

УДК 621. 373 (043.3)

Г.А. Моисеева

Харьковский университет Воздушных Сил им. И. Кожедуба, Харьков

К ВОПРОСУ О ВЛИЯНИИ ЛОЖНОЙ ЦЕЛИ НА ВЕРОЯТНОСТЬ НАВЕДЕНИЯ ВЫСОКОТОЧНОГО ОРУЖИЯ НА МАЛОРАЗМЕРНЫЙ ОБЪЕКТ

В статье проведен сравнительный анализ вероятности наведения высокоточного оружия на малоразмерный стационарный объект в отсутствие и при наличии ложных целей, создающих помеховый фон для высокоточного оружия с тепловыми и оптическими головками самонаведения. Показано, что для различных условий помехового воздействия вероятность наведения высокоточного оружия может быть существенно уменьшена.

Ключевые слова: высокоточное оружие, ложная цель, вероятность наведения.

Введение

В настоящее время технологии создания высокоточного оружия (ВТО) с тепловыми и оптическими головками самонаведения (ОГС) получили широкое распространение и находят все большее применение в вооруженных конфликтах современности [1, 2]. В зависимости от решаемых задач используются как пассивные тепловые системы наведения в инфракрасном (ИК) диапазоне длин волн (1,8–6 мкм), так и оптические с лазерным подсветом поражаемой цели. Использование этих систем показало их высокую эффективность [3, 5].

В связи с этим на сегодняшний день очень важной задачей является разработка эффективных средств защиты малоразмерных объектов в оптическом и, в первую очередь, в ИК диапазонах длин волн с реализацией комплексных мероприятий и средств противодействия ВТО с оптическими головками самонаведения. В число этих мероприятий может входить, например, разработка методов и средств формирования различных видов помех (ложные цели) для индивидуальной защиты объектов.

Необходимость использования ложных целей обусловлена тем, что, как показано в [3, 6], при отсутствии организованных помех вероятность поражения объектов самонаведения управляемыми ракетами с лазерными головками самонаведения (ЛГСН) очень велика. Поэтому основной задачей при защите объектов от самонаводящихся ракет является создание помех, позволяющих увеличить систематическую ошибку наведения.

Одним из методов решения такой задачи является создание на определенном расстоянии от защищаемого объекта ложной цели, например, на основе метода с использованием голографических отражателей. В рассматриваемом случае вероятность наведения на защищаемый объект ВТО уменьшается [6]. Однако, в известной литературе вопросу сравнительного анализа вероятности на-

ведения ВТО на объект при наличии и отсутствии ложных целей, создающих помеховый фон для ВТО с тепловыми и оптическими головками самонаведения, уделено недостаточно внимания. Восполнению этого недостатка и посвящена данная статья.

Целью настоящей работы является проведение сравнительного анализа вероятности наведения высокоточного оружия на малоразмерный объект в отсутствие и при наличии помехи (специально организованной ложной цели) для различных условий помехового воздействия.

Основной материал

Суть метода защиты малоразмерных объектов от ВТО с ЛГСН на основе голографических отражателей заключается в формировании на входе приемного устройства головки самонаведения (помимо сигнала от защищаемого объекта) сигнала от ложной цели, координаты которой отличаются от координат защищаемого объекта. Создание такой ложной цели приведет к наведению ВТО на энергетический центр сложной цели, которая является совокупностью малоразмерного объекта и ложной цели. При этом под малоразмерным объектом будем подразумевать объект, радиус поражения которого соизмерим с радиусом поражения ВТО.

Как показано в [6], при отсутствии организованных помех вероятность поражения объектов самонаведения управляемыми ракетами с ЛГСН очень велика, кроме того очевидно, что существенного уменьшения вероятности наведения можно достичь только при очень большом значении дисперсии промахов, чего в реальных системах самонаведения не наблюдается.

Поэтому основной задачей при защите объектов от самонаводящихся ракет является увеличение математического ожидания промаха, т.е. систематической ошибки самонаведения. Эта задача и решается при создании ложной цели на основе метода с использованием голографических отражателей.

Оценим, насколько эффективным является предлагаемый в данной работе метод смещения точки наведения ВТО с растровым следящим координатором при формировании ложной цели. Для этого проведём анализ функционирования системы автосопровождения цели при наличии в поле зрения оптической системы двух объектов: защищаемой цели (Ц) и сформированной голографическим методом ложной цели (ЛЦ). Рассмотрим случай, когда в картинной плоскости Ц и ЛЦ находятся на фиксированном расстоянии, неподвижны. При этом соотношение мощностей сигналов от Ц и ЛЦ на входе оптического приёмника может быть различным.

