

УДК 621.396.96

В.В. Мегельбей, С.В. Кадубенко, А.В. Мегельбей, Д.О. Смоляков

Харьковский университет Воздушных Сил им. И. Кожедуба, Харьков

## ОБОСНОВАНИЕ ЧАСТНОГО ПОКАЗАТЕЛЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЗАТРАТ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО РЕСУРСА ПРИ РЕАЛИЗАЦИИ РЕЖИМА ОБНАРУЖЕНИЯ ВОЗДУШНЫХ ЦЕЛЕЙ МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНОЙ РЛС ЗЕНИТНОГО РАКЕТНОГО КОМПЛЕКСА

*В статье рассматриваются пути повышения эффективности информационных средств современных и перспективных зенитных ракетных комплексов. Анализируются алгоритмы функционирования современных зенитных ракетных комплексов. Рассматривается режим обнаружения воздушных целей многофункциональной РЛС зенитного ракетного комплекса. Обоснован показатель эффективности функционирования многофункциональной РЛС зенитного ракетного комплекса в режиме обнаружения с учетом изменяющейся обстановки.*

**Ключевые слова:** многофункциональная РЛС, энергетический ресурс, режим обнаружения, показатель эффективности.

### Введение

**Общая постановка проблемы.** В современных условиях интенсивного развития и совершенствования средств воздушного нападения, форм и способов их боевого применения актуальным является вопрос повышения эффективности средств противовоздушной обороны (ПВО) [1]. На сегодняшний день одним из приоритетных путей повышения эффективности зенитного ракетного комплекса (системы) (ЗРК (ЗРС)) является увеличение пропускной способности его информационных средств. В современных и перспективных образцах вооружения такими средствами, как правило, являются многофункциональные РЛС (МФ РЛС) с цифровой антенной решеткой (ЦАР). На практике наиболее широко используются ЦАР с фазовым управлением распределения токов в раскрыве антенны – фазированные антенные решетки (ФАР). Возможность МФ РЛС с ФАР практически мгновенно направлять один или несколько лучей в любую точку рабочей зоны позволяет одновременно (в одном цикле работы) производить поиск, сопровождение нескольких целей и наведение нескольких ракет на цели [2] (под рабочей зоной МФ РЛС понимается область пространства, в которой станция выполняет все свои радиолокационные функции). При реализации основных радиолокационных функций станции, к которым относят обнаружение, сопровождение целей и наведение ракет [3], возникает необходимость распределения ограниченного энергетического ресурса МФ РЛС между ними.

Как правило, программы и алгоритмы функционирования МФ РЛС ЗРК заложены в вычислительные средства на этапе проектирования [3]. Их работа рассчитана на равномерное и равнодискретное распределение энергетического ресурса между

обслуживаемыми объектами в каждом из режимов работы МФ РЛС. Здесь и далее под энергетическим ресурсом МФ РЛС понимается суммарное количество временных дискрет, которое выделяется на реализацию всех радиолокационных функций в цикле её работы [4]. При реализации неизменного алгоритма функционирования в РЛС не учитывается изменение обстановки, что не позволяет в полной мере использовать потенциальные возможности МФ РЛС [5]. Управление распределением энергетического ресурса с учетом быстро меняющейся внешней обстановки даст возможность увеличить пропускную способность МФ РЛС и, как следствие, эффективность ЗРК (ЗРС) [3]. Таким образом, основной задачей является использование потенциальных возможностей МФ РЛС в различных условиях функционирования и, соответственно, оценка эффективности применения МФ РЛС в системах высшего порядка [2].

Следовательно, распределение энергетического ресурса должно быть оптимальным с точки зрения системы высшего порядка (ЗРК) [3]. Для оценки эффективности функционирования МФ РЛС следует иметь показатель, учитывающий особенности функционирования, а также показатели эффективности основных функциональных режимов работы МФ РЛС ЗРК.

**Анализ публикаций.** Вопросам оптимизации процесса функционирования МФ РЛС в режимах обнаружения, сопровождения целей и наведения ракет посвящено ряд работ [4 – 8]. В этих работах обоснованы показатели эффективности функционирования при реализации каждого из режимов работы МФ РЛС в отдельности, либо при совмещении двух режимов.

