

УДК 519.876.5:621.396.96

РЕЗУЛЬТАТЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРОЦЕССА ОБНАРУЖЕНИЯ ВОЗДУШНЫХ ОБЪЕКТОВ НАЗЕМНОЙ ОБЗОРНОЙ РЛС В УСЛОВИЯХ ВОЗДЕЙСТВИЯ ПАССИВНЫХ ПОМЕХ

С.К. Бондарев, зам. зав. отделом; Л.В. Датнова, с.н.с.; В.Н. Куликов, к.т.н., доцент, зав. отделом (НИИ «Центрпрограммсистем», пр. 50 лет Октября, 3а, г. Тверь, 170024, Россия, an_ta_vi@mail.ru)

В.Б. Шароглазов, соискатель (Военная академия воздушно-космической обороны им. Маршала Советского Союза Г.К. Жукова, ул. Жигарева, 50, г. Тверь, 170022, Россия)

Аннотация. Целью статьи является описание результатов моделирования работы наземной обзорной РЛС в условиях воздействия на нее пассивных помех. Исследования проводились на модели наземной обзорной РЛС, входящей в состав тренажной системы для подготовки личного состава боевых расчетов подразделений радиотехнических войск. Преимуществом используемого подхода к моделированию является высокая степень адекватности реальным процессам радиолокационного обнаружения при обеспечении работы модели в реальном масштабе времени.

Ключевые слова: моделирование, тренажные системы, радиолокационные станции, радиолокационное обнаружение, пассивные помехи, селекция движущихся целей.

При разработке тренажных систем для подготовки личного состава боевых расчетов подразделений радиотехнических войск необходимо моделировать процесс радиолокационного обнаружения целей. В рамках данной статьи под целью подразумеваются и полезная информация (воздушные объекты), и отражения от помех.

В то же время анализ состояния и перспектив развития средств воздушно-космического нападения и тактики их применения показывает, что одним из способов преодоления системы ПВО является интенсивное использование пассивных помех в виде пачек дипольных отражателей (*дипольные пассивные помехи* – ДПП). Средства радиоэлектронной борьбы позволяют обеспечить постановку пассивных помех [1] с плотностью от 0,1, ..., 0,2 пачек на 100 метров пути на протяженных участках полета и до 5, ..., 10 пачек на 100 метров пути на коротких участках полета (протяженностью 10, ..., 30 км) для наземных обзорных РЛС. Кроме того, пассивные помехи в виде отражений от поверхности Земли (*местные предметы* – МП), гидрометеоров, оптически не наблюдаемых объектов типа «ангел-эхо» (АЭ) существуют практически всегда. Поэтому обнаружение движущихся воздушных объектов на фоне интенсивных пассивных помех различного происхождения является одной из важнейших задач современной радиолокационной техники. Эту задачу решают РЛС, оснащенные специальными устройствами обработки. Устройства обработки, осуществляющие разделение сигналов и мешающих помеховых колебаний на основе различия их спектральных характеристик, получили название устройств селекции движущихся целей.

В соответствии с вышесказанным при моделировании процесса радиолокационного обнаружения воздушных объектов наземной обзорной РЛС необходимо учитывать возможность выполнения боевой задачи этой РЛС в сложной помеховой обстановке, а также особенности возникновения и воздействия пассивных помех на РЛС.

Признаком обнаружения цели (как воздушных объектов, так и помех) является наличие отметки от цели – координатной точки или аналоговой дужки. Данное обстоятельство определяется особенностями обработки и отображения радиолокационной информации в РЛС последнего поколения (так называемых цифровых РЛС).

В работе [2] описана методика моделирования процесса обнаружения воздушных объектов наземной обзорной РЛС в условиях воздействия пассивных помех следующих видов: ДПП; отражения от поверхности Земли – МП; гидрометеоры – пассивные помехи АЭ.

