

ОЦЕНКА ПОТЕНЦИАЛЬНОЙ ЗАЩИЩЁННОСТИ САМОЛЁТНОГО РАДИОЛОКАТОРА ОБЗОРА ВОЗДУШНОГО ПРОСТРАНСТВА С ОДНОЗНАЧНЫМ ИЗМЕРЕНИЕМ ДАЛЬНОСТИ ОТ КОМБИНИРОВАННЫХ МАСКИРУЮЩИХ ПОМЕХ

В.Г. ГАРТОВАНОВ, В.Д. БАТЫЕВ, М.Р. АРАСЛАНОВ, Ю.П. КУДРЯВЦЕВ

Предложена методика оценки потенциальной защищённости самолётного радиолокатора обзора воздушного пространства с однозначным измерением дальности от комбинированных маскирующих помех. Приведены результаты моделирования ожидаемых сечений зон обнаружения воздушных объектов локатором обзорного типа на воздушном носителе при использовании многоканальной автокомпенсационной угло-скоростной системой защиты.

Ключевые слова: самолетный радиолокатор, помеха, помехозащищенность, модель.

ВВЕДЕНИЕ И ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Специфика защиты от помех радиолокатора обзора воздушного пространства, размещённого на воздушном носителе, обусловлена движением относительно подстилающей поверхности на заданной высоте. Задача эффективного подавления мешающих отражений от подстилающей поверхности, особенно от суши, считалась невыполнимой в РЛС с однозначным измерением дальности при традиционных аналоговых системах формирования и обработки радиолокационных сигналов. В авиационной радиолокации, в том числе и по этой причине, вынуждены были использовать зондирующие сигналы с высокой частотой посылок. При этом, помимо преодоления массы технических сложностей на этапах формирования и обработки сигналов, пришлось предъявить высочайшие требования к антенным и приёмным системам. В результате утрачены возможности радиолокационного обнаружения на фоне Земли малоразмерных воздушных объектов, скорость сближения которых с носителем локатора меньше скорости полёта носителя.

Несмотря на значительный прогресс в теории пространственно-временного формирования и обработки радиолокационных сигналов, большинство разработчиков по-прежнему отдают предпочтение самолетным РЛС с неоднозначным измерением дальности. Эти предпочтения опираются на рекламу основных мировых производителей самолётных средств радиолокации, которые скрывают истинную эффективность ранее разработанных ими локаторов, а о перспективных разработках информацию не дают.

Самолётные радиолокаторы с однозначным измерением дальности привлекательны тем, что на два порядка снижаются требования к антенным и приёмным системам при обеспечении той же эффективности, что и в РЛС с высокой частотой посылок. Кроме того, более чем на порядок уменьшаются энергетические потери и

требования к динамическому диапазону приёмных систем. Следует отметить, что для обеспечения высокой эффективности в РЛС любого типа обработка сигналов и помех должна быть линейной, многоканальной, когерентной и цифровой.

Современная элементная база позволяет обеспечить линейную обработку принимаемых колебаний в динамическом диапазоне до 100 и более децибел. При этом аналого-цифровое преобразование должно производиться на частотах несущей не менее 100 МГц, если ширина спектра зондирующего сигнала менее одного мегагерца.

Из-за перемещения фазового центра антенны самолётного радиолокатора относительно подстилающей поверхности маскирующие мешающие отражения имеют пространственно-частотную зависимость, а, следовательно, обработку таких колебаний нельзя разделять на традиционную пространственную и временную. И хотя этот факт давно известен, реализовать совместную и пространственную и временную обработку принимаемых колебаний на аналоговой элементной базе разработчики средств радиолокации не могли. Необходимо было иметь многоканальную антенную решётку с числом каналов не менее десяти и с двух-трёх кратной задержкой принимаемых колебаний на период посылок зондирующего сигнала в каждом канале. Приблизиться к потенциальной эффективности пространственно-временной обработки сигналов в самолётном радиолокаторе позволяют системы с суммарным и разностными каналами хотя бы с двукратной задержкой в каждом. Соответствующая упрощённая структурная схема с одним разностным и двумя дополнительными каналами, синтезированная на основе базовой схемы автокомпенсационной угло-скоростной системы защиты обзорных РЛС от комбинированных помех [1], приведена на рис. 1.