В качестве показателя эффективности функционирования МФ РЛС в режимах сопровождения

воздушных целей и наведения зенитных управляемых ракет (ЗУР) в [6 – 8] использовался, след корреляционной матрицы ошибок оценивания параметров траектории цели (ЗУР). Данные показатели связывают требуемую точность выполнения указанных радиолокационных функций с затратами энергетического ресурса на их реализацию. Для режима обнаружения воздушных целей необходимо иметь показатель эффективности, который связывает выполняемые станцией радиолокационные функции по обнаружению и затраты энергетического ресурса на их выполнение.

**Целью статьи** является обоснование частного показателя эффективности затрат энергетического ресурса при реализации режима обнаружения воздушных целей МФ РЛС ЗРК.

**Изложение материалов исследований**

В существующих ЗРК (ЗРС) с МФ РЛС порядок функционирования информационных средств имеет неизменный алгоритм или адаптирован к нескольким заранее определенным ситуациям [5]. Временная диаграмма работы МФ РЛС такого ЗРК представлена на рис. 1.

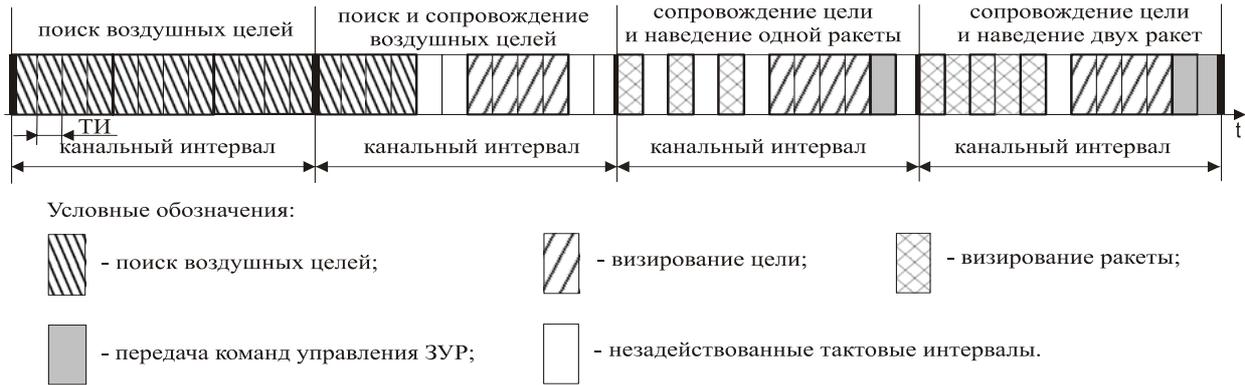


Рис. 1. Временная диаграмма функционирования существующих ЗРК с МФ РЛС (вариант)

Цикл работы таких МФ РЛС состоит из тактовых интервалов (ТИ) представляющих собой минимальный отрезок времени, в течение которого МФ РЛС выполняется одна из радиолокационных функций: поиск целей в пространстве, обслуживание (сопровождение) обнаруженных целей или наведение ракет на цели. Таким образом, ТИ – это время, в течение которого угловое положение луча РЛС остается неизменным. Порядок реализации радиолокационных функций в тактовых интервалах, как правило, остается неизменным в цикле работы МФ РЛС или адаптирован к заранее определенным условиям функционирования. При этом рабочий алгоритм станции не учитывает складывающуюся обстановку в рабочей зоне МФ РЛС, а станция функционирует по одному из имеющихся алгоритмов. Вследствие этого, остаются незадействованными тактовые интервалы, которые могли бы быть использованы для реализации тех или иных радиолокационных функций МФ РЛС. Таким образом, в алгоритме работы МФ РЛС не используется в полной мере имеющиеся потенциальные возможности.

