**S.V. Zabolotnaya, A.N. Albutov**

*Microwave loads optimization for powerful transmitting devices* ..... 69

**V.S. Kalashnikov, A.V. Milutenkov, O.U. Platonov**

*Transmitters adjustment technique of multielement phased antenna array  
and its software* ..... 75

**S.V. Karavaev, M.B. Orehov, S.V. Semenyuk, V.A. Hripko**

*Small-size module of microwave noise generator with stable integrated power* ..... 80

**F.K. Povolockiy**

*Finding the radar signal arrival direction to the main maximum area  
of antenna directional pattern* ..... 85

▶ <b>Problem issues of aerospace defense systems and components integration</b>	
<b>S.N. Ostapenko</b>	
<i>Functional scheme of armament, military and special equipment overall lifecycle administration .....</i>	92
▶ <b>Aerospace defense systems and components application</b>	
<b>E.Yu. Brezhnev</b>	
<i>Approach to increase the survivability of antiaircraft defense groups.....</i>	98
▶ <b>Research in project-design and engineering works field</b>	
<b>N.Ye. Nenartovitch, I.B. Averin, V.A. Balagurovsky, M.B. Mitiachev</b>	
<i>Active phased antenna arrays technology approaches .....</i>	102
<b>S.N. Ostapenko, A.A. Filatov</b>	
<i>Items technical level comparative assessment at different lifecycle stages.....</i>	110
<b>Yu.A. Antohina, A.D. Filin, Yu.G. Shatrakov</b>	
<i>Innovative technologies in development of the aviation control simulators.....</i>	116
▶ <b>Foreign experience analytic studies</b>	
<b>V.V. Zhestkov, A.E. Svistunov, V.A. Kulbyakina</b>	
<i>Us strategic ballistic missile defense system overview.....</i>	123
▶ <b>Scientific reviews and reference.....</b>	131

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

# ПЕРВАЯ ВСЕРОССИЙСКАЯ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ «РАСПЛЕТИНСКИЕ ЧТЕНИЯ»

## СЕКЦИЯ «АНТЕННАЯ ТЕХНИКА И СВЧ-ЭЛЕКТРОНИКА»

УДК 621.396.67.012.12

### АДАПТИВНЫЕ ЦИФРОВЫЕ АНТЕННЫЕ РЕШЁТКИ В СИСТЕМАХ СВЯЗИ КОМПЛЕКСОВ ПВО

© Авторы, 2015

**Л.И. Аверина** доктор физико-математических наук, доцент,  
консультант, АО «Концерн «Созвездие», г. Воронеж

**М.А. Корольков**  
начальник НТУ, АО «Концерн «Созвездие», г. Воронеж  
E-mail: king@sozvezdie.su

*Рассматриваются различные алгоритмы пространственной фильтрации и возможности их применимости в реальных системах связи комплексов ПВО. Проведена оценка работы градиентного метода расчёта весовых коэффициентов при различных сигнально-помеховых ситуациях. Анализируется работа адаптивного устройства при разных типах мешающих сигналов. Предлагаются алгоритмы и структуры, совмещающие синхронизацию и пространственное ориентирование систем.*

**Ключевые слова:** цифровая антенная решётка, системы связи, пространственная фильтрация, весовой вектор, градиентный метод.

*The article considers different algorithms of spatial filtering and possibility of its applicability in existing communication systems of air defense complexes. The performance assessment of weight coefficients gradient computation method in different signal-to-noise scenarios was conducted. The operation of adaptive device with different types of interfering signals is analyzed. The algorithms and structures combining the synchronization and spatial orientation of systems are proposed.*

**Keywords:** digital antenna array, communication systems, spatial filtering, weight vector, gradient method.

В системах связи по-прежнему актуальны вопросы скрытности и помехозащищённости. Современные средства радиоразведки способны быстро обнаруживать и автоматически определять не только факт и место расположения систем связи, но и определять их принадлежность к определённым родам войск и конкретным системам.

Комплексы ПВО являются сложными системами с большим количеством радиосредств, очень мощных радиолокаторов. Аппаратура связи должна устойчиво работать в соседстве со всеми средствами комплекса. Помимо этого существует вероятность постановки преднамеренных помех средствами радиопротиводействия. В ранее разработанной аппаратуре удавалось бороться с такими помехами увеличением мощности передающих устройств. Однако мощности помех постоянно растут, а энергопотребление систем связи ограничено. Кроме того, постоянно увеличиваются скорости передачи в каналах связи и дальность связи, что также требует повышения энергетики канала. Повышенная мощность систем связи приводит, в свою очередь, к увеличению габаритов, стоимости, к снижению надёжности, поэтому такой путь развития не перспективен. Альтернативой может служить применение в системах связи адаптивных цифро-

вых решёток, позволяющих существенно повысить скрытность и помехоустойчивость систем связи. Такие системы работают с направленными потоками энергии. Применение адаптации мощности передающих устройств позволит устанавливать минимально необходимый уровень мощности для конкретной линии связи. Адаптивные алгоритмы позволяют быстро ориентировать диаграммы направленности антенн на принимаемый сигнал, осуществлять пространственную режекцию помех, значительно превышающих мощность сигнала. В этом случае дальность системы связи в отсутствие и при наличии помех не меняется. Это новое качество системы позволит уменьшить (практически исключить) запасы мощности на борьбу с помехами.

В докладе рассматриваются различные алгоритмы пространственной фильтрации, возможности применимости этих алгоритмов в реальных системах связи комплексов ПВО. Проведена оценка влияния различных параметров адаптации на качество работы системы связи. Также анализировалась работа адаптивного устройства при различных типах мешающих сигналов. Кроме этого, в работе предлагаются алгоритмы и структуры, совмещающие синхронизацию и пространственное ориентирование систем.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Активные фазированные антенные решётки / Под. ред. Д.И. Воскресенского, А.И. Канащенкова – М.: Изд-во «Радиотехника», 2004. – 488 с.
2. Монзинго Р.А., Миллер Т.У. Адаптивные антенные решётки / Пер. с англ. под ред. В.Л. Лексаченко – М.: Радио и связь, 1986. – 446 с.
3. Ратынский М.В. Адаптация и сверхразрешение в антенных решётках. – М.: Радио и связь, 2003. – 200 с.

## **ADAPTIVE DIGITAL ANTENNA ARRAYS IN COMMUNICATION SYSTEMS OF AIR DEFENSE COMPLEXES**

L.I. Averina, M.A. Korolkov

The security and jam-resistance issues in communication systems are still relevant. Present-day radio reconnaissance facilities are capable to promptly detect and automatically identify not only the presence and location of communication systems but to determine its appendage to some defined arms and certain systems.

The Air Defense complexes are complicated systems with a large number of radio facilities, very high power radar stations. The communication equipment should have a robust operation in conjunction with all complex facilities. In addition there is a probability for jamming by ECM equipment. Previously developed equipment used to have a potential for antijamming by the power increasing of transmitting devices. However the interference power is constantly rising and the power consumption of communication systems is limited. Besides, the transmission rate in communication channels and communication range are continuously increasing that in its turn requires an increasing of channel power. Increased power of communication systems leads in its turn to dimensions enlargement and cost increasing and decreasing of reliability, therefore such way is not perspective. The alternative way is to use the adaptive digital arrays in communication systems permitting to significantly increase the security and jamming resistance of communication systems. Such systems operate with directed power flows. Application of adaptation of transmitting devices power allows to set the necessary minimum power level for the specific communication line. The adaptive algorithms permit to agile orient antenna directional pattern to the receiving signal and to conduct spatial jamming rejection that considerably increasing the signal power. In this case the range of communication system in absence and presence of interference doesn't change. This new character of the system allows to decrease (substantially exclude) the margin of power necessary for antijamming.

The article considers different algorithms of spatial filtering, possibility of its applicability in existing communication systems of air defense complexes. The influence assessment of different adaptation parameters to the system performance quality was conducted. The operation of adaptive device with different types of interfering signals was analyzed as well. Besides, the algorithms and structures combining the synchronization and spatial orientation of systems are proposed in the article.

## МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ КООРДИНАТ НИЗКОЛЕТЯЩЕЙ ЦЕЛИ

© Авторы, 2015

**В.А. Балагуровский**

начальник СКБ, НТЦ «Альтаир» ОАО «ГСКБ «Алмаз-Антей», г. Москва,

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

**Н.П. Полищук** кандидат технических наук, старший научный сотрудник,  
НТЦ «Альтаир» ОАО «ГСКБ «Алмаз-Антей», г. Москва,  
E-mail: nina\_pp@mail.ru

Рассматривается работа модульной фазированной антенной решётки (ФАР) моноимпульсного измерителя угловых координат объектов, располагающихся под малыми углами места над подстилающей поверхностью – так называемых низколетящих целей (НЛЦ), в условиях многолучевого распространения радиоволн. Формулы для определения координат НЛЦ выводятся для модели плоской подстилающей поверхности. Анализируются особенности использования полученных формул в модели, содержащей сферическую подстилающую поверхность. Приводятся результаты математического моделирования.

**Ключевые слова:** измерение угловых координат, низколетящая цель, многолучевое распространение радиоволн.

Operation of a modular phased array antenna (PAA) of a monopulse meter of the angular coordinates of objects located at small elevation angles above an underlying surface, which are commonly referred to as low-altitude targets (LATs), is considered under the conditions of multipath propagation of radio waves. Formulas for determination of the LAT coordinates are derived for the model of a flat underlying surface. Distinctive features of application of these formulas in the model containing a spherical underlying surface are analyzed. The results of mathematical modeling are presented.

**Keywords:** measurement of angular coordinates, low-altitude target, multipath propagation of radio waves.

Рассматривается работа модульной фазированной антенной решётки (ФАР) моноимпульсного измерителя угловых координат объектов в условиях многолучевого распространения радиоволн при сопровождении объектов, располагающихся под малыми углами места над подстилающей поверхностью таким образом, что сигналы, отражённые от цели, попадают в главный лепесток диаграммы направленности ФАР – так называемых низколетящих целей (НЛЦ).

Предлагается метод измерения угловых координат НЛЦ, основанный на разбиении плоскости апертуры ФАР на 4 идентичные субапертуры (парциальные каналы измерителя) таким образом, что их фазовые центры располагаются попарно симметрично в горизонтальной и вертикальной плоскостях. Сигналы с выходов этих каналов используются для формирования дискриминационных характеристик (ДХ) измерителя в азимутальной и угломестной плоскостях, а также дополнительной ДХ, формируемой как отношение разности сумм сигналов субапертур, расположенных в горизонтальной и вертикальной плоскостях, и суммарного сигнала с выходов всех субапертур.

С использованием модели плоской подстилающей поверхности получены условия, которым должен удовлетворять алгоритм системы управления лучом при работе по НЛЦ для обеспечения независимости ДХ от свойств подстилающей поверхности. Полученные расчётные соотношения справедливы при следующих предположениях: НЛЦ располагается в дальней зоне антенной системы измерителя в пределах прямой видимости, а отражение от подстилающей поверхности является зеркальным и исходящим из точки зеркального изображения цели под поверхностью (антипода).

В статье описываются алгоритмы определения координат НЛЦ и приводятся результаты моделирования работы измерителя для двух моделей подстилающей поверхности: модели плоской поверхности, использованной для вывода расчётных формул, и более реалистичной

модели сферической подстилающей поверхности. Моделирование проводилось с использованием экспериментальных (статистических) характеристик элементов реальной ФАР для цели, приближающейся к ФАР на заданной фиксированной высоте над поверхностью или маневрирующей в вертикальной плоскости, что указывает на универсальность данного метода измерения координат НЛЦ.

## ЛИТЕРАТУРА

1. **Бартон Д.** Радиолокационное сопровождение цели при малых углах места // ТИИЭР – 1974, Т. 62, № 6. – С. 37–61.
2. **Амиантов И.Н.** Избранные вопросы статистической теории связи. – М.: Сов. радио, 1971. – 416 с.
3. **Балагуровский В.А., Кондратьев А.С., Полищук Н.П.** Метод определения координат низколетящей цели // Журнал Радиотехника и электроника. – М.: Изд-во «Наука», 2012, Т. 57, № 10. – С. 1104–1118.
4. **Долуханов М.П.** Распространение радиоволн. – М.: Связь, 1972. – С. 26.

## ***A METHOD FOR POSITIONING OF A LOW-ALTITUDE TARGET***

**V.A. Balagurovskiy, A.S. Kondratiev, N.P. Polischuk**

The article considers operation of a modular phased array antenna (PAA) of a monopulse meter of the angular coordinates of objects located at small elevation angles above an underlying surface, which are commonly referred to as low-altitude targets (LATs), under the conditions of multipath propagation of radio waves. It is assumed that, during tracking the objects located at narrow elevation angles above the underlying surface, signals reflected from the target may enter the main lobe of the PAA radiation pattern.

A method for measuring the LAT angular coordinates proposed here is based on partition of the PAA plane into 4 identical subapertures (partial measuring channels) in such way that their phase centers are located pairwise symmetrically in the horizontal and vertical planes. Signals from the outputs of these channels are used to form the discriminator curves of the meter in the azimuth and elevation planes. In addition, one more discriminator curve is formed as the difference of the sum output signals of subapertures located in horizontal and vertical planes divided by the sum output signal of all subapertures.