На примере этой схемы оценим потенциальные возможности защиты самолётного

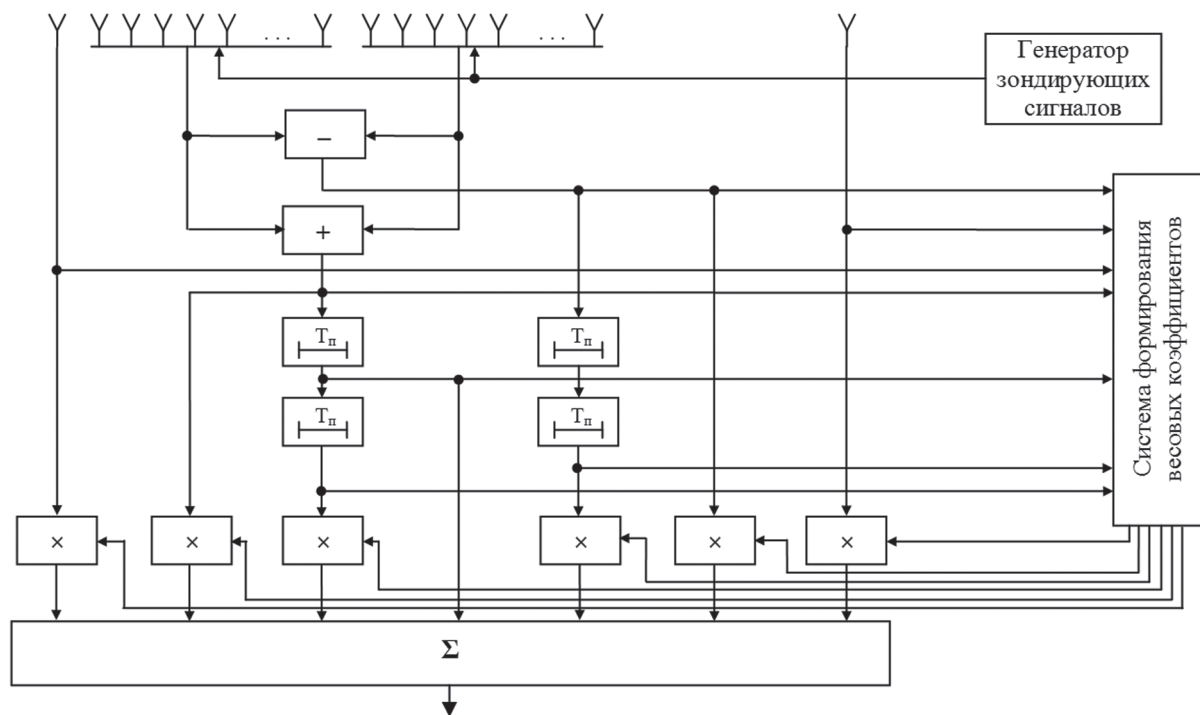


Рис. 1

радиолокатора с однозначным измерением дальности от комбинированных маскирующих помех путём имитационного моделирования. Моделирование предусматривает создание моделей сигналов и помех на входе предполагаемой системы обработки и создание модели самой системы обработки.

1. МОДЕЛЬ ОТРАЖЕНИЙ ОТ ПОДСТИЛАЮЩЕЙ ПОВЕРХНОСТИ

При разработке моделей наиболее сложной задачей является создание модели отражений от подстилающей поверхности адекватной реально возможной. Адекватность реальным отражениям предполагается обеспечивать путём использования цифровых карт местности района патрулирования носителя локатора.