ДПП представляются в виде облака пассивных отражателей (диполей) с различной плотностью, перемещающегося под действием ветра, увеличивающегося с изменением плотности с течением времени. Также изменяются с течением времени пространственные характеристики диполей с соответствием с тактико-техническими характеристиками постановщиков пассивных помехи.

Цель с эффективной поверхностью рассеяния $\sigma_{ц}$ в облаке ДПП считается обнаруженной, если выполняется условие

$$\sigma_{ц} \geq \sigma_{п.прив.},$$

где $\sigma_{п.прив.}$ – приведенное значение эффективной поверхности рассеяния помехи, попадающей в импульсный объем РЛС [3].

При определении факта обнаружения используется основной показатель системы защиты от ДПП (системы селекции движущихся целей) $K_{п}$ – коэффициент подавления помехи системой селекции движущихся целей в выбранном режиме ее работы. Учитываются также потери за счет прохождения и обработки эхо-сигнала в этой системе. Если система селекции движущихся целей не включена, то $K_{п} = 1$ и потери в этой системе отсутствуют.

В качестве пространственной модели каждой пачки (компонентов постановки ДПП) принимается шаровидная модель с радиусом, равным расстоянию, пройденному объектом, летящим со скоростью ветра за время развития пачки ДПП.

Отражения от МП по характеру их воздействия на РЛС можно разделить на два класса: отражения от *дискретных МП* (ДМП), отражения от *распределенных МП* (РМП) [4].

Отражение от ДМП моделируются в виде дискретных отметок (один ДМП – одна отметка).

Проверяется факт попадания МП в разрешаемый объем РЛС при локации цели [2]. При выполнении этого условия цель считается обнаруженной, если $\sigma_{ц} \geq \sigma_{п}/K_{п}$, где $\sigma_{п}$ – эффективная поверхность рассеяния ДПП.

Отражение от РМП моделируется в виде набора отметок из некоторого объема пространства [2], представленного в виде цилиндра с учетом отражательных характеристик РМП – удельной эффективной поверхностью рассеяния поверхности РМП $\sigma_{орМП}$. Удельная эффективная поверхность рассеяния РМП определяется характером местности, на которой располагается РМП (лес, равнина, горы, море и т.д.).

Цель на фоне РМП считается обнаруженной, если $\sigma_{ц} \geq \sigma_{п}/K_{п}$, где $\sigma_{п}$ – эффективная поверхность рассеяния части РМП, попавшей в разрешаемый объем РЛС.

Отражения от помех типа АЭ моделируются в виде набора отметок из некоторого объема пространства, представленного в виде облака (шара). При этом количество отметок рассчитывается при задании исходных данных и зависит от заданного радиуса шара и заданной степени турбулентности атмосферы.

Для выявления факта обнаружения цели на фоне помех АЭ проверяется факт попадания отметки АЭ в разрешаемый объем РЛС вместе с целью.

Защита РЛС от помех АЭ осуществляется на основе скоростной селекции. Для реализации режима защиты от помех АЭ скорость движения отметок от данной помехи пересчитывается в радиальную для ракурса, под которым помеха наблюдается РЛС.

Цель на фоне помех АЭ считается обнаруженной, если $\sigma_{ц} \geq \sum_{i=1}^N \sigma_{отм i}$, где $\sigma_{отм i}$ – ЭПР i -й отметки помехи

АЭ, попавшей в разрешаемый объем РЛС, у которой радиальная скорость не превышает установленный в системе защиты порог.