Using the model of a flat underlying surface, conditions under which the additional discriminator curve becomes independent of the characteristics of the underlying surface were found. These conditions are valid under the following assumptions: (1) the LAT is located in the far zone of the antenna of the measuring device within the line-of-sight distance and (2) the signal reflected from the underlying surface satisfies the conditions of mirror reflection and arrives from a virtual target (antipode) located under the surface plane at the depth equal to the height of the real target.

Two algorithms for measuring the LAT coordinates are proposed. The model of a flat underlying surface is used for derivation of design relationships and formulation of the LAT tracking algorithm. A modification of this algorithm for more realistic spherical model of the underlying surface is also presented.

The results of numerical modeling, which was performed with the use of experimental (statistical) characteristics of real PAA elements, for a maneuvering target approaching the PAA along a descending trajectory in the vertical plane perpendicular to the PAA plane point to reliability and generality of the proposed method for measuring the LAT coordinates.

## ПЕРСПЕКТИВНЫЙ МОДУЛЬ ДЛЯ ПАССИВНОЙ ФАР С РАСПРЕДЕЛЁННЫМ УПРАВЛЕНИЕМ

© Авторы, 2015

**Г.В. Беляков**

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

**Е.А. Голубцов**

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

**Ю.А. Хмеленко**

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

E-mail: info@raspletin.com

*В статье рассматривается перспективный модуль для пассивной ФАР с распределённым управлением. Приведены основные требования, предъявляемые к антенному модулю. Описан принцип функционального построения модуля. Рассмотрены составные части модуля и результаты их проектирования.*

**Ключевые слова:** фазированная антенная решётка, антенный модуль, линии связи, ПЛИС.

*The article considers the advanced module for the passive phased antenna array (PAA) with distributed control. Basic requirements to antenna module are presented. The module functional configuration principle is described. The module components and results of its designing.*

**Keywords:** phased antenna array, antenna module, communication line, FPLD.

В настоящее время задачи построения систем управления модульными ФАР решаются, как правило, на основе вычислительных распределённых структур [1].

Базовыми функциональными элементами таких структур являются антенные модули, важные показатели их функциональных возможностей, такие как производительность, энергопотребление, расширение объёма исполняемых алгоритмов и надёжность, определяют эффективность применения антенной системы в РЛС.

В работе представлены результаты проектирования электрической схемы шестнадцати-элементного антенного модуля, управляющей фазовыми и поляризационными характеристиками высокочастотных каналов антенных элементов, входящих в состав модуля.

Выполнение вычислений кодов фаз, других алгоритмических операций и формирование управляющих воздействий на фазовращатели и поляризаторы антенных элементов модуля осуществляется в цифроаналоговой ячейке модуля, основу которой составляет программируемая логическая интегральная схема (ПЛИС) типа XC4VLX60-FF668.

Двунаправленный обмен информацией с модулями в проекте распределённой системы управления осуществляет контроллер ФАР через асинхронные каналы, использующие электрические дифференциальные сигналы низкого уровня напряжения.

Логическая и схемотехническая организация протокола на уровне обмена, сигнальном и физическом уровнях основана на технологии Space Wire [2].

По сравнению с известным аналогом [1] перспективный антенный модуль придаст новые качества и функциональные возможности антенной системе с пассивной ФАР:

- многократное сокращение, более чем на порядок, времени на перемещение луча из одного положения в другое и изменение его формы для реализации различных режимов работы;
- расширение функциональных возможностей РЛС за счёт быстрого управления фазовым и поляризационным распределениями в апертуре ФАР;
- получение поляризационной информации для формирования самостоятельных или дополнительных признаков, позволяющих повышать качество обнаружения и сопровождения РЛС.

## ЛИТЕРАТУРА

1. **Исаков И.Н., Куштан А.М., Рыбин А.В.** Система управления пассивной фазированной антенной решётки на основе распределенной вычислительной структуры // Инновационные подходы при создании военной техники / Вторая научно-техническая конференция молодых ученых и специалистов, 2011 / Сб. докладов под ред. П.А. Созинова. – М.: Радиотехника, 2012. – С. 215–222.
2. Описание семейства ПЛИС *Virtex-4 Xilinx*. URL: [http://www.xilinx.com/support/documentation/data\\_sheets/ds112.pdf](http://www.xilinx.com/support/documentation/data_sheets/ds112.pdf).
3. Введение в LVDS. URL: <http://www.gaw.ru/html/cgi/txt/interface/lvds/lvds.htm>.
4. **Шейнин Ю., Солохина Т., Петричкович Я.** Технология *Space Wire* для параллельных систем и бортовых распределенных комплексов // Журнал Электроника: Наука, Технология, Бизнес. – М.: Изд-во РИЦ «Техносфера», 2006, №5. – С. 64–75.

## **ADVANCED MODULE FOR PASSIVE PAA WITH DISTRIBUTED CONTROL**

**G.V. Belyakov, E.A. Golubtsov, Yu.A. Hmelenko**

At the present moment the integration tasks of the modular PAA control systems are solved generally on the base of computing distributed structures [1].

The basic functional elements of such structures are the antenna modules; the important indicators of its functional capabilities such as output capability, power consumption, increasing amount of executed algorithms and reliability, determine the utilization effectiveness of antenna system in the radar.

The designing results of sixteen-element antenna module electrical circuit which controls the phase characteristic and polarization pattern of the module component antenna elements high-frequency channels are performed in the article.

The calculation of phase codes, other algorithmic operations and forming of control actions on phase-shifting units and polarization changer of module antenna elements is realized in digital-to-analog module cell, the framework of which is the field programmable logic device (FPLD) of XC4VLX60-FF668 type.

The bidirectional data changing with modules in distributed control systems project is carried out by PAA controller through the asynchronous channels using the low voltage level electrical differential signals.

The logical and circuit protocol organization at the exchange level, signal and physical levels is based on Space Wire technology [2].

As compared with known compatible [1] the advanced antenna module will give a fresh properties and functional capabilities to the antenna system with passive PAA:

- More than an order multiple time reduction for beam shift from one position to another and its shape change for different operation modes implementation;
- Radar functional capabilities enhancement due to fast control of phased and polarization distributions in the PAA aperture.
- Polarization data receiving for forming individual or additional features, permitting to increase the radar detection and tracking capability.

## ОСОБЕННОСТИ КОНСТРУИРОВАНИЯ ИМПУЛЬСНЫХ ВЫСОКОВОЛЬТНЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭЛЕКТРОПИТАНИЯ ПЕРЕДАЮЩИХ УСТРОЙСТВ РЛС

© Авторы, 2015

**О.К. Березин** кандидат технических наук,  
начальник сектора, ОАО «ГСКБ «Алмаз-Антей», г. Москва  
E-mail: berezin49@inbox.ru

**А.С. Волков**  
зам. начальника отдела, ОАО «ГСКБ «Алмаз-Антей», г. Москва

**В.Б. Корогодин**  
начальник отдела, ОАО «ГСКБ «Алмаз-Антей», г. Москва

**А.А. Скрипко** кандидат технических наук,  
начальник сектора, ОАО «ГСКБ «Алмаз-Антей», г. Москва

---

Рассмотрены способы получения стабилизированного по выходу высокого напряжения постоянного тока с использованием высокочастотных транзисторных инверторов и высоковольтных трансформаторно-выпрямительных модулей (ТВМ), имеющих электрическую прочность изоляции до 30кВ, обеспечивающих компоновку в конструктиве «Евромеханика 19». Приведены осциллограммы работы преобразователя и результаты тепловых испытаний ТВМ. Предложена схема построения мощного высоковольтного источника электропитания (более 10кВт) на основе сочетания высокочастотных преобразователей и традиционных выпрямителей, работающих на частоте сети.

**Ключевые слова:** высоковольтный, высокочастотный, преобразователь, трансформатор, выпрямитель, электрическая прочность, мощность, резонанс, широтно-импульсная модуляция.

---

*The output-stabilized DC high voltage producing techniques were examined with use of high-frequency (HF) transistor invertors (chopper) and high-voltage transformer-rectifier modules (TRM) having the electric strength of 30 kV and providing the layout in «Euromechanics-19» construct. The transducer operation oscillograms and TRM thermal testing results are performed. The plotting scheme of high voltage electrical power source (> 10 kW) basing on combination of HF rectifiers and traditional converters working on line (supply) frequency was proposed in the article as well.*

**Keywords:** high-voltage, high-frequency, transducer, transformer, rectifier, electric strength, power, resonance, pulse-width modulation.

---

В статье рассматриваются возможности построения высоковольтных источников электропитания для радиопередающих устройств с выходной мощностью до нескольких десятков кВт на базе высокочастотных преобразователей.

Анализируются различные способы регулирования выходного напряжения постоянного тока с помощью высокочастотных преобразователей (ШИМ, ЧИМ регулирование) с различными вариантами силовых схем инверторов.

Рассматриваются возможности конструирования высоковольтных трансформаторно-выпрямительных модулей при обеспечении электрической прочности изоляции и необходимости отвода тепла от ЭРИ, залитых компаундом.

Предлагается модульный принцип построения мощного ВИЭП, в основе которого принята комбинированная схема получения высокостабильного напряжения.

Дается обоснование выбора единичной мощности инвертора трансформаторно-выпрямительного модуля с учётом использования современных ЭРИ и применительно к конструктиву «Евромеханика».

## ЛИТЕРАТУРА

1. Млинник А.Ю., Мониин С.В., Казанцев В.И. Повышение эффективности резонансных преобразователей напряжения в источниках питания мощных генераторных приборов СВЧ // Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. Сер. «Приборостроение». – 2003, №2.
2. Березин О.К., Костиков В.Г., Парфенов Е.М. и др. Проектирование источников электропитания электронной аппаратуры: учебное пособие / Под ред. В.А. Шахнова. – 4 изд., перераб. и доп. – М.: КНОРУС, 2010. – 536 с.
3. Березин О.К. и др. Патент на полезную модель № 100332 Высоковольтная система электропитания. Опубликовано: 21.12.2010.

# ***DESIGNING FEATURES OF SWITCHED MODE HIGH VOLTAGE POWER SUPPLIES OF RADAR TRANSMITTING EQUIPMENT***

**O.K. Berezin, A.S. Volkov, V.B. Korogodin, A.A. Skripko**

The article considers the plotting possibility of high-voltage electrical power supply sources for radio transmitting equipment with output power up to several dozen kW on the base of high-frequency transducers.

Different procedures of DC output voltage regulation are analyzed using high-frequency transducers (pulse-width modulation, pulse-repetition modulation regulation) with different variants of inverters main circuits.

The designing possibilities of high-voltage transformer-rectifier modules (TRM) at maintaining of insulating strength and necessity of heat removal from radio electrical devices potted in a compound were considered.

The modular principle of a heavy secondary power supply plotting is proposed here on the base of which the combined scheme of high-resistant voltage producing was admitted.

The argumentation of TRM inverter single-unit power selection was performed taking into account the modern radio electrical devices usage and applicable to «Euromechanics» construct.

## ПЕРЕВОЗИМЫЙ АНТЕННЫЙ КОМПЛЕКС ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЛЁТНЫХ ИСПЫТАНИЙ РАКЕТ

© Авторы, 2015

**Н.Ю. Воробьёв**

начальник отдела, ФГУП «РНИИРС», г. Ростов-на-Дону

E-mail: P186@mail.ru

**В.И. Демченко**

начальник научно-технического комплекса, ФГУП «РНИИРС», г. Ростов-на-Дону

E-mail: vid@niirs.ru

**В.О. Петин**

начальник лаборатории, ФГУП «РНИИРС», г. Ростов-на-Дону

E-mail: pvo73@mail.ru

**А.Л. Шлаферов** кандидат технических наук,

начальник отдела, ФГУП «РНИИРС», г. Ростов-на-Дону

E-mail: shlaferov@mail.ru

**А.В. Шипулин**

руководитель группы, ФГУП «РНИИРС», г. Ростов-на-Дону

E-mail: andreychip@inbox.ru

---

*Представлены результаты разработки мобильного антенного комплекса на базе перевозимой сборно-разборной антенной установки с диаметром рефлектора основного зеркала 3,5 м, размещаемой на колёсной базе стандартного прицепа автомобиля КАМАЗ. Комплекс создан для обеспечения лётных испытаний новых ракет на этапе автономных пусков. Приведены оригинальные конструктивные и проектные решения, а также описана реализация его систем управления и цифровой обработки данных.*

**Ключевые слова:** *мобильный антенный комплекс, автосопровождение, зеркальная антенна, суммарная и разностная диаграмма направленности.*

---

*The mobile antenna complex R&D results are presented in the article on the base of transportable detachable antenna unit with 3.5 m main reflector diameter, mounted on the wheeled chassis of common Kamaz trailer-truck. The complex was designed for supporting of new missiles flying tests at stage of autonomous launches. The original construction and designing concepts were performed and the operation of its control and digital data processing systems were described.*

**Keywords:** *mobile antenna complex, autotracking, reflector antenna, resulting and difference directional pattern.*

---

В настоящее время испытательная база полигона Астраханской области не позволяет в полной мере и в необходимом объёме обеспечить автономные лётные испытания вновь создаваемых ракет. Их отличительными особенностями являются: скорость движения, дальность и высота полёта, использование в радиолинии «земля-борт» и «борт-земля» новых, ранее не использовавшихся видов сигнально-кодовых конструкций.