Предлагается следующая последовательность действий:

- для заданной высоты полёта носителя РЛС рассчитать дальность радиогоризонта в предположении стандартной рефракции радиоволн в атмосфере [2];

- задать географические координаты точки начала патрулирования;

- с шагом по дальности, равным перемещению носителя за время одного обзора локатором заданного пространства, найти географические координаты точек подстилающей поверхности, над которыми будет находиться локатор на интервале наблюдения;

- с использованием цифровых карт найти до дальности, превышающей на 10...20% дальность радиогоризонта, радиальные выборки рельефа местности с шагом по азимуту, равным перемещению луча антенны локатора за период посылки зондирующего сигнала, и с шагом по

дальности, равным не более элемента разрешения;

- по данным типа местности из цифровых карт задать отражающие свойства элементов подстилающей поверхности для заданного диапазона частот несущей зондирующего сигнала;

- задать параметры антенной системы в режимах излучения и приёма;

- задать параметры зондирующего сигнала;

- задать параметры приёмной системы локатора;

- с использованием формулы радиолокации и ожидаемых энергетических потерь [2] рассчитать относительные уровни мощности отражений от каждого видимого со стороны локатора элемента разрешения на подстилающей поверхности, а также уровни дифракционной составляющей;

- в предположении гауссовой статистики найденные уровни мощности далее используются в виде дисперсий случайных независимых реализаций отражений от каждого элемента разрешения по дальности в каждом периоде посылки (среднее задаётся только в некоторых элементах разрешения, где по априорным данным имеется доминирующий точечный отражатель);

- для каждого периода посылки и каждого элемента разрешения по дальности найти взвешенные диаграммы направленности антенн каждого приёмного канала локатора суммы одинаково удалённых случайных реализаций отражений со всех азимутальных направлений (вкруговую) с учётом доплеровской составляющей каждой реализации;

- при использовании широкополосного зондирующего сигнала дополнительно взвешиваются по закону модуляции (манипуляции) и

суммируются последовательные реализации с примыкающих друг к другу элементов разрешения по дальности, число которых равно коэффициенту сжатия;

- задать начальные параметры объектов локации (целей и постановщиков помех) в сферической системе координат с центром в точке нахождения лоатора в начале патрулирования;

- рассчитать для каждого очередного периода посылок положение объектов локации в системе координат лоатора с помощью теоремы косинусов и теоремы синусов с использованием данных о скорости и направлении движения носителя и данных о направлении и скорости движения лоцируемых объектов в предположении, например, их равномерного прямолинейного движения на заданной высоте.

В модели сигналов и помех отражающие свойства подстилающей поверхности и дифракционная составляющая задавались по данным из литературных источников [3...6]. Параметры антенных, передающих и приёмных устройств задавались такими, чтобы в свободном пространстве обеспечивалась дальность обнаружения цели с ЭПР 3 м^2 около 300 км. Рассматривался вариант использования несущей с длиной волны 73 см.

2. МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ПОТЕНЦИАЛЬНЫХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ СИСТЕМЫ ЗАЩИТЫ ЛОКАТОРА ОТ ПОМЕХ

Для оценивания потенциальных возможностей системы защиты лоатора от помех должна быть, во-первых, сформирована модель данной системы, например, в соответствии со схемой, приведенной на рис. 1, или в соответствии с предполагаемой реализацией в лоаторе. Во-вторых, разработана программа расчёта для каждого элемента разрешения ожидаемых на цифровом выходе когерентного канала радиолокационного приёмника уровней сигналов, отражённых от заданной цели, летящей на заданной высоте.

Далее оцениваются ожидаемые параметры зоны обнаружения бортового обзорного лоатора с реализованной системой защиты, для этого необходимо выполнить следующую последовательность действий:

- с использованием описанной модели сигналов и помех сформировать на входе каждого канала модели системы защиты от помех соответствующие аддитивные смеси отражений от подстилающей поверхности, сигналов целей, активных маскирующих помех и внутренних шумов приёмной системы;

- получить с использованием модели системы защиты от помех и записать уровни остатков помех после их подавления в реализованной системе обработки;

- рассчитать с использованием соответствующей программы уровни сигналов, отражённых от заданной плотной совокупности целей, летящих на заданной высоте;

- найти области пространства, где уровни сигналов целей превышают на заданную величину уровни остатков помех, и эти области отобразить на экране ИКО.