Затраты энергетического ресурса для реализации функциональных режимов МФ РЛС можно характеризовать коэффициентом энергопотребления [4, 5], который будет показывать, какая доля общего энергетического ресурса МФ РЛС расходуется на выполнение η-й радиолокационной функции за цикл управления:

$$\xi_{\eta} = \frac{t_{\eta}}{T} = \frac{n_{\eta}}{N_T} = \frac{E_{\eta}}{E} = \frac{S_{\eta}}{S}, \tag{1}$$

где  $t_{\eta}$  - время, выделяемое на реализацию η-той радиолокационной функции;  $T$  - общее время работы МФ РЛС;  $n_{\eta}$  - количество зондирований направления, выделяемое на реализацию η-той радиолокационной функции;  $N_T$  - общее число зондирований за время  $T$ ;  $E_{\eta}$  - энергия МФ РЛС, выделяемая на реализацию η-той радиолокационной функции;  $E$  - общая энергия станции;  $S_{\eta}$  - количество ТИ, выделяемое на реализацию η-той радиолокационной функции;  $S$  - общее количество ТИ РЛС. Соотношение долей энергетического ресурса, необходимые для реализации того или иного функционального режима, подчиняется выражению:

$$\xi_{об} + \xi_c + \xi_n = 1, \tag{2}$$

где  $\xi_{об}, \xi_c, \xi_n$  - коэффициенты энергопотребления, показывающие затраты энергетического ресурса на реализацию соответствующих режимов работы МФ РЛС: обнаружения, сопровождения воздушных целей и наведения ЗУР на цели.

В существующих ЗРК (ЗРС) с МФ РЛС значение коэффициентов энергопотребления остаются, как

правило, неизменными и не зависят от складывающейся обстановки. Для реализации максимальных потенциальных возможностей МФ РЛС желательно изменять значения коэффициентов энергопотребления для каждого из функциональных режимов работы станции в зависимости от складывающейся внешней обстановки и решаемых МФ РЛС ЗРК задач. При этом выделяемый для каждого из режимов функционирования МФ РЛС энергетический ресурс должен обеспечить требуемое качество реализации радиолокационных функций. Для оценки эффективности распределения имеющегося энергетического ресурса МФ РЛС необходимо иметь показатель эффективности, который бы учитывал особенности функционирования МФ РЛС в основных режимах ее работы.

Рассмотрим рабочую зону МФ РЛС, которая разбита на разрешающие объемы (РО), обращение к которым осуществляется последовательно во времени. В сферической системе координат РО представляет собой область пространства, размеры которой задаются разрешающей способностью МФ РЛС по дальности  $\delta_r$ , и двумя угловыми размерами: разрешающей способностью МФ РЛС по азимуту  $\delta_\beta$  и углу места  $\delta_\epsilon$ . Объем  $V_p$  такого РО может быть выражен как [3]:

$$V_p = \delta_r \delta_\beta \delta_\epsilon. \quad (3)$$

Эскиз объема разрешения изображен на рис. 2.

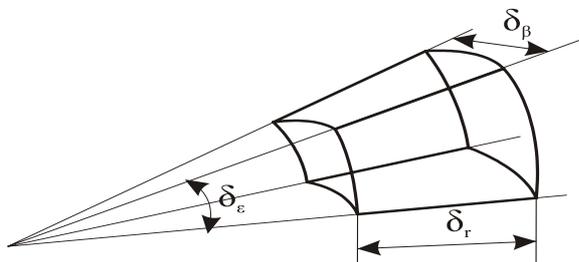


Рис. 2. Объем разрешения МФ РЛС

Объем рабочей зоны  $V_3$  МФ РЛС можно представить в виде [3]:

$$V_3 = r_{\max} \beta_{\max} \epsilon_{\max}, \quad (4)$$

где  $r_{\max}$ ,  $\beta_{\max}$ ,  $\epsilon_{\max}$  - максимальное значение дальности, азимута и угла места рабочей зоны соответственно.

В режиме обнаружения воздушных целей конечной целью функционирования МФ РЛС является обнаружение траекторий целей [9, 10]. Для оценки затрат энергетического ресурса МФ РЛС при реализации функционального режима обнаружения воздушных целей необходимо иметь показатель эффективности функционирования станции в этом режиме, который связывает выполняемые станцией радиолокационные функции по обнаружению и затра-

ты энергетического ресурса на их выполнение.