В статье представлены результаты разработки мобильного антенного комплекса, созданного в обеспечение лётных испытаний вновь создаваемых ракет на этапе автономных пусков. Комплекс реализован на базе перевозимой сборно-разборной антенной установки (АУ) с диаметром рефлектора основного зеркала 3,5 м, размещаемой на колесной базе стандартного прицепа автомобиля КАМАЗ.

Высокие динамические характеристики АУ (тип опорно-поворотного устройства – азимутально-угломестный с пределами перемещения: по азимуту –  $\pm 270^\circ$ , по углу места –  $\pm 90^\circ$ ; скорость перемещения по азимуту и углу места до  $10^\circ/\text{с}$ ; ускорения – до  $4^\circ/\text{с}^2$ ) в сочетании с двухдиапазонной (S/X диапазоны) моноимпульсной схемой облучения позволяют с использованием специальных алгоритмов автосопровождения цели по сигналам радиопередатчиков ракеты достичь высокой точности наведения на цель.

За счёт этих особенностей комплекс позволяет обеспечить обработку и проверку канала радиокоррекции «земля-борт» и «борт-земля», необходимый объём проверок в режиме самонаведения, возможность измерения траектории полёта ракеты.

Конструктивное исполнение комплекса в перевозимом варианте на шасси стандартного автомобильного прицепа позволяет расширить круг решаемых им задач за счёт мобильности. Доукомплектование комплекса необходимым радиотехническим оборудованием позволит обеспечить дополнительные проверки в ходе испытаний на этапах комплексной отладки.

## ЛИТЕРАТУРА

1. НПО ПМ «Развитие», 2005–2011. Наземные антенные системы. URL: <http://www.npopm-razvitie.ru>.
2. ЗАО «Полюс-РМ», 2009. Продукция. Мобильная серия. URL: <http://www.polus-rm.ru>.
3. ЗАО «Сатис-ТЛ-94», 2008. Земные станции спутниковой связи. URL: <http://www.satis-tl.ru>.
4. **Воробьев Н.Ю., Демченко В.И., Коваленко Е.А., Колесников А.А., Попов Ю.А.** Мобильный антенный комплекс приёма сигналов космических аппаратов дистанционного зондирования Земли // Общие вопросы радиоэлектроники. – Ростов-на-Дону: ФГУП «РНИИРС», 2011, Вып. 1. – С. 6–15.
5. **Коровкин А.Е., Раздоркин Д.Я., Токарева Н.В., Шипулин А.В.** Реализация суммарно-разностного метода автосопровождения на основе многомодового облучателя // Общие вопросы радиоэлектроники. – Ростов-на-Дону: ФГУП «РНИИРС», 2010, Вып. 1. – С. 6–11.

## **MISSILE TESTS TRANSPORTABLE ANTENNA SUPPORT COMPLEX**

**N.Yu. Vorobiev, V.I. Demchenko, V.O. Petin, A.L. Shlaferov, A.V. Shipulin**

At the present moment it's not possible to fully support the autonomous flying tests of newly developed missiles at the test base of the Astrakhan region firing range. The distinctive features are: velocity, flight range and altitude, using of previously not operated types of signal-code configuration in uplink and downlink radio lines.

The designing results of mobile antenna complex are introduced which was developed for flying tests support of newly developed missiles at stage of autonomous launches. The complex was constructed on the base of transportable detachable antenna unit with 3.5 m main reflector diameter, mounted on the wheeled chassis of common Kamaz trailer-truck.

The high dynamic characteristics of the antenna unit (P&T type – azimuth-elevation within travel range: in azimuth –  $\pm 270^\circ$ , in elevation angle –  $\pm 90^\circ$ ; travel velocity in azimuth and elevation angle up to  $10^\circ/\text{s}$ ; acceleration – up to  $4^\circ/\text{s}^2$ ) combining with dual band (S/X bands) monopulse illuminating diagram permit to gain high guidance accuracy on the target by using autotracking particular algorithms on missile transmitters signals.

Due to these specifications the complex provides the following: exercise and check the uplink and downlink radio correction channel, necessary check amounts in self-homing mode, missile flight trajectory measurement possibility.

The complex embodiment when transportable on chassis of common car trailer broadens the amount of fulfilled missions due to its mobility. Additional complex fitting with necessary radio equipment allows conducting an extra check during testing at stages of system debugging.

## АНТЕННАЯ СИСТЕМА БОРТОВОЙ ПРИЁМОПЕРЕДАЮЩЕЙ АППАРАТУРЫ КАНАЛА РАДИОКОРРЕКЦИИ ДАННЫХ

© Авторы, 2015

**Д.Д. Габриэльян** доктор технических наук, профессор,  
зам. начальника по науке, ФГУП «РНИИРС», г. Ростов-на-Дону

E-mail: [miirs@miirs.ru](mailto:miirs@miirs.ru)

**А.А. Илатовский**

ведущий инженер, ФГУП «РНИИРС», г. Ростов-на-Дону

E-mail: [miirs@miirs.ru](mailto:miirs@miirs.ru)

**Р.Н. Корсун**

начальник сектора, ФГУП «РНИИРС», г. Ростов-на-Дону

E-mail: [miirs@miirs.ru](mailto:miirs@miirs.ru)

**В.М. Мусинов**

инженер 1 категории, ФГУП «РНИИРС», г. Ростов-на-Дону

E-mail: [miirs@miirs.ru](mailto:miirs@miirs.ru)

**Д.С. Фёдоров**

инженер 1 категории, ФГУП «РНИИРС», г. Ростов-на-Дону

E-mail: [miirs@miirs.ru](mailto:miirs@miirs.ru)

---

*В статье рассматриваются два типа антенн, которые могут быть конформно расположены на поверхности. Использование антенн данного типа не ухудшает аэродинамические характеристики высокоскоростного летательного аппарата. Исследованы электрические характеристики рассматриваемых антенных систем.*

**Ключевые слова:** конформные антенны, излучатель типа открытого конца волновода, антенна вытекающей волны.

*The article considers two antenna types which can be conformally mounted on the spot. Using the antennas of such type doesn't influence on high-speed airborne vehicle aerodynamic characteristics. The electrical characteristics of concerned antenna systems were examined.*

**Keywords:** conformal (flush) antenna, radiator of waveguide aperture type, leaky-waveguide antenna.

---

В антенной технике сложной задачей является разработка конформных антенн для высокоскоростных летательных аппаратов (ЛА). Параметры антенны в значительной степени определяют характеристики радиоканала, и, в первую очередь, его энергетический потенциал. На диаграмму направленности антенны могут также накладываться дополнительные требования, связанные с формированием главного лепестка специальной формы, что определяется необходимостью движения ЛА по сложным траекториям.

На характеристики излучения и согласования антенны в составе бортовой аппаратуры ЛА влияют следующие факторы:

- рассеивание электромагнитных волн элементами конструкции и специальными покрытиями, наносимых на поверхность ЛА;
- высокие механические нагрузки при полёте, включая вибрацию, вызванную работой двигателей;
- многократное изменение температуры и давления;
- ограниченность пространства внутри корпуса ЛА.

Влияние указанных факторов в значительной степени сужает возможности использования антенн различных типов при использовании в составе бортовой аппаратуры ЛА. В наибольшей степени всей совокупности требований удовлетворяют излучатели невыступающих типов, такие как рупорные излучатели, включая открытый конец волновода, полосковые антенны, антенны вытекающих волн.

В статье подробно анализируются технические решения по построению антенн ЛА на основе открытого конца волновода и антенны вытекающей волны. Приводятся характеристики излучения и согласования, обсуждаются возможности использования в составе бортовой аппаратуры ЛА различных типов.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Резников Г.Б. Антенны летательных аппаратов. – М.: Сов. радио, 1967.
2. Вендик О.Г. Сегнетоэлектрики находят свою «нишу» среди управляющих устройств СВЧ // Журнал Физика твёрдого тела. – СПб.: Изд-во «Наука», 2009, Т. 51, Вып. 7. – С. 1441–1445.
3. Габриэлян Д.Д., Илатовский А.А., Корсун Р.Н., Мусинов В.М., Федоров Д.С. Использование диэлектриков в антеннах вытекающих волн на основе идеально проводящего кругового цилиндра // Успехи современной радиоэлектроники. – М.: Изд-во «Радиотехника», 2013, №8. – С. 110-115.
4. Антонов Н.Н., Бузин И.М., Вендик О.Г. и др. Сегнетоэлектрики в технике СВЧ / Под ред. О.Г. Вендика. – М.: Сов. радио, 1979. – 272 с.

## **ON-BOARD TRANSMIT/RECEIVE EQUIPMENT ANTENNA SYSTEM DATA RADIOCORRECTION CHANNEL**

**D.D. Gabrialyan, A.A. Ilatovskiy, R.N. Korsun, V.M. Musinov, D.S. Fedorov**

The development of conformal antennas for high-speed airborne vehicles (AV) is challenge in antenna engineering. The antenna parameters determine to a large extend the radio channel characteristics and foremost its power potential. The additional requirements may also be implemented for antenna directional pattern connected with special form main lobe shaping which is determined by the AV necessary movement on complicated trajectories.

The following factors influence on antenna matching and radiation characteristics as a part of AV on-board equipment:

- Electromagnetic waves dispersion by the construction elements and special coatings on AV surface;
- High flight mechanical loading, including vibration caused by the engine running;
- Multiple changing of pressure and temperature;
- Space constraint inside the AV airframe.

The influence of mentioned factors largely narrows the usage possibilities of different antenna types when in composition of on-board equipment. For the best to meet all requirements are flush-mounted radiating elements such as horn-type radiators, including the waveguide aperture, strip-line antennas, leaky-waveguide antennas.

Engineering solutions on AV antennas development on the base of waveguide aperture and leaky-waveguide antenna are analyzed in details. The matching and radiation characteristics are given; the usage possibilities as a part of different types of AV on-board equipment are discussed.

## НЕКОТОРЫЕ ВОПРОСЫ РАЗРАБОТКИ И ИЗГОТОВЛЕНИЯ СВЧ-ГЕНЕРАТОРОВ НА ОСНОВЕ КВАЗИМОНОЛИТНЫХ ГИС В ДИАПАЗОНЕ ЧАСТОТ 1...20 ГГц

© Авторы, 2015

**Н.Г. Гаврилюк**

ведущий инженер, ФГУП «НПП «Исток», Московская обл., г. Фрязино  
E-mail: gavrilyuknikolai@mail.ru

**Ю.М. Богданов** кандидат технических наук,  
начальник лаборатории, ФГУП «НПП «Исток», Московская обл., г. Фрязино

**Т.Н. Складчикова**

технолог, ФГУП «НПП «Исток», Московская обл., г. Фрязино

Приведены результаты разработки и создания СВЧ-генераторов малой мощности, сочетающих в себе миниатюрность, стабильность параметров, надёжность (долговечность, безотказность, сохраняемость), ремонтпригодность, стойкость и устойчивость, включая спецфакторы, малошумящих, с низким потреблением и относительно недорогих на основе гибридно-монокристаллических интегральных схем (ГМИС).

**Ключевые слова:** генераторный модуль.

The results of low-power microwave oscillators engineering and production which combine the miniature size, serviceability, stability and immunity, including special factors, low-noise, with low consumption and relatively cheap on the base of monobrid-integral circuits (MIC).

**Keywords:** oscillator module.

На НПП «Исток» разработано более 120 типов твердотельных генераторов малой мощности для бортовой и наземной аппаратуры военного и гражданского назначений, применяемых более чем в 30 системах РЭА.

Несмотря на такое разнообразие, проблема создания СВЧ-генераторов малой мощности, сочетающих в себе миниатюрность, стабильность параметров, надёжность (долговечность, безотказность, сохраняемость), ремонтпригодность, стойкость и устойчивость, включая спецфакторы, малошумящих, с низким потреблением и недорогих остается актуальной.

Одним из вариантов частичного решения проблемы является создание СВЧ-генераторов малой мощности с приемлемыми электрическими параметрами на основе гибридно-монокристаллических интегральных схем (ГМИС).

Более 25 лет назад во ФГУП «НПП «Исток» были разработаны и в настоящее время выпускаются СВЧ-компоненты в гибридно-монокристаллическом исполнении: усилители, умножители, делители, генераторы, что существенно упростило разработку СВЧ-модулей и их компонентов, в частности, СВЧ-генераторов.

Компоненты ГМИС позволяют легко разрабатывать СВЧ-генераторы, стабилизированные диэлектрическими резонаторами (ДР), в диапазоне частот (4-12) ГГц, а применение делителей и умножителей частоты расширяет частотный диапазон генераторов до (1-20) ГГц, как в одночастотном варианте исполнения (один ДР, одна ГМИС), так и в многочастотном варианте (несколько переключаемых ДР, одна ГМИС).

Наиболее широкое применение СВЧ-компоненты в гибридно-монокристаллическом исполнении получили в схемах одночастотного исполнения генераторов СВЧ.