На диске – растре (на входе оптической системы головки самонаведения) такому пространственному расположению Ц и ЛЦ соответствуют два пятна рассеивания, причём энергетика пятна, формируемого ложной целью, полностью зависит от параметров голографического формирователя ложной цели. Необходимо определить расположение на диске – растре, а затем и в картинной плоскости, расположение точки, на которую будет наводиться система автосопровождения цели. Назовём искомую точку псевдоцелью (ПЦ). В рамках рассматриваемого метода известными величинами являются: $H_{Ц}$, $H_{ЛЦ}$ – амплитуды сигналов на входе в оптическую систему от цели и ложной цели соответственно; $\alpha_{Ц}$, $\alpha_{ЛЦ}$, $\beta_{Ц}$, $\beta_{ЛЦ}$ – координаты на диске – растре пятен рассеивания, соответствующих расположению в картинной плоскости цели и ложной цели. Необходимо найти $\alpha_{ПЦ}$, $\beta_{ПЦ}$ – координаты на диске – растре точки – псевдоцели.

Для решения поставленной задачи суммарный импульсный сигнал, поступающий в электронный блок, запишем в следующем виде:

$$\text{Sign}(t) = \text{Sign}_{Ц}(t) + \text{Sign}_{ЛЦ}(t),$$

$$\text{Sign}_{\ddot{O}}(t) = H_{\ddot{O}} \left[\frac{1(t - (\beta_{\ddot{O}} - \pi + \alpha_{\ddot{O}})/\omega) -}{-1(t - (\beta_{\ddot{O}} + \pi - \alpha_{\ddot{O}})/\omega)} \right],$$

где

$$\text{Sign}_{\ddot{E}\ddot{O}}(t) = H_{\ddot{E}\ddot{O}} \left[\frac{1(t - (\beta_{\ddot{E}\ddot{O}} - \pi + \alpha_{\ddot{E}\ddot{O}})/\omega) -}{-1(t - (\beta_{\ddot{E}\ddot{O}} + \pi - \alpha_{\ddot{E}\ddot{O}})/\omega)} \right],$$

$l(x)$ – функция Хевисайда.

Определим максимальное значение сигнала $\text{Sign}(t)$ на отрезке $-\pi/\omega \leq t \leq \pi/\omega$, а затем проведём его нормировку:

$$S(t) = \text{Sign}(t) / \max \text{Sign}(t).$$

Для определения огибающей сигнала $S(t)$ разложим его в ряд Фурье по косинусам и оставим только первую гармонику. Коэффициенты разложения в ряд Фурье запишем в виде:

$$a = \frac{\omega}{\pi} \int_{-\pi/\omega}^{\pi/\omega} S(t) \cos(\omega t) dt, \quad b = \frac{\omega}{\pi} \int_{-\pi/\omega}^{\pi/\omega} S(t) \sin(\omega t) dt.$$

В рамках сделанных допущений выражение для $S(t)$ запишется в виде:

$$S(t) = A \cos(\omega t + \varphi), \quad A = \sqrt{a^2 + b^2},$$

а φ определяется из соотношений:

$$\cos \varphi = a / A, \quad \sin \varphi = b / A.$$

Таким образом, угол φ разложения в ряд Фурье представляет собой искомый угол $\beta_{ПЦ}$, а угол $\alpha_{ПЦ}$ определён из соотношения (по условию нормировки)

$$\alpha_{ПЦ} = \dot{A} / 0,536 /$$

Полученные соотношения позволяют определить месторасположение псевдоцели на диске – растре.

Моделирование этого процесса сведено к расчёту координат псевдоцели по известным координатам и соотношению на входе оптической системы интенсивностей излучения от цели и ложной цели. Визуализация полученных результатов представлена на рис. 1, где схематически изображён диск – растр, а также местоположение на нём точек цели (Ц) 1, ложной цели (ЛЦ) 2 и псевдоцели 3 в зависимости от соотношения мощностей сигналов от Ц и ЛЦ на входе оптической системы от 0,5 до 1.

На рис. 2 показано смещение отметки от псевдоцели 3 на диске – растре при изменении взаимного расположения точек цели (Ц) 1 и ложной цели (ЛЦ) 2.