В [11] при рассмотрении обнаружения появляющихся и движущихся объектов и управления наблюдениями при их обнаружении, наряду с критериями оптимальности обнаружения, основанными на минимизации среднего риска, используется информационный критерий для оценки затрат энергетического ресурса. Он основан на максимизации среднего шенноновского количества информации в наблюдениях за объектами [11]. Его суть состоит в следующем. На каждом шаге наблюдения следует выбирать такое значение управляющего параметра, при котором среднее приращение шенноновского количества информации максимально. Данный подход объединяет оценку эффективности выбранной стратегии обзора пространства с оценкой оптимального приема сигналов отраженных от целей [12]. Однако, при использовании такого критерия представляется затруднительным определение затрат энергетического ресурса на обнаружение траекторий целей и их траекторное сопровождение.

С другой стороны, в ряде работ [3, 9, 13] для характеристики эффективности работы РЛС в режиме обнаружения используются показатели эффективности вторичной обработки информации. В качестве такого показателя предлагается, например, среднее время захвата цели на сопровождение  $\bar{T}_3$  [9]. Однако, данный показатель характеризует лишь один из этапов вторичной обработки радиолокационной информации и не учитывает затраты энергетического ресурса на поиск целей в рабочей зоне МФ РЛС.

В связи с тем, что конечной задачей МФ РЛС в режиме обнаружения воздушных целей является обнаружение траекторий, представляется целесообразным использовать в качестве искомого показателя эффективности среднее время обнаружения траектории цели  $\bar{T}_{от}$ .

Для этого процесс радиолокационного обнаружения объектов можно разделить на три этапа [14]:

- а) поиск целей;
- б) обнаружение отраженных от целей сигналов на фоне шума;
- в) обнаружение траекторий целей по совокупности радиолокационных отметок с последующим сопровождением.

Учитывая разделение режима обнаружения на этапы, следует рассмотреть затраты энергетического ресурса для реализации каждого из этапов. В общем случае, задачей поиска является обнаружение целей в кратчайший срок. При использовании последовательного анализа РО в качестве показателя эффективности принято среднее время  $\bar{t}_{пц}$  поиска цели [15]:

$$\bar{t}_{пц} = \sum_{\pi=1}^g [p_\pi \bar{t}_{1\pi} + (1-p_\pi) \bar{t}_{0\pi}], \quad (5)$$

где  $g$  - число объемов разрешения в пространстве, подлежащих осмотру;  $p_\pi$  - априорная вероятность наличия сигнала в  $\pi$ -м объеме разрешения,  $\bar{\tau}_{1\pi}, \bar{\tau}_{0\pi}$  - средние времена осмотра  $\pi$ -го объема разрешения при наличии и отсутствии в нем сигнала соответственно. Таким образом, в процессе поиска целей по заданным алгоритмам основная доля энергетического ресурса МФ РЛС, выделяемого на обнаружение, затрачивается на зондирование выбранных РО.

Обнаружение отраженного от цели сигнала сводится к автоматическому принятию решений по определенному критерию о наличии или отсутствии целей в выделенных РО зоны обнаружения с известными координатами [9].

При осмотре рабочей зоны в процессе поиска МФ РЛС ЗРК может задерживаться в любом из РО либо на полное время, необходимое для принятия решения о наличии или отсутствии сигнала, либо на фиксированное время наблюдения  $\tau_\pi$  с последующим возвращением в этот объем [14].

Принимая во внимание, что для конкретной МФ РЛС время обнаружения сигналов является постоянным и определенным на этапе проектирования, время, необходимое для обнаружения отраженных от целей сигналов на фоне шума, зависит от выбранного критерия обнаружения сигналов.

Обнаруженный таким образом сигнал дает возможность получить "отметку" от цели, хотя реальное ее обнаружение должно подтверждаться оператором или системой автоматического сопровождения путем получения траекторных данных [9]. Процесс обнаружения траекторий целей обычно разбивается на два этапа: завязка траектории и ее подтверждение [2, 16].

Таким образом, среднее время обнаружения траектории может быть выражено как:

$$\bar{T}_{от} = \bar{t}_{пц} + \bar{t}_{зт} + \bar{t}_{пт}, \quad (6)$$

где  $\bar{t}_{зт}$  - время захвата траектории,  $\bar{t}_{пт}$  - среднее время, необходимое для подтверждения завязанной траектории.