Достоинства СВЧ-генераторов на основе ГМИС:

- малое потребление и габариты;
- полный интервал рабочих температур;
- отсутствие развязывающих ферритовых изделий;

- отсутствие настроечных винтов в одночастотном исполнении;
  - высокая надёжность;
  - малое время переключения между точками в многочастотном варианте;
  - доступное технологическое оборудование для монтажа ГМИС;
  - высокая обучаемость персонала для настройки СВЧ-генераторов.
- Недостатки СВЧ-генераторов на основе ГМИС:
- высокая стоимость ГМИС.

## ЛИТЕРАТУРА

1. **Богданов Ю.М.** Исследование и создание маломощных гибридно-монокристаллических СВЧ генераторов на ПТШ и преобразователей частоты на универсальных активных GaAs МИС в диапазоне частот 1-18 ГГц: дис. .... канд. тех. наук. г. Фрязино, 2007. – С. 73.

# **SOME ISSUES ON MICROWAVE OSCILLATORS ENGINEERING AND PRODUCTION ON THE BASE OF QUASI-MONOBRID INTEGRATED CIRCUIT IN 1-20 GHz FREQUENCY BAND**

**N.G. Gavriluk, Yu.M. Bogdanov, T.N. Skladchikova**

The scientific and production enterprise «Istok» had developed more than 120 types of low-power solid-state oscillators for military and civil on-board and ground equipment used in more than 30 systems of radio-electronic equipment.

Despite of such variety, the development problem of the low-power microwave oscillators which combine the miniature size, parameters stability, reliability (endurance, failure-free performance, conservation), serviceability, immunity, including special factors, low-noise, with low consumption and cheap is still relevant.

One of the problem solving ways is the low-power microwave oscillators development with acceptable electrical parameters on the base monobrid-integral circuits (MIC).

The Federal state union enterprise «Istok» had developed more than 25 years ago and still manufactures microwave components in hybrid-monolithic form: amplifiers, multipliers, dividers, oscillators, that essentially simplified the development of microwave modules and its components, in particular microwave oscillators.

The MIC components permit to easily develop microwave oscillators, stabilized with dielectric cavity resonators in 4–12 GHz frequency band, and the frequency dividers and multipliers usage spreads the oscillators frequency band up to 1–20 GHz in single-frequency design version (one dielectric resonator, one MIC) as well as in multi-frequency variant (several switched dielectric resonators, one MIC).

The most extensive application of microwave components in monobrid design version was realized in single-frequency design version circuits of microwave oscillators.

The MIC microwave oscillator's advantages:

- Low consumption and small dimensions;
- Full operating temperature range;
- Absence of decoupled ferrite items;
- Absence of screw tuner in single-frequency version;
- High reliability;
- Fast switching between points in multi-frequency version;
- Accessible production equipment the MIC wiring;
- High personnel trainability for microwave oscillators adjustment.

The MIC microwave oscillator's disadvantages:

- MIC high cost.

## ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ВХОДНЫХ ПРИЁМНЫХ УСТРОЙСТВ ДЛЯ РЛС X-ДИАПАЗОНА С ФАР И АФАР

© Авторы, 2015

**А.И. Григорьев**

начальник отдела, ОАО «ГСКБ «Алмаз-Антей»

E-mail: info@raspletin.com

**М.Б. Орехов**

зам. начальник отдела, ОАО «ГСКБ «Алмаз-Антей»

E-mail: info@raspletin.com

*В статье рассмотрены особенности реализации входных приёмных устройств (ВПУ) РЛС X-диапазона с ФАР и АФАР, позволяющие достичь требуемых оптимальных параметров. Рассмотрены вопросы миниатюризации входных приёмных устройств РЛС X-диапазона, практической реализации ВПУ РЛС с ФАР и АФАР (общие вопросы и отличия). Рассмотрены вопросы унификации узлов ВПУ РЛС с ФАР и АФАР.*

**Ключевые слова:** МРЛС – многофункциональная РЛС, ФАР – фазированная антенная решётка, АФАР – активная фазированная антенная решётка, ЦЗКУ – циклотронно-защищённый комплексированный усилитель, АЧХ-амплитудно-частотная характеристика, ЭМС – электромагнитная совместимость, ШМПГМ – широкополосный микрополосковый приёмно-преобразовательный модуль, ВПУ – входное приемное устройство, СЗУ – селективное защитное устройство.

*The article considers implementation features of the input receiving devices (IRD) of the X-band Radars with phased array antenna (PAA) and active phased array antenna (APAA) which provide to reach required optimal parameters. The miniaturization of input receiving devices of the X-band radar, IRD practical implementation with PAA and APAA (general issues and difference) were considered as well.*

**Keywords:** multifunctional radar (MR), phased array antenna (PAA), active phased array antenna (APAA), cyclotron-secured interconnected amplifier (CSIA), frequency-response characteristic (FRC), electromagnetic compatibility (EMC), wideband microstrip receive-transducer module (WMRTM), input receiving device (IRD), selective guard device (SGD).

В статье рассмотрены пути оптимизации построения и достижения наилучших параметров входных приёмных устройств для РЛС X-диапазона. Особое внимание уделено достижению максимальной идентичности приёмных каналов во входной и выходной полосах пропускания и распределению коэффициента передачи по приёмному тракту, позволяющие достичь минимального коэффициента шума и одновременно максимального динамического диапазона.

Рассмотрены вопросы по достижению максимальной унификации узлов приёмного тракта РЛС на базе разработок нашего предприятия и предприятий-соисполнителей.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Плешивцев В.И. СВЧ-приёмники радиолокационных систем. – М.: Изд-во «Радиотехника», 2012.
2. Плешивцев В.И., Будзинский Ю.А. Усовершенствование защиты и электромагнитной совместимости СВЧ-приёмников для многоканальных активных фазированных антенных решёток // Журнал Электромагнитные волны и электронные системы. – М.: Изд-во «Радиотехника», 2012, №4. – С. 25-29.

## ***IMPLEMENTATION FEATURES OF INPUT RECEIVING DEVICES OF THE X-BAND RADARS WITH PHASED ARRAY ANTENNA AND ACTIVE PHASED ARRAY ANTENNA***

**A.I. Grigoriev, M.B. Orehov**

The article reviews optimization schemes and best parameters achievement of the input receiving devices for the X-band radars. The special focus is given to the achievement of maximum adequacy of receiving signals in input and output band pass and transfer ration distribution on receive path allowing to reach the minimum noise coefficient and maximum input (dynamic) range simultaneously. The achievement of maximum radar receiving path junctions unification on the base of R&D works of our Enterprise and associated contractors.

УДК 621.396.677.494

## АНТЕННЫЙ ЭЛЕМЕНТ КУПОЛЬНОЙ ЛИНЗЫ

© Авторы, 2015

**Е.Н. Гуркин**

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

**А.Е. Туманская**

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

---

*В статье рассматривается антенный элемент купольной линзы. Приведены основные требования, предъявляемые к антенным элементам. Описан принцип изменения электрической длины элемента. Приводятся результаты электродинамического моделирования антенного элемента в составе решетки в рабочем диапазоне частот.*

**Ключевые слова:** антенна с купольной линзой, антенный элемент, пассивный фазовращатель.

---

*The article considers dome lens antenna element. The main requirements to antenna elements are given. The principle of the element electrical length changing is described. The results of antenna element aerodynamic modeling as part of infinite fence in operating frequency band are provided.*

**Keywords:** antenna with dome lens, antenna element, passive-phase shifting unit.

---

В статье рассматривается антенный элемент купольной линзы. Приведены основные требования, предъявляемые к антенным элементам. Описан принцип изменения электрической длины элемента. Приводятся результаты электродинамического моделирования и результаты экспериментальной отработки антенного элемента.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Бубнов Г.Г., Гольберг Б.Х., Коростышевский Е.Н. и др. Увеличение сектора сканирования антенной решетки с помощью купольной линзы // Сб. научно-методических статей по прикладной электродинамике. Вып. 6. – М.: Высшая школа, 1983. – С. 162–168.
2. РЛС SDR с купольной антенной // Журнал Радиоэлектроника за рубежом – М.: Изд-во Советское радио, 1980, №2. – С. 17.
3. Актуальные вопросы исследований распространения радиоволн, электромагнитной совместимости, антенно-фидерных устройств радиосвязи и радиовещания / Под. ред. Г.И. Трошина. – М.: САЙНС-ПРЕСС, ИПРЖР, 2002.

## DOME LENS ANTENNA ELEMENT

E.N. Gurkin, A.E. Tumanskaya

The article considers dome lens antenna element. The main requirements to antenna elements are given. The principle of the element electrical length changing is described. The results of antenna element aerodynamic modeling and experimental optimization results of the antenna element are provided.

УДК 621.396

## МЕТОДЫ И СРЕДСТВА ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ МИКРОЭЛЕКТРОННЫХ КОМПОНЕНТОВ В ПОЛОСКОВЫХ ЛИНИЯХ ПЕРЕДАЧИ

© Авторы, 2015

**В.И. Евсеев**

зам. технического директора, «Арзамасский приборостроительный завод им. П.А. Пландина»,  
Нижегородская обл., г. Арзамас  
E-mail: vladimir.evseev@oaoapz.com

**О.В. Лавричев**

генеральный директор, «Арзамасский приборостроительный завод им. П.А. Пландина»,  
Нижегородская обл., г. Арзамас  
E-mail: oleg.lavrichev@oaoapz.com

**С.Л. Моругин** доктор технических наук, профессор,

зав. кафедрой «Компьютерные технологии в проектировании и производстве»,  
ФГБОУ ВПО «НГТУ им. Р.Е. Алексеева», г. Нижний Новгород  
E-mail: morugin@nntu.nnov.ru

**С.М. Никулин** доктор технических наук, профессор,

профессор кафедры «Компьютерные технологии в проектировании и производстве»,  
ФГБОУ ВПО «НГТУ им. Р.Е. Алексеева», г. Нижний Новгород  
E-mail: nikulin-serg2006@yandex.ru

**В.П. Хранилов** доктор технических наук,

профессор кафедры «Компьютерные технологии в проектировании и производстве»,  
ФГБОУ ВПО «НГТУ им. Р.Е. Алексеева», г. Нижний Новгород  
E-mail: hranilov@nntu.nnov.ru

---

Рассмотрены различные методы определения параметров микроэлектронных компонентов в полосковых линиях передачи. Приведены результаты измерений известными и оригинальными способами в широкой полосе частот. Обсуждаются перспективы использования предлагаемых решений при проектировании интегральных приёмопередающих СВЧ-модулей.

**Ключевые слова:** контактные устройства, коаксиально-полосковые переходы, методы калибровки, полосковые меры, S-параметры, волновое сопротивление.

*The different techniques of microelectronic components parameters finding in microstrip transmission lines are examined. The measurements results of known and unique techniques in wide band are performed. The perspective implementation of proposed solutions at designing of microwave integrated-circuit receive-transmit modules is discussed.*

**Keywords:** contact devices, coaxial-to-strip line transitions, calibration techniques, stripline measures, S-parameters, wave resistance (self-surge impedance).

---

Цель данной статьи состоит в анализе и оценке существующих и оригинальных методов определения S-параметров микроэлектронных компонентов в полосковых линиях передачи. В практике измерений объектов в полосковых линиях наибольшее применение получил TRL-метод калибровки, в котором используют три полосковых меры волнового сопротивления: сквозное соединение (Through), отражающая мера (Reflect) в режиме короткого замыкания или холостого хода и линия (Line) известной длины. Особенность метода состоит в том, что в процессе калибровки определяются не только S-параметры виртуальных цепей погрешности, но и постоянная распространения электромагнитной волны в линии передачи. Этим методом можно определить коэффициент отражения от согласованной или рассогласованной нагрузки с тем, чтобы воспользоваться стандартной SOM калибровкой по короткому замыканию, холостому ходу и поглощающей нагрузке.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кудрявцев А.М., Никулин С.М. Интеллектуальные информационно-измерительные системы ВЧ и СВЧ диапазона: монография. – Н. Новгород: Нижегород. гос. техн. ун-т, 2006. – 198 с.
2. Epen G.F. and Hoer C.A. *Thru-reflect-line: An improved technique for calibrating the dual six-port automatic network analyzer*, *IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques* Vol. MTT-27, Dec. – 1979. P. 987–998.
3. Лавричев О.В., Никулин С.М., Шипунов А.С. Идентификация моделей коаксиально-полосковых переходов, полосковых линий и электронных // Журнал Датчики и системы. – М.: ИПУ РАН, 2014, № 5. – С. 40–45.
4. Крылов А.А., Лавричев О.В., Никулин С.М. Измерение S-параметров электронных компонентов в полосковых линиях передачи // Журнал Датчики и системы. – М.: ИПУ РАН, 2014, №11. – С. 34–40.

**MEANS AND TECHNIQUES OF MICROELECTRONIC  
COMPONENTS PARAMETERS MEASURING IN MICROSTRIP  
TRANSMISSION LINE**

V.I. Evseev, O.V. Lavrichev, S.L. Morugin, S.M. Nikulin, V.P. Hranilov

The purpose of the article is to analyze and estimate the existing and unique techniques of microelectronic components S-parameters finding in microstrip transmission lines. The objects in striplines measurement practice shows the wide application of TRL calibration technique in which three stripline measures of wave resistance is used: through connection (NUC), reflect measure in short-cut mode or open-circuit mode (off-load), known line length. The distinctive technique feature is that during the calibration process not only S-parameters of logic (virtual) error circuit are defined but electromagnetic wave propagation constant in transmission line. Using this technique it's possible to determine reflection coefficient from tuned (absorbing termination) and untuned load in order to use the standard SOM short-circuit, open-circuit and absorbing load calibration.