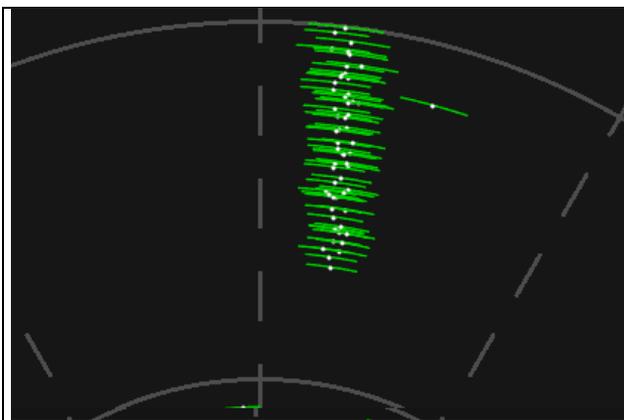


Рис. 1



Рис. 2

На рисунках 1 и 2 представлены фрагменты экрана индикатора кругового обзора модели одной из РЛС радиотехнических войск при моделировании воздействия на нее ДПП по изложенной выше методике. Оба рисунка отображают одинаковую тактическую ситуацию.

Рисунок 1 соответствует случаю, когда средство защиты от пассивных помех (система селекции движущихся целей в стробе ДПП) отключено ($K_n = 1$), рисунок 2 – случаю включенного устройства селекции движущихся целей ($K_n = 40\ 000$ или 46 дБ). В первом случае воздействие пассивных помех приводит к необнаружению одного из воздушных объектов (№ 2). Во втором случае этот воздушный объект обнаружен. На рисунке 2 видно отображение азимутально-дальностного строба ДПП.

На рисунках 3 и 4 представлены фрагменты экрана индикатора кругового обзора модели одной из РЛС радиотехнических войск при моделировании воздействия на нее помехи от МП по изложенной выше методике. Оба рисунка отображают одинаковую тактическую ситуацию.