Таким образом, для программной проверки предложенной методики оценки потенциальной помехозащищённости самолётного радиолоатора был разработан пакет, включающий следующие основные программы:

- программа формирования радиальных выборок рельефа и признаков типа поверхности до дальности, превышающей на 10...20% дальность радиогоризонта, с заданным шагом по дальности и азимутальным направлениям;

- программы расчёта диаграммы направленности антенны лоатора вкруговую в горизонтальной и вертикальной плоскостях в предположении, например, эквидистантной линейной решётки с заданным уровнем флуктуаций поля на раскрыве;

- программа расчёта реализаций отражений от подстилающей поверхности на цифровых выходах когерентных радиолокационных приёмников для каждого элемента разрешения по дальности в каждом периоде посылки с учётом типа поверхности;

- программа формирования модели системы защиты от помех;

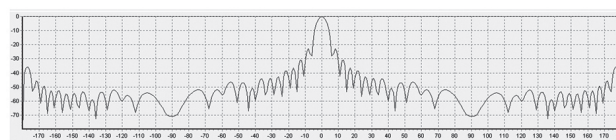
- программа формирования моделей сигналов целей, активных маскирующих помех и внутренних шумов;

- программа расчёта и отображения сечения зоны обнаружения заданной цели при её полёте на заданной высоте.

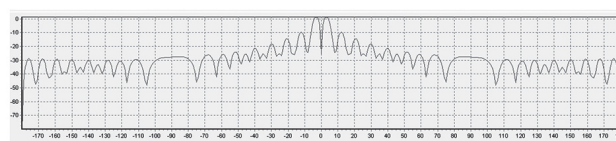
3. РЕЗУЛЬТАТЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ

Примеры результатов моделирования в соответствии с предложенной методикой для длины рабочей волны лоатора 73 см иллюстрируют рис. 2...13.

На рис. 2 приведен пример реализации горизонтального сечения диаграммы направленности антенны суммарного канала (рис. 2а) и разностного канала (рис. 2б) лоатора вкруговую.



а



б

Рис. 2

На рис. 3...4 приведены в логарифмическом масштабе примеры амплитудных внутри-

периодных реализаций помех в виде отражений от подстилающей поверхности на входе (верхние графики) и выходе (нижние графики) системы защиты при адаптивной угло-скоростной селекции и зондировании в направлении полёта (рис. 3) и в ортогональном направлении относительно направления полёта носителя РЛС (рис. 4).

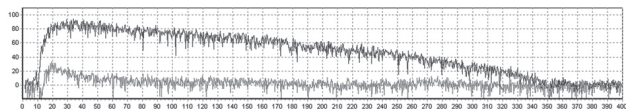


Рис. 3

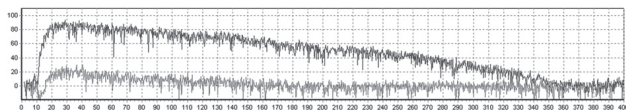


Рис. 4

На рис. 5 приведен в логарифмическом масштабе пример амплитудной внутрипериодной реализации суммы активных и пассивных помех на входе (верхний график) и выходе (нижний график) системы угло-скоростной селекции и зондирования в направлении полёта носителя РЛС.

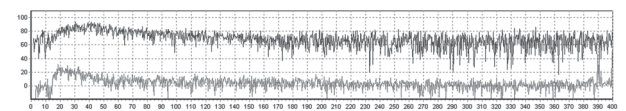


Рис. 5

На рис. 6...7 приведены примеры с видом экрана ИКО при отображении остатков отражений от подстилающей поверхности (рис. 6) и остатков суммы активных помех от одного источника и отражений от подстилающей поверхности (рис. 7) на выходе угло-скоростной системы защиты от помех. Отображать помехи при выключенной системе помехозащиты нет смысла в силу сплошной засветки экрана.