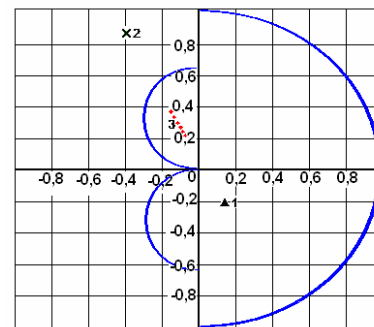


Рис. 1. Расположение точек Ц, ЛЦ и ПЦ на диске – растре в зависимости от соотношения интенсивностей излучения от цели и ложной цели на входе оптической системы

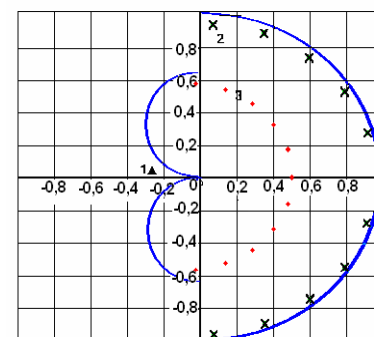


Рис. 2. Расположение отметки ПЦ на диске – растре при изменении взаимного расположения точек Ц и ЛЦ

Зная расположение отметок на диске – растре от Ц и ЛЦ и расстояние между самими объектами в кар-

тинной плоскости, можно определить масштабирующий коэффициент. Далее, зная расположение отметок на диске – растре от Ц и ЛЦ и масштабирующий коэффициент, можно определить расстояние между реальными объектами в картинной плоскости.

Итак, наличие созданной с помощью голографических отражателей ложной цели приводит к смещению точки наведения от защищаемого объекта, т.е. вносит систематическую ошибку в систему наведения. Рассчитав вероятность наведения ВТО как функции величины математического ожидания промаха по формуле [6]:

$$P_n = \frac{1}{2} \left[\Phi \left(\frac{R_0 - h}{\sigma} \right) + \Phi \left(\frac{R_0 + h}{\sigma} \right) \right], \quad (1)$$

(где h – промах, порождённый систематической ошибкой наведения; $\Phi(x)$ – табулированный интеграл вероятности Гаусса; R_0 – радиус поражения цели; σ^2 – дисперсия промаха) можно, во-первых, оценить эффективность предлагаемой системы защиты, во-вторых, оценить интенсивность помехи, позволяющей существенно снизить вероятность наведения ВТО на защищаемый объект.

В отсутствие средств защиты объекта от управляемых ракет с оптическими головками самонаведения величина h определяется точностью наведения ВТО, и, как показано в [5], составляет 5 – 10 м, а для некоторых лазерных дальномеров-целеуказателей (ЛДЦ) – до 1 м. При наличии создаваемой с помощью голографических отражателей ложной цели величина h включает в себя ещё дополнительное значение промаха Δ , обусловленного смещением точки наведения ВТО от защищаемого объекта. Величина Δ зависит от соотношения интенсивностей сигналов от объекта и ложной цели ($\hat{E}_I = J_{E\hat{O}}/J_{\hat{O}}$ – коэффициент помехи), а также от расстояния R_3 между объектом и ложной целью:

$$\Delta(\hat{E}_I, R_3) = \begin{cases} \hat{E}_I \cdot R_3 / 2, & \text{если } 0 \leq \hat{E}_I \leq 1; \\ R_3 - (R_3 / 2) \exp(1 - \hat{E}_I), & \text{если } 1 \leq \hat{E}_I < \infty. \end{cases}$$

График зависимости величины приведенной дополнительной систематической ошибки Δ/R_3 от коэффициента помехи K_{II} приведен на рис. 3.

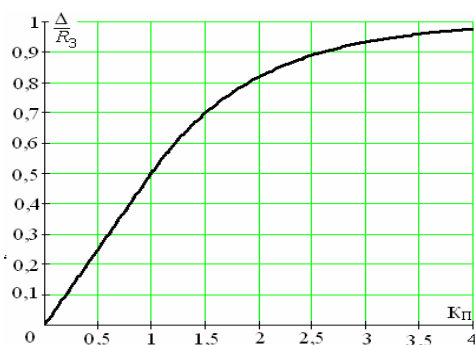


Рис. 3. Зависимость приведенного расстояния цель – псевдоцель от соотношения интенсивностей излучения от Ц и ЛЦ на входе оптической системы

Анализируя полученный график, можно сделать следующие выводы:

1. При одинаковой интенсивности сигналов от цели и ложной цели на входе оптической системы ГСН происходит наведение ВТО в точку, находящуюся на середине отрезка, соединяющего Ц и ЛЦ.

2. При различных интенсивностях сигналов происходит смещение точки наведения ВТО от середины отрезка в сторону объекта, интенсивность сигнала от которого больше. Результат ожидаемый.