УДК 621.3.062.9

## УПРАВЛЕНИЕ, КОНТРОЛЬ ПАРАМЕТРОВ И СХЕМЫ ЗАЩИТЫ ПЕРЕДАЮЩЕГО УСТРОЙСТВА С МОЩНЫМИ ЭЛЕКТРОВАКУУМНЫМИ УСТРОЙСТВАМИ

© Авторы, 2015

**Е.В. Емельянов**

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

E-mail: info@raspletin.com

**А.А. Акимов**

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

E-mail: info@raspletin.com

---

*В статье рассмотрены устройства управления и контроля параметров мощных электровакуумных приборов, способы защиты и визуального контроля.*

**Ключевые слова:** электровакуумные приборы, устройства управления, устройства контроля, модулятор, волноводный тракт, система охлаждения.

---

*The article considers management and control of powerful photoemissive devices, safety methods and visual testing (eyeballing).*

**Keywords:** vacuum-tube devices (VTD), controls, monitors, modulating electrode, waveguide transmission line, cooling system.

---

Передающие устройства на базе мощных электровакуумных приборов (ЭВП) требуют специальных алгоритмов управления и контроля параметров, а также специальных схем защиты при внутривакуумных пробоях и отказа обслуживающих систем (система жидкостного охлаждения, формирователя управляющего напряжения и т.д.).

В статье рассмотрены схемы управления и контроля на базе микроконтроллера с выводом информации на управляющий компьютер и местный дисплей.

Особое внимание уделено организации защиты дорогостоящих ЭВП за счёт снижения энергии и времени пробоя. В докладе приведены и другие схемы защиты ЭВП по предельному току катода и резонатора, отказу модулятора, расходу и температуре охлаждающей жидкости, нарушению электромагнитного поля фокусирующей системы.

Опыт эксплуатации передающих устройств показывает, что нет второстепенных проблем, необходимо чётко выполнять все указания поставщика по режимам работы ЭВП в аппаратуре заказчика.

### ЛИТЕРАТУРА

1. **Кукарин С.В.** Современное состояние и тенденции развития приборов СВЧ. – М., 1962. – С.31.
2. **Иванов А.Б, Сосновкин Л.Н.** Импульсные передатчики СВЧ. – М., 1956. – С.141.

## ***MANAGEMENT AND CONTROL OF TRANSMITTING DEVICE PARAMETERS AND PROTECTION CIRCUIT WITH POWERFUL PHOTOEMISSIVE DEVICES***

**E.V. Emelyanov, A.A. Akimov**

Transmitting devices on the base of powerful photoemissive devices (PPD) needs to have special parameters control and monitoring algorithms and special safety schemes during invacuum disruption and support systems fault (liquid cooling system, control voltage shaper etc.).

The article examines control and monitoring circuits on the base of microcontroller with data indication on administrative computer and in-house display.

The emphasis is paid to safety measures of costly PPDs at the expense of energy and breakdown time reduction. The report includes other PPD current capacity safety circuits of cathode and resonator cavity, modulating electrode fault, consumption and coolant temperature, focusing device electromagnetic field distortion.

The operating experience of transmitting devices shows that there are no minor problems, it's necessary to strictly follow all Contractors' instructions as for PPD operation modes in Customer equipment.

## ОПТИМИЗАЦИЯ СВЧ-НАГРУЗКИ ДЛЯ МОЩНЫХ ПЕРЕДАЮЩИХ УСТРОЙСТВ

© Авторы, 2015

**С.В. Заболотная**

ведущий инженер, ОАО «ГСКБ «Алмаз-Антей», г. Москва  
E-mail: vik\_inga@mail.ru

**А.Н. Албутов**

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

*В статье рассмотрены различные варианты конструкций жидкостных волноводных СВЧ-нагрузок для высокомошных передающих устройств. Представлены результаты моделирования проточных полостей с определением различных распределенных параметров и гидродинамических характеристик (скоростей потока, геометрий линий тока и гидравлических потерь).*

**Ключевые слова:** СВЧ-нагрузка, жидкостное охлаждение, турбулентное течение, зона локальных вихрей.

*The article examines different structures variants liquid wave guiding microwave loads for high-powered transmitting devices. The modeling results of the flowing cavities are introduced with different distributed and hydrodynamic parameters finding (flow rates, geometric current-flow line and hydraulic losses).*

**Keywords:** microwave load, liquid cooling, turbulent flow, local vortex zone.

В качестве эквивалента антенны в передающих устройствах СВЧ нагрузка – устройство, поглощающее подводимую к нему высокочастотную мощность. В данной статье речь идёт о волноводной СВЧ нагрузке с поглощающей мощностью порядка единиц и десятков киловатт, в которой в качестве поглотителя используется охлаждающая жидкость.

Актуальность исследования обусловлена необходимостью совершенствования конструкции СВЧ нагрузки для повышения отводимой тепловой мощности при минимальных размерах, стабильности основных параметров и, как следствие, обеспечении надёжности работы устройства.

В процессе эксплуатации подобных устройств выявлено, что особенности его ориентации в пространстве при установке приводят к накоплению пузырьков воздуха на поверхности диэлектрической пластины, что значительно уменьшает допустимую мощность. Кроме того, габариты конструкции достаточно велики и присутствуют зоны образования локальных вихрей, которые увеличивают гидравлическое сопротивление в жидкостном тракте.

Целью исследования является поиск оптимальной конструкции волноводной СВЧ нагрузки, обеспечивающей эффективный теплоотвод с поверхности диэлектрической пластины, что в свою очередь способствует уменьшению габаритов и веса устройства.

Основными критериями при выборе наиболее оптимальной модели конструкции СВЧ нагрузки являются:

- скорость течения охлаждающей жидкости вблизи поверхности диэлектрической пластины (пограничном слое);
- средняя температура охлаждающей жидкости в выходном штуцере;
- отсутствие зон с низкими скоростями потока охлаждающей жидкости (областей завихрений);
- температура поверхности диэлектрической пластины.

### ЛИТЕРАТУРА

1. **Menter F.R.** Two Equation Eddy \ Viscosity Turbulence Models for Engineering Applications // *AIAA Journal*, Vol. 32. – 1994, № 8. P. 1598–1605.
2. **Идельчик И.Е.** Справочник по гидравлическим сопротивлениям. – М., Изд-во «Машиностроение», 1975. – 559 с.
3. Справочник химика / Под ред. Б.П. Никольского. – М., 1965, Т.3. – 1008 с.

## **MICROWAVE LOADS OPTIMIZATION FOR POWERFUL TRANSMITTING DEVICES**

**S.V. Zabolotnaya, A.N. Albutov**

The microwave load as an antenna equivalent in transmitting devices is a structure that absorbs the delivered high frequency power. The article covers a wave guiding microwave load with absorb power of some units and dozens of kilowatt in which the coolant is used as an absorber. The research relevancy is stipulated by the necessity of the microwave load structure improvement for increasing of rejected heat power at minimal dimensions, main parameters stability and as a consequence the device operation reliability assurance.

During the maintenance of such devices it was recognized that its spatial orientation features if installed lead to air bubbles accumulation on the dielectric wafer surface that significantly reduces the power-handling capacity. Besides, the structure dimensions are quite large and the local vortex zones formation are appeared which raise the flow resistance in liquid path.

The purpose of research is to find the optimal structure of the wave guide microwave load providing the effective heat removal from the dielectric wafer surface that in its turn facilitates the device dimensions and mass reduction.

The main criteria during choosing of the optimal structure model of the microwave load are:

- Coolant flow rate close to dielectric wafer surface (boundary layer);
- Coolant average temperature in output choke;
- Absence of the coolant low flow rates zones (vortex zones);
- Dielectric wafer surface temperature.

УДК 621.317.743

## МЕТОДИКА НАСТРОЙКИ ИЗЛУЧАТЕЛЕЙ МНОГОЭЛЕМЕНТНОЙ ФАР И ЕЁ ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

© Авторы, 2015

**В.С. Калашников** доктор технических наук, профессор,  
начальник отдела антенных измерений, ОАО «ВНИИРА», г. Санкт-Петербург  
E-mail: info@vnira.ru

**А.В. Милютенков**  
ведущий инженер, ОАО «ВНИИРА», г. Санкт-Петербург  
E-mail: info@vnira.ru

**О.Ю. Платонов** кандидат технических наук,  
начальник НИС, ОАО «ВНИИРА», г. Санкт-Петербург  
E-mail: info@vnira.ru

---

*Рассматривается методика экспресс-настройки фазовращателей многоэлементной фазированной антенной решётки (ФАР) больших размеров, основанная на использовании специального программного обеспечения, позволяющего осуществлять визуализацию промежуточных результатов настройки на ноутбуке оператора, перемещающегося вдоль ФАР.*

**Ключевые слова:** настройка многоэлементной ФАР, итерационный метод, специальное программное обеспечение, визуализация результатов настройки.

---

*The article considers the phase shifters express-adjustment technique of a large size multi element phased antenna array (PAA) which is based on using special software permitting to conduct intermediate adjustment results rendering in the operator's laptop walking along the PAA.*

**Keywords:** multi element phased antenna array adjustment, iteration technique, special software, adjustment results rendering.

---

Рассматривается методика настройки фазовращателей многоэлементной ФАР, при которой зонд располагается в непосредственной близости от излучателей ФАР и осуществляется компенсация взаимного влияния излучателей и зонда.

Для ускорения процесса настройки разработано специальное программное обеспечение, позволяющее осуществлять визуализацию результатов настройки на ноутбуке, находящемся у оператора, проводящего эту настройку.

Приведены результаты практического применения разработанной методики для настройки фазовращателей ФАР моноимпульсного вторичного радиолокатора.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Бубнов Г.Г., Никулин С.М., Серяков Ю.М., Фурсов С.А. Коммутационный метод измерения характеристик ФАР. – М.: Радио и связь, 1988. – 120 с.
2. ГОСТ 8.309–78 Антенны остронаправленные. Методика выполнения измерений для определения параметров по полю в раскрыве.

## ***TRANSMITTERS ADJUSTMENT TECHNIQUE OF MULTIELEMENT PHASED ANTENNA ARRAY AND ITS SOFTWARE***

**V.S. Kalashnikov, A.V. Milutenkov, O.U. Platonov**

The article considers the phase shifters adjustment technique of a large size multi element phased antenna array where the probe is located in direct proximity from the PAA radiating elements and reciprocal action compensating of the probe and radiating elements is carried out.

To speed up the adjustment process the special software was developed providing to conduct the adjustment results rendering in operator's laptop.

The practical implementation results of generated technique for the PAA phase shifters adjustment of monopulse secondary radar are performed.

УДК 621.317.765.8

## МАЛОГАБАРИТНЫЙ МОДУЛЬ СВЧ-ГЕНЕРАТОРА ШУМА СО СТАБИЛЬНОЙ ИНТЕГРАЛЬНОЙ МОЩНОСТЬЮ

© Авторы, 2015

**С.В. Караваев**

начальник лаборатории, ФГУП «РНИИРС», г. Ростов-на-Дону

**М.Б. Орехов**

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

E-mail: info@raspletin.com

**С.В. Семенюк**

инженер 1 категории, ФГУП «РНИИРС», г. Ростов-на-Дону

E-mail: sergey20@list.ru

**В.А. Хрипко**

начальник сектора, ФГУП «РНИИРС», г. Ростов-на-Дону

---

*Проведён анализ современных схемных решений генераторов шума. Предложено новое решение построения термостабилизированного генератора шума высокой выходной интегральной мощности.*

**Ключевые слова:** генератор шума, температурная стабилизация, интегральная мощность.

---

*The up-to-date circuit designing analysis of noise generator had been conducted. The new design solution of high output integral power thermostabilized noise generator was proposed.*

**Keywords:** noise generator, temperature stabilizing, integral power.

---

В настоящее время при построении современных радиоэлектронных комплексов необходимо применение автоматизированных средств контроля. Контроль параметров осуществляется с помощью широкополосного шумового сигнала и импульсно-модулированного шумового сигнала. В многоканальных комплексах используется единый источник шумового сигнала с высоким уровнем выходной интегральной мощности шума – не менее 14 дБм. Одним из факторов, определяющих качество работы автоматизированных средств контроля, является температурная стабильность параметров сигнала контроля. В блоке генератора шума (ГШ) она зависит от температурной стабильности всех СВЧ-элементов из состава ГШ. Ранее получили распространение ГШ, построенные на принципе последовательного усиления и умножения сигнала. Однако в подобных схемах получить равномерный спектр с необходимым уровнем мощности в полосе частот более 15% является весьма сложной задачей.