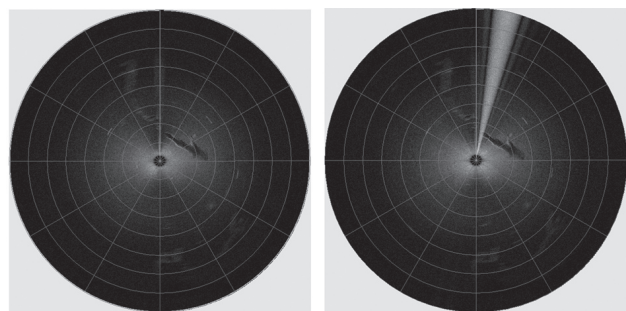


Рис. 6

Рис. 7

Рис. 8...13 иллюстрируют примеры с видами сечений зон обнаружения различных целей при полёте на высоте 100 м в различной помеховой обстановке. Полёт носителя имитировался в направлении на север со скоростью 200 м/с над территорией в окрестности г. Кировоград на высоте 8000 м.

На рис. 8...9 приведены примеры сечения зоны обнаружения цели с ЭПР 1 м^2 (рис. 8) и 3 м^2 (рис. 9) при подавлении отражений от подстилающей поверхности системой угло-скоростной селекции.

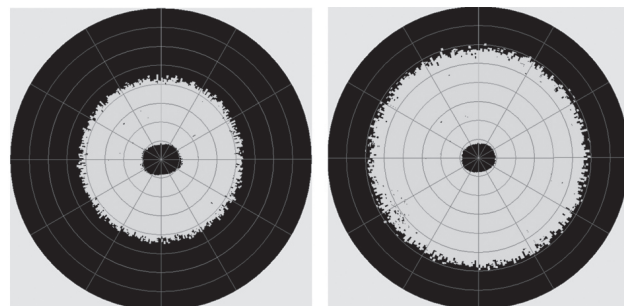


Рис. 8

Рис. 9

На рис. 10...11 приведены примеры сечения зоны обнаружения цели с ЭПР 1 м^2 (рис. 10) и 3 м^2 (рис. 11) при подавлении отражений от подстилающей поверхности и активных маскирующих помех от одного источника системой угло-скоростной селекции.

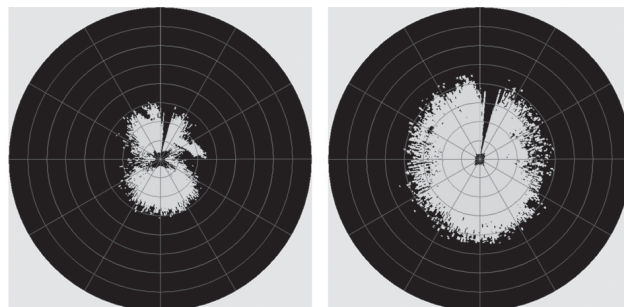


Рис. 10

Рис. 11

На рис. 12...13 приведены примеры сечения зоны обнаружения цели с ЭПР 1 м^2 (рис. 12) и 3 м^2 (рис. 13) при подавлении отражений от подстилающей поверхности и активных маскирующих помех от двух источников системой угло-скоростной селекции.

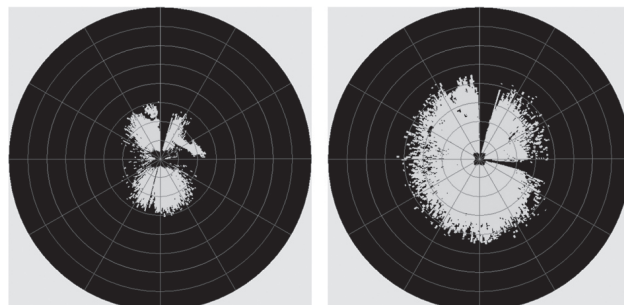


Рис. 12

Рис. 13

ВЫВОДЫ

Предложенная методика позволяет оценивать ожидаемую эффективность подавления мешающих отражений и активных маскирующих помех в самолётных радиолокаторах обзорного

типа при различных системах обработки принимаемых колебаний.

Результаты моделирования свидетельствуют о высоких потенциальных возможностях самолётных радиолокаторов с однозначным измерением дальности при использовании их для обзора воздушного пространства. Лучшей эффективностью обладают локаторы, использующие для несущей верхнюю часть дециметрового диапазона волн.