В дальнейшем будем считать, что время зондирования (осмотра)  $\pi$ -го объема разрешения зоны ответственности постоянно и равно  $\tau_\pi$ . Тогда среднее время поиска цели может быть выражено как

$$\bar{t}_{пц} = \sum_{\pi=1}^g \tau_\pi, \quad (7)$$

где  $g$  - число разрешающих объемов осмотренных МФ РЛС до момента обнаружения цели включительно,  $g \subseteq N$ ,  $N = \frac{V_3}{V_p}$  - число объемов разрешения в рабочей зоне МФ РЛС.

Обнаружение траектории при вторичной обработке радиолокационной информации, как правило, производится по алгоритму типа "2/m + 1/n" [3]. В процессе выполнения этого алгоритма основными операциями являются: оценка скорости цели, экстраполяция координат и стробирование отметок [3]. Для РЛС с ФАР, как показано в [14], является целесообразным формирование физических стробов захвата и подтверждения траектории цели. Это значит, что МФ РЛС необходимо произвести зондирование области пространства, определяемого объемом строба захвата или подтверждения.

Объем  $i$ -го строба первичного захвата  $V_i^3$ , выраженный числом РО МФ РЛС, входящих в строб первичного захвата, может быть определен как [3]:

$$V_i^3 = i^3 V_1, \quad (8)$$

где  $V_1 = \frac{2\dot{r}_{max} T_0 2\dot{\beta}_{max} T_0 2\dot{\epsilon}_{max} T_0}{\delta_r \delta_\beta \delta_\epsilon} = \frac{V^I}{V_p}$  - объем начального строба первичного захвата, выраженный

числом РО, а  $\dot{r}_{max}, \dot{\beta}_{max}, \dot{\epsilon}_{max}$  - максимально возможное приращение сферических координат цели за период зондирования  $T_0$ .  $V^I$  определяет максимально возможный объем пространства, в котором следует производить поиск цели, меняющей свое положение за время  $T_0$ . Объем первичного строба захвата может быть заранее просчитан для типовых целей ЗРК (аэродинамических, баллистических) с учетом их ТТХ и характеристик зоны обнаружения МФ РЛС ЗРК. Таким образом, время, необходимое для захвата траектории цели по критерию "2/m", выражается как:

$$t_{зт} = \tau_\pi \sum_{i=1}^m V_i^3 = \tau_\pi \sum_{i=1}^m \frac{i^3 V^I}{V_p}. \quad (9)$$

На этапе подтверждения траектории размеры строба подтверждения определяют ошибки экстраполяции и измерения. Объем  $j$ -го строба подтверждения траектории  $V_j^{II}$ , выраженный числом РО МФ РЛС, на этом этапе вычисляется по формуле [3]:

$$V_j^{II} = 8k^3 \frac{\sigma_{\Sigma jr} \sigma_{\Sigma j\beta} \sigma_{\Sigma j\epsilon}}{\delta_r \delta_\beta \delta_\epsilon} = 8k^3 \frac{\sigma_{\Sigma jr} \sigma_{\Sigma j\beta} \sigma_{\Sigma j\epsilon}}{V_p} = \frac{V_j^{II}}{V_p}, \quad (10)$$

где  $\sigma_{\Sigma j} = \sqrt{\sigma_{ju}^2 + \sigma_{j\beta}^2}$  - суммарная ошибка измерения и экстраполяции соответствующих координат  $(r, \beta, \epsilon)$ ,  $k \approx 3$  - коэффициент увеличения размеров строба по сравнению с суммарными среднеквадратическими значениями отклонений отметок от центра строба. Время, необходимое для подтверждения траектории по критерию  $1/n$ , может быть рассчитано по формуле:

$$t_{\text{пт}} = \tau_{\pi} \sum_{j=1}^n V_j^{\text{п}} = \tau_{\pi} \sum_{j=1}^n \frac{V_j^{\text{п}}}{V_p}. \quad (11)$$

Отношение  $\frac{\tau_{\pi}}{T}$  будет показывать долю общего энергетического ресурса, расходуемого на осмотр одного РО. Назовем его единичным коэффициентом энергопотребления  $\zeta_{\pi}$ .