Таким образом, в (1) следует положить

$$h = h_1 + \Delta, \quad (2)$$

где h_1 – промах, порождённый систематической ошибкой наведения, связанный с точностью системы наведения; Δ – дополнительное значение промаха, за счёт смещения точки наведения.

Подставляя (2) в (1), получим:

$$P_n = \frac{1}{2} \left[\Phi \left(\frac{R_0 - (h_1 + \Delta)}{\sigma} \right) + \Phi \left(\frac{R_0 + (h_1 + \Delta)}{\sigma} \right) \right]. \quad (3)$$

В соответствии с выражением (3) были рассчитаны вероятности наведения ВТО с ЛГСН на малоразмерную цель в зависимости от расстояния между защищаемым объектом и ложной целью, а также от соотношения интенсивностей сигналов ($\hat{E}_I = J_{E\hat{O}}/J_{\hat{O}}$) от объекта и от ложной цели для различных значений радиуса поражения R_0 . Результаты вычислений указанных вероятностей при условии, что $R_0 = 3\sigma$, для различных значений радиуса поражения объекта R_0 представлены на графиках (рис. 4, а – г).

Результаты анализа полученных зависимостей представлены в табл. 1:

Таблица 1
Результаты анализа полученных зависимостей

K _{II} \ R _{Ц-ЛЦ}	P _n				
	20	30	40	50	60
0,1	0,97	0,94	0,88	0,80	0,65
0,2	0,97	0,93	0,85	0,74	0,57
0,3	0,96	0,90	0,80	0,64	0,45
0,5	0,95	0,89	0,77	0,60	0,39
0,8	0,94	0,85	0,70	0,48	0,27
1,0	0,93	0,82	0,61	0,37	0,16

Результаты свидетельствуют о том, что наличие помехи (специально организованной ложной цели) в пассивном режиме ($0 \leq K_{II} \leq 0,8$) позволяет при расстояниях между защищаемым объектом и созданной ложной целью 40 – 50 метров (при условии, что радиус поражения высокоточного оружия $R_0 = 30\text{м}, \dots, \sigma = R_0/3$) уменьшить вероятность наведения ВТО с величины 0,8 до 0,48 (табл. 1). При $K_{II} \geq 1$ (активный режим работы) эффект оказывается ещё более ощутимым.