Литература

- [1] V.G. Gartovanov, M.R. Araslanov, V.D. Batyev, O.Ye. Tishchenko Multichannel self-compensation angular-velocity system of surveillance radar protection against combined masking interferences // Telecommunication and Radio Engineering. – Begell House, inc. – 2010. – vol. 69 (12). – P. 1087-1092.
- [2] Радиоэлектронные системы: Основы построения и теория. Справочник. Изд. 2-е, перераб. и доп. / Под ред. Я.Д.Ширмана. – М.: Радиотехника, 2007. – 512 с.
- [3] Кулемин Г.П., Разказовский В.Б. Рассеяние миллиметровых радиоволн поверхностью Земли под малыми углами места. – Киев: Наук. Думка, 1987. – 232 с.
- [4] Справочник по радиолокации в 4-х т. / Под редакц. М. Скольника: Пер. с англ. – Т1. – М.: Сов. радио, 1976. – 456 с.
- [5] Кулемин Г.П. Радиолокационные помехи от моря и суши РЛС сантиметрового и миллиметрового диапазонов // Сборник трудов международной научно-технической конференции “Современная радиолокация”. – Киев, 1994. – С. 23-29.
- [6] Бакулев П.А., Степин В.М. Методы и устройства селекции движущихся целей. – М.: Радио и связь, 1986. – 288 с.

Поступила в редколлегию 27.06.2012



Гартованов Владимир Григорьевич, кандидат технических наук, старший научный сотрудник, старший научный сотрудник научного центра Харьковского университета Воздушных Сил. Область научных интересов: авиационная радиолокация, радиоэлектронная защита наземных и самолетных РЛС.



Батыев Владимир Джангирович, кандидат технических наук, старший научный сотрудник, научный сотрудник научного центра Харьковского университета Воздушных Сил. Область научных интересов: моделирование радиолокационных систем.



Арасланов Михаил Римович, кандидат технических наук, старший научный сотрудник, старший научный сотрудник научного центра Харьковского университета Воздушных Сил. Область научных интересов: модернизация и испытания радиолокационного вооружения.



Кудрявцев Юрий Петрович, кандидат технических наук, доцент, старший научный сотрудник научного центра Харьковского университета Воздушных Сил. Область научных интересов: боевое применение радиолокационного вооружения РТВ.

УДК 621.396

Оцінка потенційної захищеності літакового радіолокатора огляду повітряного простору з однозначним виміром дальності від комбінованих маскуючих завад / В.Г. Гартованов, В.Д. Батієв, М.Р. Арасланов, Ю.П. Кудрявцев // Прикладна радіоелектроніка: наук.-техн. журнал. – 2012. – Том 11. № 3. – С. 316–320.

Запропоновано методику оцінки потенційної захищеності літакового радіолокатора огляду повітряного простору з однозначним виміром дальності від комбінованих маскуючих завад. Наведено результати моделювання очікуваних перерізів зон виявлення повітряних об'єктів локатором оглядового типу на повітряному носії при використанні багатоканальної автокомпенсаційної куто-швидкісної системи захисту.

Ключові слова: літаковий радіолокатор, комбінована завада, завадозахищеність, модель.

Л. 13. Бібліогр.: 6 найм.

UDC 621.396

Estimation of potential noise immunity of an airborne surveillance radar with the univocal measuring of distance from combined masking noises / V.G. Gartovanov, V.D. Batyev, M.R. Araslanov, Yu. P. Kudryavtsev // Applied Radio Electronics: Sci. Journ. – 2012. Vol. 11. № 3. – P. 316–320.

A procedure of estimating potential noise immunity of an airborne surveillance radar with the univocal measuring of distance from combined masking noises is offered. The paper presents results of modelling the expected cross-sections of zones of detecting aerial objects by an aircraft surveillance type locator at using a multichannel adaptive angular-speed protection system.

Keywords: airborne radar, combined noises, noise immunity, model.

Fig. 13. Ref.: 6 items.