Исходя из определения коэффициента энергопотребления его связь со средним временем обнаружения траектории цели  $\bar{T}_{\text{от}}$  можно показать в виде:

$$J(\xi_{\text{об}}) = \frac{\bar{T}_{\text{от}}}{T} = \sum_{\pi=1}^g \zeta_{\pi} + \frac{\sum_{i=1}^m i^3 V_i^{\text{I}} \zeta_{\pi} + \sum_{j=1}^n V_j^{\text{II}} \zeta_{\pi}}{V_p} = \zeta_{\pi} \left( g + \sum_{i=1}^m \frac{i^3 V_i^{\text{I}}}{V_p} + \sum_{j=1}^n \frac{V_j^{\text{II}}}{V_p} \right), \quad (12)$$

Обозначим сумму объемов захвата и подтверждения траектории цели, выраженных числом РО через  $h$ :

$$h = \sum_{i=1}^m \frac{i^3 V_i^{\text{I}}}{V_p} + \sum_{j=1}^n \frac{V_j^{\text{II}}}{V_p}. \quad (13)$$

Тогда для  $Q$  целей показатель эффективности будет иметь вид:

$$J(\xi_{\text{об}}) = \zeta_{\pi} \left( g + \sum_{q=1}^Q h_q \right) \quad (14)$$

В радиолокации реализовать зондирование отдельных РО представляется затруднительным. На практике, как правило, реализуют зондирование РО одного углового направления. Следовательно, вместо зондирования объемов  $V_i^{\text{I}}$  и  $V_j^{\text{II}}$  в данном случае возникает необходимость осматривать некоторые площади  $S_i^{\text{I}}$  и  $S_j^{\text{II}}$  в картинной плоскости МФ РЛС. Приняв произведение  $\delta_{\beta}$  и  $\delta_{\epsilon}$  как площадь разрешения  $S_p$ , выразим площади  $S_i^{\text{I}}$  и  $S_j^{\text{II}}$  числом площадей разрешения:

$$S_i^{\text{I}} = \frac{i^2 S^{\text{I}}}{S_p} = \frac{2\beta_{\text{max}} T_o 2\epsilon_{\text{max}} T_o}{\delta_{\beta} \delta_{\epsilon}} i^2, \quad (15)$$

$$S_j^{\text{II}} = \frac{S^{\text{II}}}{S_p} = 4k^2 \frac{\sigma_{\Sigma j \beta} \sigma_{\Sigma j \epsilon}}{\delta_{\beta} \delta_{\epsilon}}, \quad (16)$$

а их сумма  $h^{\text{S}}$  соответственно будет равна:

$$h^{\text{S}} = \sum_{i=1}^m \frac{i^2 S^{\text{I}}}{S_p} + \sum_{j=1}^n \frac{S_j^{\text{II}}}{S_p}. \quad (17)$$

При последовательном обзоре время осмотра объемов разрешения одного углового направления ограничено снизу максимальным временем запаз-

дывания сигнала, т.е.  $t_{\pi} \geq t_{\text{max}} = 2R_{\text{max}}/c$ , где  $R_{\text{max}}$  - дальность действия РЛС,  $c$  - скорость распространения радиоволн [16]. Будем полагать, что при реализации основных радиолокационных функций МФ РЛС задерживает луч в одном угловом направлении на время  $t_{\pi}$ . Тогда, единичный коэффициент энергопотребления  $\zeta_{\pi}$  примет вид:

$$\zeta_{\pi} = \frac{t_{\pi}}{T}. \quad (18)$$

С целью сократить время, необходимое для принятия решения о наличии или отсутствия сигнала, в работе [13] предлагается для зондирования РО одного углового направления использовать один импульс. При этом высокую вероятность обнаружения можно получить, выбрав достаточно низкий порог обнаружения. Для понижения возросшего числа ложных тревог используется критерии типа "2 из  $m$ ". При этом ложное обнаружение цели происходит лишь в том случае, если  $m$ -я отметка попала в зону связи первой. Также показано, что при обзоре с помощью пачки импульсов, период, которого достаточно велик, наиболее практичным является критерий, согласно которому любая отметка (превышение порога сигналом, накопленным по  $M$  импульсам) рассматривается как информация о цели, по которой назначается захват. Для снижения вероятности захвата ложной траектории используют критерии подтверждения захваченных траекторий ("1 из  $n$ ") [3].