Схема прямого усиления позволяет обеспечить равномерный спектр в широкой полосе частот. Следует отметить, что большой коэффициент усиления в таких схемах может приводить к неустойчивой работе усилителей. Решением данной задачи является обеспечение экранировки усилительных каскадов, обеспечивающей подавление паразитных связей по всем возможным путям их возникновения. Решение задачи построения термокомпенсированного ГШ связано с последовательным включением усилительных микросхем в режиме ограничения. Это позволяет увеличить уровень допустимой компрессии коэффициента передачи в многокаскадном усилителе мощности, и, таким образом, обеспечить температурную стабилизацию коэффициента усиления.

В статье рассматриваются схемные решения по построению ГШ и анализируются полученные результаты.

### ЛИТЕРАТУРА

1. NMA 2000 NOISE MODULES 100HZ TO 2GHZ // Datasheet, URL: [http://www.abcelectronic.com/composants/telechargement\\_datasheet.php?id=713347&part-number=NMA-2012](http://www.abcelectronic.com/composants/telechargement_datasheet.php?id=713347&part-number=NMA-2012) (дата обращения: 29.08.2013).
2. Орехов М.Б., Григорьев А.И., Караваев С.В., Милошевская А.В. Малогабаритный термокомпенсированный колыброванный СВЧ-генератор шума с высокой выходной интегральной мощностью // Журнал Антенны – М.: Изд-во «Радиотехника», 2013, №2. – С. 56–60.

## ***SMALL-SIZE MODULE OF MICROWAVE NOISE GENERATOR WITH STABLE INTEGRATED POWER***

**S.V. Karavaev, M.B. Orehov, S.V. Semenyuk, V.A. Hripko**

Nowadays it's necessary to provide application of the computer-aided test equipment at the designing of up-to-date radioelectronic complexes. The parameters check-out is carried out through wideband noise signal and pulse-modulated noise signal. The single source of noise signal with high level of output integral power (up to 14 dBm) is used in multichannel complexes. One of the factors determining the operation quality of the computer-aided test equipment is the temperature stability of control (test) signal parameters. The stability in the noise generator block (NOG) depends on temperature stability of all NOG microwave elements. Earlier the wide spread received the NOG based on sequential signal amplifying and multiplying. However it's difficult to get a uniform spectrum with enough power level in frequency band more than 15% in similar circuits.

Direct amplification circuit permits to provide a uniform spectrum in a wide frequency band. It should be pointed out that high amplifying coefficient in such circuits could lead to unsteady operation of amplifiers. The solution to this objective is to provide shielding of amplified stages (cascades) and providing the suppression of spurious (shading) links at all possible arising paths. The solution to the NOG temperature-compensated designing is connected with sequential switching of amplifying integrated circuits in the limiting mode. Thus it permits to increase the acceptable compression level of transfer factor in multistage power amplifier, and therefore to provide the temperature stability of the amplifying coefficient.

The article considers the circuits design solutions on the NOG development with obtained results analysis.

УДК 621.396.671

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ НАПРАВЛЕНИЯ ПРИХОДА РАДИОЛОКАЦИОННОГО СИГНАЛА В ОБЛАСТЬ ГЛАВНОГО МАКСИМУМА ДИАГРАММЫ НАПРАВЛЕННОСТИ АНТЕННЫ

© Автор, 2015

**Ф.К. Поволоцкий** кандидат технических наук, старший научный сотрудник,  
главный специалист направления, ОАО «ГСКБ «Алмаз-Антей», г. Москва  
E-mail: info@raspletin.com

---

*В статье решена задача фильтрации радиолокационных сигналов. Предлагается принять антенной сигналы подвергать цифровой обработке с использованием параметра антенны, названного трансфункцией [1]. В результате обработки пропускаются только сигналы, приходящие в область главного максимума диаграммы направленности антенны. Показано, что использование трансфункций позволяет регулировать область селекции сигналов и определять угол между направлением прихода сигнала и положением максимума диаграммы направленности антенны.*

**Ключевые слова:** фазированная антенная решётка, селекция сигнала, трансфункция.

---

*The article solves the problem of the radar signals filtering. It's proposed to digital process the antenna received signals using the antenna parameter called a trans-function [1]. Only signals arriving to the main maximum area of antenna directional pattern are passed through after being processed. It's demonstrated that trans-functions usage permits to regulate the signals discrimination area and determine the angle between the direction of signal arrival and position of antenna directional pattern maximum.*

**Keywords:** phased antenna array, signal discrimination, trans-function.

---

При работе радиолокатора без целеуказания определить, лежит ли направление на цель вблизи главного максимума диаграммы направленности антенны или мы его принимаем по боковому лепестку, невозможно и поэтому размеры зоны, в которой следует проводить допоиск, неизвестны.

В статье предлагается метод, позволяющий определить сигналы, приходящие только с направлений, лежащих вблизи главного максимума диаграммы направленности антенны, определены размеры этих зон и разработаны способы их регулирования.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Поволоцкий Ф.К., Сидорова Т.П. Использование трансфункций для решения антенных задач – заявка на изобретение №2012127197 с приоритетом от 29.06.2012.
2. Справочник по радиолокации / Под ред. М. Сколник. – М.: Сов. радио, 1977, Т. 2.

## FINDING THE RADAR SIGNAL ARRIVAL DIRECTION TO THE MAIN MAXIMUM AREA OF ANTENNA DIRECTIONAL PATTERN

F.K. Povolockiy

In case the radar operation is carried out without target designation it's impossible to determine if the target direction lies nearby the antenna directional pattern maximum or we read it by the side lobe; therefore the area size in which we should provide an aftersearch is unknown.

The article offers the technique that permits to find signals arriving only from directions lying nearby the main maximum of the antenna directional pattern; the zones sizes were determined and technique of its regulation were developed as well.

---

# ПРОБЛЕМНЫЕ ВОПРОСЫ ПОСТРОЕНИЯ СИСТЕМ И СРЕДСТВ ВКО

---

УДК 334.4

## ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ СХЕМА УПРАВЛЕНИЯ ПОЛНЫМ ЖИЗНЕННЫМ ЦИКЛОМ ВООРУЖЕНИЯ, ВОЕННОЙ И СПЕЦИАЛЬНОЙ ТЕХНИКИ

© Автор, 2015

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

---

*Статья содержит практические результаты анализа проблем и формализации задачи управления жизненным циклом вооружения, военной и специальной техники.*

**Ключевые слова:** полный жизненный цикл, управление, планирование, вооружение, военная и специальная техника, информационная модель.

*The article contains the practical results of problems analysis and mission formalization for the armament, military and special equipment lifecycle administration.*

**Keywords:** overall lifecycle, administration, planning, armament, military and special equipment, entity set model.

---

Статья посвящена решению актуальной задачи оптимизации функциональных схем разработки и взаимодействия различных структур и, как следствие, параметров полных жизненных циклов (ПЖЦ) комплекса вооружения, военной и специальной техники (ВВСТ), обеспечивающего поддержание требуемого уровня боеготовности Вооружённых Сил Российской Федерации.

Проведённый автором критический анализ практики управления развитием ВВСТ позволил выявить наличие ряда несогласованностей между Государственной программой вооружений (ГПВ) и Государственным оборонным заказом (ГОЗ), не позволяющих обеспечить гарантированное сопряжение по срокам, ассигнованиям и результатам переход от выполнения долгосрочных планов к практической реализации текущих.

В статье предлагается ряд принципиально новых подходов к формализации процесса управления ПЖЦ комплекса образцов ВВСТ и схема управления ПЖЦ ВВСТ, позволяющая осуществлять увязку действий и процедур всех субъектов, участвующих в разработке, производстве, эксплуатации, модернизации и утилизации ВВСТ.

Тщательное изучение и сопоставление данных из различных источников обуславливают достоверность выполненных автором оценок и обоснованность предложений. Данный подход к управлению ПЖЦ ВВСТ отличается новизной и имеет практическую значимость.

## **ЛИТЕРАТУРА**

1. ФЗ от 18.07.2011 № 223-ФЗ «О закупках товаров, работ, услуг отдельными видами физических лиц».
2. Указ Президента РФ «О реализации планов (программ) строительства и развития Вооружённых сил РФ, других войск, воинских формирований и органов и модернизации оборонно-промышленного комплекса».
3. Постановление Правительства РФ от 11 октября 2012 г. № 1036 «Об особенностях оценки соответствия оборонной продукции (работ, услуг), представляемой по государственному оборонному заказу, процессов проектирования (включая изыскания), производства, строительства, монтажа, наладки, эксплуатации, хранения, перевозки, реализации, утилизации и захоронения указанной продукции».
4. Методические рекомендации по применению методов определения начальной (максимальной) цены контракта, заключаемого с единственным поставщиком (Приказ Минэкономразвития от 009.2013 № 567).
5. Национальный стандарт Российской Федерации ГОСТ Р 53791-2010 «Ресурсосбережение. Стадии жизненного цикла изделий производственно-технического назначения».
6. ФЗ от 05.04.2013 № 44-ФЗ «О контрактной системе в сфере закупок товаров, услуг для обеспечения государственных, муниципальных нужд».
7. Концепция разработки, внедрения и развития систем управления полным жизненным циклом вооружения, военной и специальной техники. Одобрена Военно-промышленной комиссией при Правительстве РФ. Протокол от 28.08.2013 № 7.
8. Национальный стандарт Российской Федерации ГОСТ Р 56020-2014. «Бережливое производство. Основные положения и словарь».

## ***FUNCTIONAL SCHEME OF ARMAMENT, MILITARY AND SPECIAL EQUIPMENT OVERALL LIFECYCLE ADMINISTRATION***

**S.N. Ostapenko**

The article relates to the actual task solution for functional development schemes optimization and different structures cooperation and as a consequence the overall lifecycles parameters (OLP) of the armament, military and special equipment (AMSE) complex, providing the adequate combat readiness level of the Russian Federation Armed Forces.

The author critical analysis of the AMSE development administration and management permitted to find out some disagreements between the State arms program (SAP) and the State defense order (SDO) providing to implement the concurrence and procedures of all parties involving in the AMSE development, manufacturing, maintenance, upgrading and disposition.

Careful data examination and correlation from the different sources is stipulated the fidelity of fulfilled author evaluations and proposals relevance. Such an approach to the AMSE overall lifecycle is notable for the originality and is of considerable practical importance.

---

# ПРИМЕНЕНИЕ СИЛ И СРЕДСТВ ВКО

---

УДК 78.21.53.21

## ПОДХОД К ПОВЫШЕНИЮ ЖИВУЧЕСТИ ГРУППИРОВОК ПРОТИВОВОЗДУШНОЙ ОБОРОНЫ

© Автор, 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 статье рассматривается проблема обеспечения требуемой живучести группировок противовоздушной обороны и предлагается подход к её решению на основе синтеза системы обеспечения живучести и решения задачи по поиску рациональных значений её параметров.*

**Ключевые слова:** средства воздушно-космического нападения, живучесть, система обеспечения живучести, группировка противовоздушной обороны, неуязвимость, восстанавливаемость, боеспособность.

---

*The article considers the problem of providing the required survivability grouping of air defense and proposes an approach to its solution-based synthesis system to ensure the survivability and the search for rational values of its parameters.*

**Keywords:** means of aerospace attack, survivability, system of ensuring survivability, group of antiaircraft defense, invulnerability, restorability, fighting capacity.

---

Основой эффективной ПВО являются не только высокие боевые возможности группировки войск, оснащенной современными системами вооружения, но и её живучесть, выражающаяся в сохранении или быстром восстановлении боеспособности в условиях получения повреждений.

Актуальность вопросов обеспечения живучести группировок ПВО в условиях развития средств воздушно-космического нападения противника и совершенствования высокоточного оружия будет возрастать.

Живучесть группировки ПВО помимо организационных мер обеспечивается ещё и целым рядом технических компонентов, совокупность которых образует систему обеспечения живучести. До настоящего времени определения рациональных значений характеристик элементов данной системы, несмотря на то, что ей в полной мере присущи системообразующие признаки, в рамках единой задачи не проводилось.

Поиск рациональных вариантов построения таких сложных систем затруднителен, так как связан с так называемым «проклятием размерности».

Поэтому в работе представлен подход к решению проблемы повышения живучести группировок ПВО на основе создания системы обеспечения живучести, обоснования рациональных значений её характеристик путём декомпозиции на подсистемы по принципу координации целей, поиска рациональных значений характеристик подсистем, агрегирования подсистем в единую систему обеспечения живучести.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Военно-энциклопедический словарь / Изд. 2-е, перераб. и доп. – М.: Воениздат, 1986.
2. Черкесов Г.Н. Методы и модели оценки живучести сложных систем // Монография. – М.: Знание, 1987.
3. Стекольников Ю.И. Живучесть систем. Теоретические основы. – Спб.: Политехника, 2002.

## ***APPROACH TO INCREASE THE SURVIVABILITY OF ANTI-AIRCRAFT DEFENSE GROUPS***

**E.Yu. Brezhnev**

The foundation of an effective air defense is not only high combat capabilities of troops, equipped with modern weapons systems, but its survivability in terms of the preservation or quick restoration of combat power in case of damages.

The urgency of ensuring the survivability of air defense groups in terms of the enemy airspace attack weapons development and improvement of precision weapons will increase.

The survivability of air defense group in addition to organizational measures also provides by a number of technical components, the combination of which forms the survivability support system. So far, the rational values definition of elements characteristics of this system, despite the fact that it is fully characterized by backbone features, was not carried out within a single task.