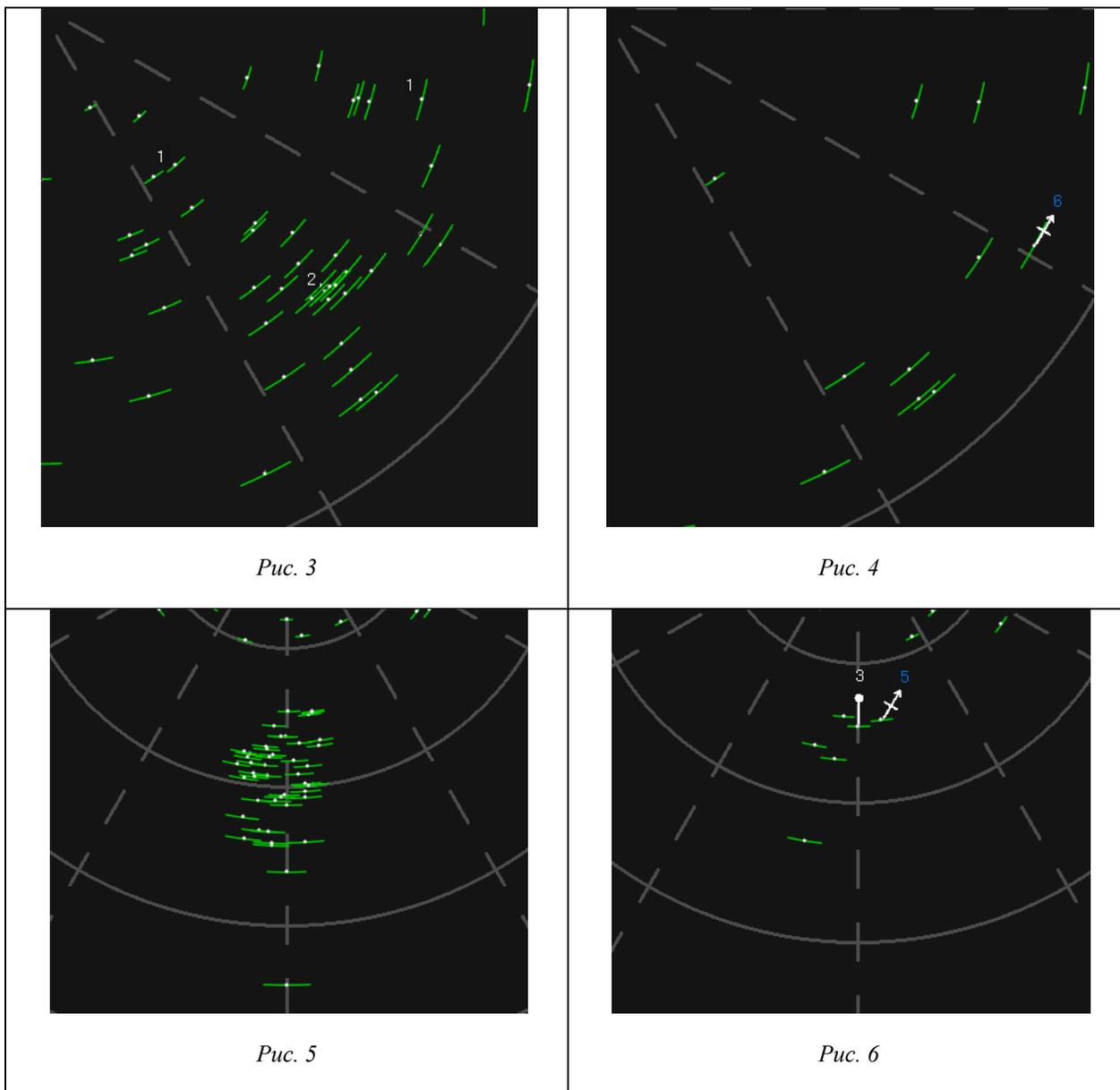


Рисунок 3 соответствует случаю, когда средство защиты от МП (система селекции движущихся целей в ближней зоне) отключено ($K_n = 1$), рисунок 4 – случаю включенного устройства селекции движущихся целей

($K_n = 10^5$ или 50 дБ). В первом случае воздействие пассивных помех приводит к необнаружению одного из воздушных объектов (№ 6). Во втором случае этот воздушный объект обнаружен. На рисунке 3 цифрой 1 обозначены ДМП, 2 – РМП.

На рисунках 5 и 6 представлены фрагменты экрана индикатора кругового обзора модели одной из РЛС радиотехнических войск ВВС при моделировании воздействия на нее помехи от АЭ по изложенной выше методике. Оба рисунка отображают одинаковую тактическую ситуацию.

Рисунок 5 соответствует случаю, когда система защиты от помех АЭ отключена, рисунок 6 – когда система включена. В первом случае воздействие помехи АЭ приводит к необнаружению одного из воздушных объектов (№ 5). Во втором случае этот воздушный объект обнаружен.

Данные рисунки, а также многочисленные эксперименты, проведенные в том числе в ходе предварительных и государственных испытаний тренажной системы, показывают высокую степень соответствия (адекватности) моделируемой РЛС ее реальному прототипу при работе в условиях воздействия пассивных помех.

Таким образом, представленная методика позволяет достаточно адекватно и в то же время выполнимо в реальном масштабе времени моделировать процесс воздействия на наземную РЛС основных видов пассивных помех естественного и искусственного происхождения в быстроменяющейся сложной целевой и помеховой обстановке. При этом обеспечивается возможность адекватного моделирования работы систем РЛС, предназначенных для защиты от них.

Литература

1. Бердышев В.П., Конкин Г.В., Кузнецов В.В., Куликов В.Н., Линкевичюс С.П., Ремезов А.Б., Хоменко И.В. Системотехнические основы построения вооружения радиотехнических войск: учебник. Тверь: Изд-во ВА ВКО, Ч. 2. 2008.
2. Бондарев С.К., Датнова Л.В., Куликов В.Н., Шароглазов В.Б. Методика моделирования процесса обнаружения воздушных объектов наземной обзорной радиолокационной станцией в условиях воздействия пассивных помех // Программные продукты и системы. 2014. № 1 (в печати).
3. Основы построения РЛС: учеб. пособие; [под ред. В.П. Бердышева]. Тверь: Изд-во ВУ ПВО, 2003. Ч. 2.
4. Бакулев П.А., Степин В.М. Методы и устройства селекции движущихся целей. М.: Радио и связь, 1986.