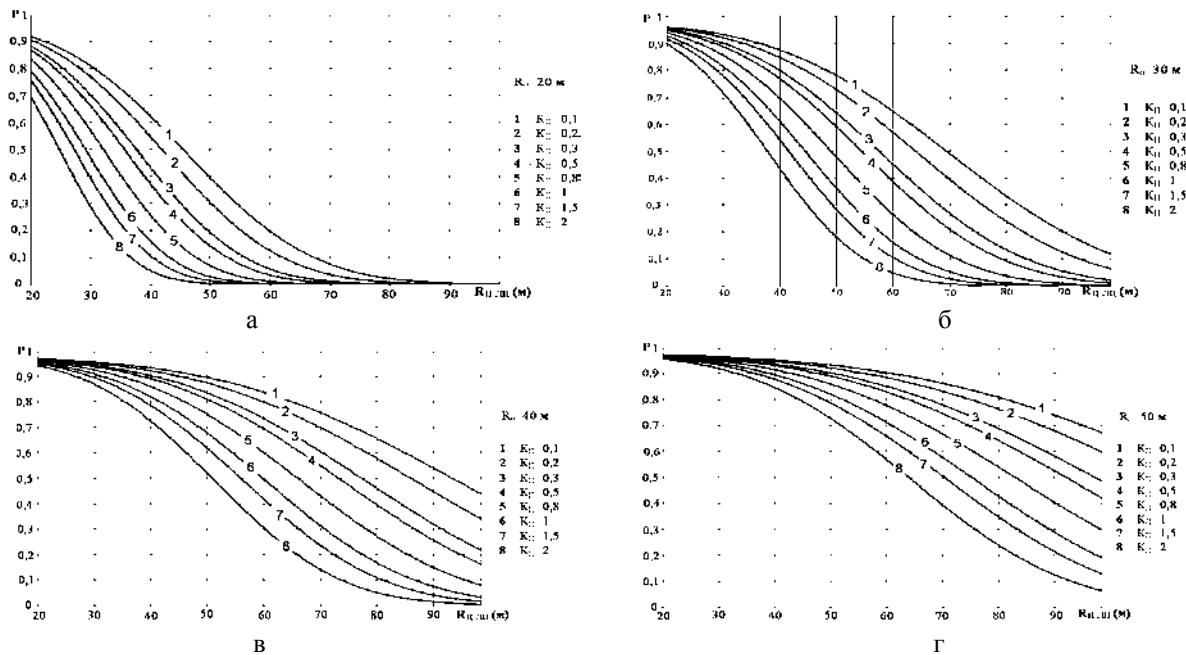


Рис. 4. Вероятности наведения ВТО с ЛГСН на малоразмерную цель в зависимости от расстояния между защищаемым объектом и ложной целью, а также от соотношения интенсивностей сигналов ($K_{п}$) от объекта и от ложной цели для различных значений радиуса поражения R_0

Выводы

Проведен сравнительный анализ вероятности наведения высокоточного оружия на малоразмерный объект в отсутствие помехи и при наличии помехи (специально организованной ложной цели) для различных условий помехового воздействия. Анализ показал, что использование специально организованной ложной цели существенно снижает вероятность наведения высокоточного оружия с оптическими головками самонаведения на малоразмерный объект.

Список литературы

1. Каваносян С.В. Анализ основных факторов, влияющих на развитие зарубежных ракетных комплексов (обзор) / С.В. Каваносян, И.А. Рудаков, Г.И. Черей. – М.: ЦНИИМаш, 1995. – 76 с.
2. Кулалаев В.В. Состояние и перспективы разработок системы защиты самолетов гражданской авиации от террористических пусков ракет с тепловыми головками самонаведения / В.В. Кулалаев, А.В. Кулалаев, П.О. Науменко // *Авиационно-космична техніка і технологія: Наук.-тех.журнал.* – 2003. – Вип.40/5. – С. 13-18.

ками самонаведения / В.В. Кулалаев, А.В. Кулалаев, П.О. Науменко // *Авиационно-космична техніка і технологія: Наук.-тех.журнал.* – 2003. – Вип.40/5. – С. 13-18.

3. Ольгин С. Проблемы оптоэлектронного противодействия (по взглядам зарубежных военных специалистов) / С. Ольгин // *Журнал ЗВО.* – 2002. – № 9. – С. 35-40.

4. Довідник з протиповітряної оборони / А.Я. Торопчин, І.О. Романенко, Ю.Г. Даник, Р.Є. Пащенко та ін. – К.: МО України, Х.: ХВУ, 2003. – 368.

5. Основы построения и оценки потенциальной эффективности систем зенитного управляемого ракетного оружия: монография / А.П. Ковтуненко, А.Ф. Козлов, О.П. Коростелёв, Н.А. Шеринев. – К.: Фитосоциоцентр, 2003. – 296 с.

6. Особенности предъявления требований точности целеуказания зенитному ракетному комплексу прикрытия экологически опасных объектов / В.Д. Карлов, И.Г. Леонов, Д.В. Карлов, И.А. Нос // *Системи обробки інформації.* – Х.: ХУПС, 2010. – Вип. 6 (87). – С. 273-275.

Поступила в редколлегию 20.12.2013

Рецензент: д-р техн. наук, проф. Л.Ф. Купченко, Харьковский университет Воздушных Сил им. И. Кожедуба, Харьков.

ДО ПИТАННЯ ПРО ВПЛИВ ХИБНОЇ ЦІЛІ НА ВІРОГІДНІСТЬ НАВЕДЕННЯ ВИСОКОТочноЇ ЗБРОЇ НА МАЛОРОЗМІРНИЙ ОБ'ЄКТ

Г.О. Моїсєєва

У статті проведено порівняльний аналіз ймовірності наведення високоточної зброї на малорозмірний стаціонарний об'єкт за відсутності та за наявності помилкових (хибних) цілей, що створюють завадочивий фон для високоточної зброї з тепловими та оптичними головками самонаведення. Показано, що для різних умов завадочивого впливу ймовірність наведення високоточної зброї може бути істотно зменшена.

Ключові слова: високоточна зброя, хибна ціль, ймовірність наведення.

THE INFLUENCE OF FALSE TARGET ON THE HIGH-PRECISION WEAPONS GUIDANCE PROBABILITY ON SMALL-SIZED TARGETS

G.O. Moiseeva

The article provides a comparative analysis of the probability of high-precision weapons guidance on small-sized stationary object in the absence and in the presence of false targets, creating interferer background for precision weapons with thermal and optical homing heads. It is shown that for different conditions of interferer impacts the probability pointing of high-precision weapons can be reduced substantially.

Keywords: high-precision weapons, pointing probability, false targets.