The search for rational options for building such complicated systems is difficult, as it is linked with so-called «curse of dimensionality».

Therefore, this paper presents an approach to solving the problems of increasing the survivability of air defense groups on the basis of survivability-support system development, the rational values justification of its specifications by decomposition into subsystems according to the principle of tasks dispatching, the search for rational subsystems characteristics values, the subsystems aggregation into a single survivability support system.

---

# ИССЛЕДОВАНИЯ В СФЕРЕ ПРОЕКТНО- КОНСТРУКТОРСКИХ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РАБОТ

---

УДК 621.396.67

## ПОДХОДЫ К ТЕХНОЛОГИЯМ АКТИВНЫХ ФАЗИРОВАННЫХ АНТЕННЫХ РЕШЁТОК

(результаты исследований и разработки технологий  
активных фазированных антенных решёток для высокопотенциальных мобильных РЛС)

© Авторы, 2015

**Н.Э. Ненартович** кандидат технических наук,  
генеральный конструктор, ОАО «ГСКБ «Алмаз-Антей», г. Москва

**И.Б. Аверин** кандидат технических наук,  
начальник КТК, ОАО «ГСКБ «Алмаз-Антей», г. Москва

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

**М.Б. Митяшев** кандидат технических наук,  
начальник СКБ, ОАО «ГСКБ «Алмаз-Антей», г. Москва  
E-mail: info@raspletin.com

---

*Представлены основные результаты, полученные в ходе исследований и разработок антенных систем на базе активных фазированных антенных решёток (АФАР), поэтапного формирования основных технологических решений, путей практической реализации АФАР с учётом специфики требований, предъявляемых к высокопотенциальным высокоточным мобильным РЛС.*

**Ключевые слова:** активная фазированная антенная решётка, мобильный радиолокационный комплекс, подрешётка, антенный элемент, приёмо-передающий модуль, усилитель, система жидкостного охлаждения, схема управления, вторичный источник питания, элементная база, выходная мощность, коэффициент усиления, энергопотребление, монолитная интегральная схема.

*Main results are presented, obtained in process of study and development of the antenna systems with active phased antenna arrays (APAA), stage-by-stage formation of base technology solutions, ways of APAA practical implementation with respect of specific requirements imposed on the high-potential, high-precision mobile radars.*

**Keywords:** active phased antenna array, mobile radar complex, subarray, antenna element, transmit-receive module, amplifier, liquid cooling system, control circuit, secondary power supply source, elementary base, output power, gain factor, power consumption, monolithic integrated circuit.

---

Представлены результаты исследований и разработок активных фазированных антенных решеток (АФАР) X-диапазона.

Основное внимание уделено компоновке приемопередающих каналов, многоканальных приемопередающих модулей (ППМ) и подрешеток сборки из нескольких ППМ), формирующих апертуру антенны.

Разработка всех составляющих АФАР учитывает как технические, так и эксплуатационные характеристики, включая практическую реализацию распределенных систем управления, энергоснабжения и жидкостного охлаждения в составе антенного устройства. При этом принимается во внимание необходимость замены модулей и блоков в процессе эксплуатации антенны.

Приводятся примеры технологий (подходы, схемы модулей, блоков и элементов конструкции), применяемых при разработке АФАР с эфирным и фидерным СВЧ-возбуждением.

Практическое применение того или иного подхода зависит от назначения, технических требований и условий эксплуатации радиолокатора.

---

## ЛИТЕРАТУРА

1. **Кашин В.А., Леманский А.А., Митяшев М.Б., Созинов П.А.** Вопросы перспективной радиолокации, глава 14 / Проблемы создания АФАР сантиметрового диапазона для мобильных многофункциональных радиолокаторов зенитных ракетных комплексов – М.: Изд-во «Радиотехника», 2003. – С. 240–255.
2. **Barton D.K.** *Recent Developments in Russian Radar Systems.* – *Proc. of IEEE Int. Radar Conf., May 1995, Washington D.C., USA.* – P. 340–346.
3. **Scott R., Lok J.J.** *Multifunction Radars Ready to Realize Their Potential, Jane's Navy International, July/August 2003, Volume 7, Number 6.* – P. 16–23.
4. **Вендик О.Г., Парнес М.Д.** Антенны с электрическим сканированием – М.: САЙНС-ПРЕСС, 2002. – С. 227–243.

## **ACTIVE PHASED ANTENNA ARRAYS TECHNOLOGY APPROACHES**

(results of study and development of technologies of active phased antenna arrays  
for high-potential, high-precision mobile radars)

**N.Ye. Nenartovitch, I.B. Averin, V.A. Balagurovsky, M.B. Mitiachev**

The research and development results of the X-band active phased antenna arrays (APAA) are performed.

The most of the focus is on receive/transmit channels layout, multichannel receive/transmit modules (RTM) and subarrays assembly of several RTMs) forming the antenna aperture.

The development of all APAA components considers technical and operating characteristics including the practical realization of distributed control systems, power supplying and liquid cooling within configuration of the antenna assembly. Herewith it's taken into consideration the necessity of modules and blocks replacement at operational service of the antenna.

The technologies examples (approaches, construction modules, blocks and elements schemes), applying during research and development works of the APAA with television and feeder microwave excitation are given in the article.

Practical application of any given approach depends on the purpose, specification requirements and operational conditions of the radar

## СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА ТЕХНИЧЕСКОГО УРОВНЯ ИЗДЕЛИЙ, НАХОДЯЩИХСЯ НА РАЗНЫХ ЭТАПАХ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА

© 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

**А.А. Филатов** кандидат военных наук, старший научный сотрудник,  
начальник отдела, ОАО «Концерн ПВО «Алмаз – Антей», г. Москва  
E-mail: anatolyf@mail.ru

Предложен подход к модификации метода сравнительной оценки технического уровня изделий на основе набора характеризующих их признаков, позволяющий учитывать нахождение изделий на разных этапах жизненного цикла.

**Ключевые слова:** технический уровень, ранжирование, приоритет, частные показатели, обобщённый показатель качества, риски, дисконтирование, дефлирование, жизненный цикл, опытно-конструкторские работы, серийное производство.

*The approach for items technical level comparative assessment method modification is proposed on the base of specified features set permitting to register the items position on different lifecycle stages.*

**Keywords:** technical level, ranking, priority, private indexes, overall quality index, risks, discounting, deflation, lifecycle, research and development works, serial production.

Статья посвящена рассмотрению сравнительной оценки технического уровня однотипных изделий, необходимой для априорной оценки конкурентоспособности интересующего изделия с отечественными и зарубежными аналогами, находящимися на разных этапах жизненного цикла.

Предлагается методика многопараметрической оценки обобщённых показателей качества и стоимостных характеристик сравниваемых изделий, позволяющая заблаговременно, до открытия научных исследований и опытно-конструкторских работ получать объективные данные для обоснованного принятия решения о необходимости и целесообразности разработки интересующего изделия, исходя из его конкурентоспособности. Это определяет актуальность и практическую значимость данной работы.

Предлагаемый усовершенствованный методический аппарат, в состав которого входит разработанная авторами и приведённая в их предыдущих работах модель сравнительной оценки изделий по совокупности характеризующих их признаков, позволяет учитывать влияние фактора времени как на стоимостные характеристики изделий, так и на другие их параметры, что обуславливает новизну работы.

Использование апробированной математической модели и корректный учёт влияния на результаты проведённых исследований фактора времени обуславливают достоверность полученных оценок и обоснованность выводов работы.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Остапенко С.Н., Филатов А.А. Оценка технического уровня изделий, различающихся временем начала их серийного производства // Вестник Концерна ПВО «Алмаз–Антей». – М.: ОАО «Концерн ПВО «Алмаз–Антей», 2013, № 2(10). – С. 43–48.
2. Остапенко С.Н., Филатов А.А. Оценка технического уровня изделий на основе набора характеризующих их признаков // Вестник Концерна ПВО «Алмаз–Антей». – М.: ОАО «Концерн ПВО «Алмаз–Антей», 2011, № 1(5). – С. 11–16.
3. Виленский П.Л., Лившиц В.Н., Смоляк С.А. Оценка эффективности инвестиционных проектов: Теория и практика. – М.: «Дело», 2002. – 888 с.
4. Указание ЦБ РФ № 2399-у от 25.12.2009, № 2399-у от 19.02.2010, № 2439-у от 29.04.2010, № 2583-у от 25.02.20121, № 2618-у от 29.04.2011, № 2758-у от 23.12.2011.
5. Обзор финансового рынка. Годовой обзор за 2011 год. – М., 2012, № 1(72). – 70 с.
6. Ковалев В.В. Методы оценки инвестиционных проектов. – М.: Изд-во «Финансы и статистика», 2002. – 144 с.
7. Ковалев А.П. Управление имуществом на предприятии. – М.: Минстатинформ, 2002. – 240 с.

## ***ITEMS TECHNICAL LEVEL COMPARATIVE ASSESSMENT AT DIFFERENT LIFECYCLE STAGES***

**S.N. Ostapenko, A.A. Filatov**

The article relates the solution of the single-type items technical level comparative assessment necessary for prior competitiveness estimate of concerned item with indigenous and foreign analogues positioned at different lifecycle stages.

The method of multiparameter estimation of overall quality index and cost characters of compared items is proposed which permits prior to initiating the research studies and R&D works to get the objective data for the proved decision-making on necessity and viability of interested item development basing on its competitiveness. It defines the applicability and practical relevancy of the paper.

The proposed advanced methodical framework that includes authors developed and presented in previous papers the items comparative assessment model as for synergy of its characterized features, permits to register the time factor influence on the items cost performance as well as on other parameters that stipulates the originality of the paper.

The officially accepted math model usage and adequate register of the influence on the conducted tests results of the time factor is stipulated by the obtained evaluations fidelity and validity of a conclusion of the paper.

УДК 629.052.3

## ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРИ РАЗВИТИИ ТРЕНАЖЁРОВ УПРАВЛЕНИЯ АВИАЦИЕЙ

© Авторы, 2015

**Ю.А. Антохина** доктор экономических наук, ректор,  
Государственный университет аэрокосмического приборостроения (ГУАП), г. Санкт-Петербург  
E-mail: zlata@aanet.ru

**А.Д. Филин** доктор технических наук,  
зам. генерального конструктора, ОАО «ВНИИРА»,  
профессор кафедры «Радиотехнические системы средств ОВД и их эксплуатация»  
ГУАП, г. Санкт-Петербург  
E-mail: fadadf@rambler.ru

**Ю.Г. Шатраков** доктор технических наук, профессор,  
заслуженный деятель науки РФ, учёный секретарь, ОАО «ВНИИРА»,  
зав. базовой кафедры «Радиотехнические системы средств ОВД и их эксплуатация»  
ГУАП, г. Санкт-Петербург  
E-mail: aspirantura@vniira.ru

---

*В статье представлены на основании анализа основные инновационные технологии, которые ожидаются к внедрению в тренажёрах управления авиацией и подготовке офицеров боевого управления авиационными соединениями.*

**Ключевые слова:** тренажно-моделирующий комплекс, инновационные технологии, специалисты управления авиацией.

*The article presents the analysis of the main innovative technologies which are expected to be realized in aviation control simulators and officers training from combat commands of air force formations.*

**Keywords:** training-simulator complex, innovative technologies, aviation control experts.

---

Высокий профессионализм летного и командного состава ВВС РФ, формирование профессионально важных умений и навыков неразрывно связаны с использованием тренажеров на всех этапах и уровнях практической подготовки летных экипажей и специалистов управления авиацией. В последние годы наметилась актуальная тенденция инновационного развития тренажно-моделирующих комплексов. В работе сформулированы основные тенденции и направления в развитии тренажно-моделирующих комплексов для специалистов управления авиацией, которые определяют структуру перспективного ТМК следующего пятого поколения как экспертной системы. Предложена эффективная и малозатратная методология поступательной инновационной эволюции развития ТМК, ее этапы реализации до уровня пятого поколения. Обоснованы факторы, которые могут быть положены в основу оценки военно-экономической эффективности внедрения и эксплуатации ТМК пятого поколения.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Автоматизированные системы управления воздушным движением / Под ред. Ю.Г. Шатракова – СПб.: Изд-во «Политехника», 2014. – 535 с.
2. **Филин А.Д., Шатраков А.Ю.** Тренажёрные комплексы радиолокационного контроля воздушного пространства. – СПб.: ГУАП, 2013. – 221 с.
3. **Филин А.Д.** Перспективные учебно-тренировочные комплексы для организации оперативно-тактической подготовки в военно-воздушных силах // Сборник научных трудов «Новые технологии». – М., РАН, Межрегиональный совет по науке и технологиям, 2013. – С. 177–183.
4. **Бестугин А.Р., Рачков В.П., Шатраков Ю.Г.** Развитие системы подготовки летных экипажей и специалистов боевого управления авиационных частей // Вестник «Воздушно-космической обороны». – М.: ОАО «Концерн ПВО «Алмаз-Антей», 2013, №1. – С. 12–24.
5. **Proktor P.** Research and development . Awacs simulator explores integrated «Battle Space». Aviation week and space technology/Feb. 8. 1999. – P. 83–84.