Приняв во внимание изложенные замечания, представим выражение (14) как:

$$J(\xi_{\text{об}}) = \zeta_{\pi} \left( g_{\text{S}} + \sum_{q=1}^Q h_q^{\text{S}} \right), \quad (19)$$

где  $g_{\text{S}}$  - количество угловых направлений для зондирования на этапе поиска воздушных целей.

Полученный показатель эффективности затрат энергетического ресурса МФ РЛС в режиме обнаружения  $J(\xi_{\text{об}})$  характеризует затраты энергетического ресурса для выполнения этой функции при обнаружении траекторий  $Q$  целей и учитывает особенности функционирования МФ РЛС на каждом из этапов данного режима. При этом, затраты энергетического ресурса на поиск новых целей зависят от количества  $g_{\text{S}}$  осматриваемых угловых направлений, т. е. от алгоритма поиска. Возможности МФ РЛС по обнаружению траекторий целей зависят от площадей стробов захвата и подтверждения, выраженных в количестве площадей разрешения и алгоритма вторичной обработки радиолокационной информации.

## Выводы

Для повышения эффективности применения ЗРК (ЗРС) необходимо полностью реализовывать имеющиеся потенциальные возможности МФ РЛС.

Это возможно за счет распределения энергетического ресурса между основными режимами функционирования РЛС с учетом складывающейся обстановки в рабочей зоне МФ РЛС. Для оценки эффективности распределения ограниченного энергетического ресурса МФ РЛС следует иметь показатель, который учитывал бы особенности функционирования и показатели эффективности основных функциональных режимов работы МФ РЛС.

Для режимов сопровождения воздушных целей и наведения ЗУР на цели в качестве показателей эффективности функционирования в этих режимах представляется возможным использовать след корреляционной матрицы ошибок оценивания параметров траектории цели (ЗУР). Данный показатель связывает требуемую точность выполнения указанных радиолокационных функций с затратами энергетического ресурса на их реализацию.

В режиме обнаружения обоснован показатель эффективности функционирования МФ РЛС, который связывает затраты энергетического ресурса для выполнения этой функции и учитывает особенности функционирования МФ РЛС на каждом из этапов данного режима.