## ***INNOVATIVE TECHNOLOGIES IN DEVELOPMENT OF THE AVIATION CONTROL SIMULATORS***

**Yu.A. Antohina, A.D. Filin, Yu.G. Shatrakov**

High qualification of the Russian Air Force flying personnel and command staff, the formation of professionally important skills and knowledge is inextricably linked with simulators usage at all stages and levels of practical training of flight crews and aviation control specialists. In recent years there has been a current trend innovation and directions for development of training simulator complex (TSC). The article presents the main trend and development areas in training simulator complex of aviation control specialists, which determine the structure of perspective TSC the next fifth generation as an expert system. The effective and low-cost methodology of progressive innovative TSC development was proposed, its implementation stages up to the fifth generation level. The factors which can be taken as a basis of military economic efficiency assessment of the fifth generation TSC implementation and operation were rationalized.

---

# АНАЛИТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ЗАРУБЕЖНОГО ОПЫТА

---

УДК 623.55.02/623.4

## ОБЗОР СТРАТЕГИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ПРО США

© 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 последние проведенные комплексные стрельбовые испытания системы ПРО GMD (Ground-based Midcourse Defense) наземного базирования, которая является ключевым компонентом национальной системы ПРО США. Представлены общие данные о структуре системы GMD и ракете-перехватчике GBI и БЧ EKV.*

***Ключевые слова:** система ПРО наземного базирования, кинетическая ступень перехвата, ракета-перехватчик шахтного наземного базирования.*

---

*The article views the latest complex firing test of the Ground-based Midcourse Defense system, the key element of the US national missile defense system. The general data on GMD system structure and GBI interceptor with EKV is presented.*

***Keywords:** Ground-based Midcourse Defense (GMD), Exoatmospheric Kill Vehicle, Ground Based Interceptor (GBI).*

---

Агентство ПРО Министерства обороны США в июне 2014 года провело комплексные стрельбовые испытания системы ПРО GMD наземного базирования, которая является ключевым компонентом национальной системы ПРО США, в ходе которых был осуществлен успешный перехват ракеты-мишени противоракетой GBI, оснащенной кинетической ступенью перехвата EKV новой модификации CE-II.

Успешное испытание с перехватом позволит возобновить поставки новой партии перехватчиков с БЧ CE-II, которые были приостановлены после первых двух неудачных испытаний. Кроме того, Агентство ПРО также сможет инициировать программу переоснащения уже закупленных противоракет.

Систему ПРО GMD формируют несколько основных компонентов, она состоит из противоракет, расположенных на стартовых площадках, и сети наземных станций информационной поддержки и центров управления пуском ракет.

В центр управления пусками противоракет системы GMD поступают данные от спутниковых систем оповещения, обнаружения и сопровождения, а также от РЛС морского и наземного базирования. На основе обработанных данных формируются задачи и осуществляется информационная поддержка противоракет GBI на всех этапах перехвата цели. Кроме того, из центра управления пусками GMD данные о воздушно-космической обстановке передаются в систему оперативного управления C2BMC.

Внешние интерфейсы для соединения с системой ПРО AEGIS, Объединенным североамериканским командованием и системой С2ВМС расположены на авиабазе Петерсон (шт. Колорадо). Интерфейсы для взаимодействия со спутниковой системой раннего оповещения и сопровождения SBIRS/DSP развернуты на авиабазе Бакли (шт. Колорадо). Кроме того, наземная станция передового базирования AN/TPY-2 имеет возможности для связи с системой GMD из района своей постоянной дислокации на авиабазе Шарика (Япония).

Ракета-перехватчик шахтного наземного базирования GBI является основным и пока единственным огневым средством поражения целей в национальной стратегической системе ПРО США GMD и предназначена для перехвата головных частей и боевых блоков межконтинентальных баллистических ракет (БР) на среднем участке траектории их полета на дальностях до нескольких тысяч километров.

В настоящее время разрабатывается новая БЧ ПР GBI, которую предполагается создать на принципах открытой модульной архитектуры со стандартными интерфейсами, в результате чего ее можно будет использовать не только в ПР GBI, но и в ПР SM-3 и THAAD.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Missile Defense: Next Steps for the USA's GMD, 22 июня 2014, URL: <http://www.defenseindustrydaily.com/3979m-next-step-or-last-step-for-gmd-05229>.
2. Ballistic Missile Defense Update, VADM J. D. Syring, USN Director, Missile Defense Agency, 22 февраля, 2013, URL: <http://mostlymissiledefense.files.wordpress.com/2013/06/bmd-update-syring-february2013.pdf>.
3. Missile Defense Agency FY 2014 Military Construction, Defense-Wide, Office of the Under Secretary of Defense, URL: [http://comptroller.defense.gov/defbudget/fy2014/budget\\_justification/pdfs/07\\_Military\\_Construction/10-Missile\\_Defense\\_Agency.pdf](http://comptroller.defense.gov/defbudget/fy2014/budget_justification/pdfs/07_Military_Construction/10-Missile_Defense_Agency.pdf).
4. Government Accountability Office, DOD's Report on Improvements to Homeland Missile Defense and Acquisition Plans, 17 июля 2014, URL: <https://www.hsdl.org/?view&did=756019>.
5. GAO on DoD's GMD Testing Options Report, 1 мая 2014, URL: <http://mostlymissiledefense.com/2014/05/01/gao-on-dods-gmd-testing-options-report-may-1-2014/>.

# US STRATEGIC BALLISTIC MISSILE DEFENSE SYSTEM OVERVIEW

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

In June 2014 the US Missile Defense Agency (MDA) held the complex firing test of the Ground-based Midcourse Defense system which is the key element of the US National missile defense system. The success interception of the target-missile was done by Ground Based Interceptor equipped with exoatmospheric kill vehicle of a new CE-II modification.

Successful interception test could resume delivery of a new CE-II kill vehicle batch which was suspended after two last failed tests. Therewith, the MDA would be able to initiate the retrofit program of available GBI stockpile.

The Ground-based Midcourse Defense system is performed by several components: interceptors on launch sites and data support ground stations and fire control centers.

The data from STSS system, naval and ground radars goes to GMD Fire Control center. Missions are formed on processed data that leads to informational support of GBI interceptors at all stages of interception. The GMD fire control center transmits data to C2BMC (Command, Control, Battle Management, and Communications) system.

External interfaces to connect with AEGIS system, USNORTHCOM and C2BMC system are located at Peterson Airbase (Colorado). External interfaces for interaction with SBIRS/DSP early warning satellite system are deployed at Buckley AFB (Colorado). Forward-Based Mode AN/TPY-2 radar is able to connect with GMD system from its permanent basing at Shariki Airbase (Japan).

The Ground Based Interceptor is the main and unique target engagement system of the US National ballistic missile defense system and is designed for intercontinental ballistic missile warheads and re-entry vehicle interception at midcourse up to several thousand kms.

New GBI kill vehicle is being developed nowadays which is supposed to be constructed on open modular architecture principle with standard interfaces so that it can be used not only in GBI but in SM-3 and THAAD interceptors.

---

## НАУЧНЫЕ РЕЦЕНЗИИ И ОТЗЫВЫ

---



**Малашко Я.И., Наумов М.Б. Системы формирования мощных лазерных пучков. Основы теории. Методы расчета. Силовые зеркала. Монография. – М.: Радиотехника, 2013. – 328 с.: ил. Рецензенты: д-р техн. наук, профессор П.А. Созинов, д-р физ.-мат. наук, профессор В.П. Лукин.**

Мощные лазерные комплексы – это сложные технические изделия, отличающиеся наукоёмкостью и высокотехнологичностью.

Чёткой границы, отделяющей мощные лазерные системы и комплексы от не мощных лазерных изделий, не существует. Она может быть определена по наличию «двойного» применения (т.е. возможности применения как оружия).

В состав мощной лазерной системы или мощного лазерного комплекса входят, как правило, следующие основные подсистемы и устройства:

- высокоэнергетический лазер;
- система формирования (в том числе адаптивная) мощного лазерного излучения в узконаправленный пучок;

– система (высокоточная) наведения.

Кроме основных систем и устройств в мощные лазерные комплексы входят вспомогательные системы:

- автоматической юстировки мощного лазерного канала и привязки его к оси информационного канала;
- охлаждения и стабилизации рабочей поверхности силовых зеркал лазера и системы формирования;
- защиты конструкции от мощного лазерного излучения и других видов излучений;
- измерения характеристик мощного узконаправленного излучения;
- ориентации и навигации и многие другие системы.

На работу систем формирования мощных лазеров влияет большое число некоррелированных факторов, возмущающих волновой фронт излучения, а также искажения силовых зеркал под мощной лучевой нагрузкой. Большую часть этих факторов удаётся эффективно подавить техническими и технологическими методами. Однако часть возмущений, имеющих широкий временной и пространственный спектры, полностью подавить не удаётся.

В литературе отсутствуют сведения о достижении дифракционного предела в мощных лазерных комплексах, в том числе в комплексе ABL США.

В течение более чем полувека отечественными и зарубежными учёными создан колоссальный научно-технический задел в разработке, создании и испытаниях высокоэнергетических лазеров. В печати имеется довольно много аналитической информации о создании высокоэнергетических лазеров в СССР, России и за рубежом. Однако, информация о высокоэнергетических лазерных комплексах скудна и частично даже искажена.

Что же изменилось за последнее время? В первом квартале 2010 года средства массовой информации сообщили об успешном поражении лазерным излучением комплекса ABL (США) ракет стратегического назначения на их разгонном участке траектории. Хотя в опубликованных данных некоторые параметры эксперимента, по мнению авторов монографии, искажены, тем не менее, большие взаимные линейные скорости самолёта и ракет, и требуемое время воздействия лазерного излучения указывают на довольно большую дальность поражения.

Насколько близка Россия к созданию комплексов на высокоэнергетических лазерах? Для ответа на этот вопрос следует обратиться к работам научно-производственных коллективов, которые под руководством академиков Н.Г. Басова, А.М. Прохорова, Е.П. Велихова, В.А. Глухих, Б.В. Бункина, начиная с 1960-х годов, взялись за решение практических задач по созданию мощных лазерных комплексов.

Авторы монографии отмечают, что к первым значительным результатам следует отнести достижение на неодимовом лазере импульса с энергией 70 кДж при угловой расходимости 2 угл.мин. при ламповой накачке в течение 20 мс. При этом была показана возможность генерации мощных лазерных пучков с малой угловой расходимостью в открытых неустойчивых резонаторах телескопического типа.

Важным результатом работ было создание силовой охлаждаемой металлооптики для мощных ИК газовых лазеров, в том числе охлаждаемых гибких управляемых зеркал. В 1970-80 годы были созданы стенды на основе мощных лазеров, позволившие проводить исследования характеристик лазерных комплексов. Создание силовой адаптивной оптики позволило достичь двукратного увеличения силы излучения при мощности излучения газодинамического лазера 80 кВт.

Историческим достижением было создание наземного лазерного комплекса мегаваттного класса (главный конструктор Л.Н. Захарьев, зам. главного конструктора Ю.А. Коняев). В сентябре 1982 года было проведено успешное испытание комплекса по тепловому поражению аэродинамической мишени.

В апреле 1984 года были проведены успешные испытания летающей лаборатории лазерного комплекса авиационного базирования (ЛКАБ) по поражению воздушной мишени.

Авторами книги не преследуется цель отразить весь спектр научно-технических достижений в области лазерной техники. В ней изложены теоретические основы проектирования систем формирования мощного лазерного излучения. Рассмотрены пассивные системы формирования, сигналы управления линейной адаптивной системой, методы автоматической соустиривки оси мощного лазерного излучения с осью информационного канала и методы измерения характеристик мощного лазерного излучения и систем формирования. Изложены вопросы инженерного расчёта, проектирования, контроля и технологии изготовления силовых зеркал, являющихся неотъемлемой частью систем формирования мощного лазерного излучения.

Книга рассчитана на специалистов в области разработки мощных лазерных комплексов.



**Алдошин В.М., Глизнуца В.В., Глизнуца Н.В. Электронный архив конструкторской документации высокотехнологичного предприятия. Методический аппарат построения, алгоритмы, программные комплексы. Монография. – М.: Радиотехника, 2014. – 160 с.: ил.**

**Рецензенты: д-р техн. наук, профессор А.С. Сумин, д-р техн. наук, профессор С.К. Колганов.**

В основу книги положены прикладные исследования и разработки авторов, направленные на создание электронного архива конструкторской документации, в которой учтены специфические требования, характерные для высокотехнологичных предприятий машиностроительной отрасли.

Электронный архив сформирован на базе системы управления проектными данными об изделии (PDM-системы). Представлен анализ развития систем управления данными об изделии, используемых при решении задач создания сложных технических систем. Дано обоснование требований к разрабатываемому электронному архиву конструкторской документации. Основное внимание в книге уделено разработанным программным комплексам, реализующим функционирование электронного архива конструкторской документации на предприятии. Приведена оценка эффективности внедрения электронного архива.

Предложенный в книге методический аппарат разработки электронного архива отличается от существующих созданным авторами специальным математическим и алгоритмическим обеспечением систем обработки специальной информации, исключающим необходимость корректировать электронную структуру изделия при внесении изменений в конструкторскую документацию на изделие.

Книга предназначена для широкого круга специалистов, связанных с созданием сложных наукоемких технических систем в машиностроительной отрасли.