### Список литературы

1. Балахонцев Н. Развитие форм и способов ведения военных действий в начале XXI века / Н. Балахонцев, А. Медин // Зарубежное военное обозрение. – 2003. – №4. – С. 25-28.
2. Кузьмин С.З. Основы проектирования систем цифровой обработки радиолокационной информации / С.З. Кузьмин. – М.: Радио и связь, 1986. – 352 с.
3. Кузьмин С.З. Цифровая радиолокация / С.З. Кузьмин. – К.: Издательство КВЦ, 2000. – 428 с.
4. Кадубенко С.В. Метод оптимального управления режимом наведения многофункциональной РЛС / С.В. Кадубенко, А.В. Гомозов, В.П. Тарахтей // Збірник наукових праць. – Х.: ХАІ. – 2001. – Вип. 21. – С. 47-53.
5. Решетник В.М. Проблемы управления ЗРК / В.М. Решетник, М.К. Можар, И.Ю. Гришин // Наука і оборона. – 1994. – №4. – С. 25-32.
6. Кадубенко С.В. Метод оптимального управления режимом наведения многофункциональной РЛС / С.В. Кадубенко, А.В. Круглов, О.Л. Смирнов // Збірник наукових праць ХАІ. – Х., 2001 – Вип. 21. – С. 47-53.
7. Пискунов С.Н. Оптимальное распределение энергетических ресурсов многофункциональной РЛС между функциональными режимами / С.Н. Пискунов, О.Л. Смирнов, В.М. Решетник, Е.В. Титова // Автоматизированные системы управления и приборы автоматики. – Х.: ХГТУРЭ, 1998. – Вып. 107. – С. 42-45.
8. Пискунов С.Н. Оптимизация процесса управления наблюдениями при обнаружении воздушных целей в многофункциональной радиолокационной станции / С.Н. Пискунов, В.М. Решетник // Радиозлектроника и информатика. – Х: ХГТУРЭ, 1998. – № 1. – С. 82-84.
9. Радиозлектронные системы: Основы построения и теория. Справочник. / [Ширман Я.Д., Багдасарян Т.С. и др.]; под ред. Я.Д. Ширмана. - [изд. 2-е, перераб. и доп.] – М.: Радиотехника, 2007. – 512 с.
10. Конторов Д.С. Введение в радиолокационную системотехнику / Д.С. Конторов, Ю.С. Голубев-Новожилов. – М.: Советское радио, 1971. – 367 с.
11. Бакут П.А. Обнаружение движущихся объектов / П.А. Бакут, Ю.В. Жулина, Н.А. Иванчук; под ред. П.А. Бакута. – М.: Сов. радио, 1980. – 288 с.
12. Гизбург В.М. Формирование и обработка изображений в реальном времени: Методы быстрого сканирования / Гизбург В.М. – М.: Радио и связь, 1986. – 232 с: ил.
13. Саврасов Ю.С. Алгоритмы и программы в радиолокации / Ю.С. Саврасов. – М.: Радио и связь, 1985. – 216 с.
14. Шишов Ю.А. Многоканальная радиолокация с временным разделением каналов. / Ю.А. Шишов, В.А. Ворошилов. – М.: Радио и связь, 1987. – 114 с.
15. Кузнецов И.Н. Выбор времени наблюдения в радиолокационных системах поиска при использовании последовательного анализа / И.Н. Кузнецов // Радиотехника и электроника. – 1964. – № 3. – С. 418-425.
16. Теоретические основы радиолокации: [учебное пособие для вузов] / [Коростелев А.А., Клоев Н.Ф., Мельник Ю.А. и др.]; под ред. В.Е. Дулевича. – [2-е изд., перераб. и доп.]. – М.: Сов. радио, 1978. – 608 с.

Поступила в редколлегию 12.02.2009

Рецензент: д-р техн. наук проф. О.М. Сотников, Харьковский университет Воздушных Сил им. И. Кожедуба, Харьков.

### ОБГРУНТУВАННЯ ПРИВАТНОГО ПОКАЗНИКА ЕФЕКТИВНОСТІ ВИТРАТ ЕНЕРГЕТИЧНОГО РЕСУРСУ ПРИ РЕАЛІЗАЦІЇ РЕЖИМУ ВИСВЛЕННЯ ПОВІТРЯНИХ ЦІЛЕЙ БАГАТОФУНКЦІОНАЛЬНОЮ РЛС ЗЕНІТНОГО РАКЕТНОГО КОМПЛЕКСУ

В.В. Мегельбей, С.В. Кадубенко, А.В. Мегельбей, Д.О. Смоляков

У статті розглядаються шляхи підвищення ефективності інформаційних засобів сучасних і перспективних зенітних ракетних комплексів. Аналізуються алгоритми функціонування сучасних зенітних ракетних комплексів. Розглядається режим виявлення повітряних цілей багатофункціональною РЛС зенітного ракетного комплексу. Обґрунтований показник ефективності функціонування багатофункціональною РЛС зенітного ракетного комплексу в режимі виявлення з урахуванням обстановки, що змінюється.

**Ключові слова:** багатофункціональна РЛС, енергетичний ресурс, режим виявлення, показник ефективності.

### GROUND OF PRIVATE INDEX OF EFFICIENCY OF EXPENSES OF POWER RESOURCE DURING REALIZATION OF MODE OF FINDING OUT AIR AIMS MULTIFUNCTION RLS ZENITHAL ROCKET COMPLEX

V.V. Megel'bey, S.V. Kadubenko, A.V. Megel'bey, D.O. Smolyakov

The ways of increase of efficiency of informative facilities of modern and perspective zenithal rocket complexes are examined in the article. The algorithms of functioning of modern zenithal rocket complexes are analysed. The mode of finding out air aims is examined multifunction RLS zenithal rocket complex. The index of efficiency of functioning is grounded multifunction RLS zenithal rocket complex in the mode of discovery taking into account a changing situation.

**Keywords:** multifunction RLS, power resource, mode of discovery, index of efficiency.