
УДК 621. 373 (043.3)

Г.А. Моисеева

Харьковский университет Воздушных Сил имени Ивана Кожедуба

**ГОЛОГРАФИЧЕСКИЙ МЕТОД РАЗМНОЖЕНИЯ ИЗОБРАЖЕНИЙ ОБЪЕКТОВ
И ЕГО ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДЛЯ СОЗДАНИЯ ПАССИВНЫХ ПОМЕХ
В ОПТИЧЕСКОМ ДИАПАЗОНЕ ДЛИН ВОЛН**

Предложен метод защиты малоразмерных объектов от высокоточного оружия с лазерными головками самонаведения на основе использования голографических отражателей. Природные свойства голограммы позволяют решить ряд задач, которые являются проблемными для других типов покрытий. В частности, ним относят: возможность формирования с помощью одного голографического покрытия сигнала в направлении головки самонаведения, инвариантного к ее координатам в определенном секторе углов. Показано, что при использовании зеркальных голографических отражателей появляется возможность существенного повышения энергетических характеристик поля, излучаемого ложной целью в направлении головки самонаведения высокоточного оружия.

Ключевые слова: *высокоточное оружие, голографические отражатели, ложная цель, вероятность наведения.*

Введение

В последние годы в региональных конфликтах всё чаще применяется высокоточное оружие (ВТО). Эффективность применения ВТО настолько высока, что, по существу, отсутствует проблема поражения целей, а существует лишь проблема обнаружения, распознавания, измерения координат целей и своевременного доведения информации до систем управления [1-4].

Ключевым звеном при создании ВТО является разработка нового поколения систем наведения боеприпасов на цель, в 80% образцов которых используются лазерные и оптико-электронные системы наведения.

В связи с непрерывным совершенствованием ВТО и увеличением абсолютного количества боеприпасов этих классов на сегодняшний день важной задачей является совершенствование существующих и разработка новых эффективных средств защиты объектов наземного, морского и воздушного базирования от ВТО с оптическими головками самонаведения. В настоящее время для защиты от ВТО предлагается множество как активных, так и пассивных методов.

Анализ существующей литературы [1,2,6] приводит к выводу, что активные методы противодействия ВТО на основе использования зенитных ракетных артиллерийских комплексов, учитывая малые размеры и, соответственно, малую заметность ВТО в радио и оптическом диапазонах длин волн, является высоко затратными и мало эффективными. В настоящее время рассматривается ряд новых способов борьбы с ВТО [4,7]. Однако большинство из этих предложений находятся в начальной стадии разработки. Кроме того, полученные результаты показывают, что решение задачи борьбы с ВТО этими методами требует решения ряда сложных технических проблем.

Существующие в настоящее время методы снижения вероятности поражения объектов, несмотря на свои преимущества, на сегодняшний день не способны полностью решить проблему защиты от ВТО с полуактивным лазерным наведением.

Проведенные разработки пассивных методов борьбы с ВТО демонстрируют их перспективность и ряд преимуществ, связанных с простотой технической реализации, относительно низкими экономическими затратами и высокой эффективностью защиты малоразмерных объектов.

В связи с этим задача совершенствования существующих и разработки новых эффективных методов и средств противодействия полуактивным лазерным системам наведения высокоточного оружия в настоящее время является актуальной. При этом особое значение приобретает разработка имен-

но активно - пассивных методов защиты, включающих создание пассивных помех. К сожалению, в известной литературе данный вопрос изложен недостаточно полно. Устранению этого недостатка и посвящена данная статья.

Целью данной работы является разработка голографического метода размножения изображений малоразмерных объектов в оптическом диапазоне длин волн и его использование при создании пассивных помех ВТО с лазерными головками самонаведения.

Основной материал

Известно, что обычная оптическая система способна расшифровывать амплитудную модуляцию светового потока, но не даёт полной информации об объекте, поскольку не может расшифровывать пространственное распределение фаз, в котором содержится дополнительная информация о нём. Кроме того обычная оптическая система имеет ряд существенных недостатков при создании изображений объёмных предметов. Этих недостатков лишён голографический метод записи и восстановления волнового фронта, позволяющий получить объёмное изображение предмета. Известно также [3], что голографическая запись информации характеризуется исключительно высокой плотностью. Это свойство является особенно ценным, учитывая высокую надёжность записи, которая, помимо прочего, равномерно распределяется на всей площади голограммы, каждый участок которой способен восстановить практически всё изображение. Равномерное распределение на голограмме света, рассеянного предметом, не вызывает локальных переэкспозиций регистрирующего материала при значительных изменениях яркости частей предмета. Голографический метод даёт возможность записать на одной пластине разные изображения, и впоследствии воссоздать их отдельно. Одна из возможностей такой записи состоит в использовании при каждом экспонировании опорных лучей, падающих под разными углами. Помимо прочего, голограмма нечувствительна к турбулентности атмосферы, если предметный и опорный пучки проходят через одну и ту же неоднородность [3].

Используем эти свойства голограммы для размножения изображений малоразмерных объектов в оптическом диапазоне длин волн с целью использования их при создании пассивных помех высокоточному оружию с лазерными головками самонаведения.

Малоразмерным объектом в данной работе считаем объект, радиус поражения которого соизмерим с радиусом поражения высокоточного оружия.

Для реализации полуактивного лазерного наведения управляемой ракеты (УР), как известно [5,7], типичной является тактическая ситуация, представленная на рис. 1.

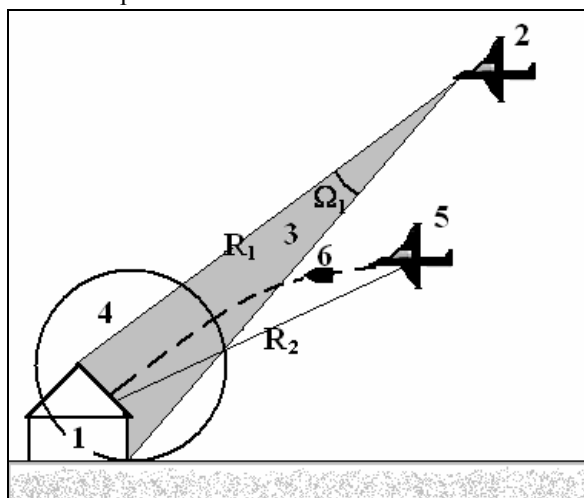


Рис. 1. Схема наведения УР в случае полуактивного лазерного наведения.

- 1 – защищаемый объект;
- 2 – самолёт – носитель станции подсвета;
- 3 – луч подсвета;
- 4 – диаграмма обратного рассеяния (ДОР) защищаемого объекта;
- 5 – самолёт – носитель ВТО;
- 6 – управляемая ракета с лазерной головкой самонаведения (ЛГСН)

При реализации ситуации, представленной на рис. 1, система лазерного подсвета 2 формирует лазерный луч подсвета 3 расходимостью Ω_1 , который попадает на защищаемый объект 1. В рамках допущения о том, что поверхность объекта является диффузной, сформированную диаграмму обратного рассеяния (ДОР) 4 описывают законом Ламберта. После захвата объекта ЛГСН управляемая ракета 6 запускается с самолёта – носителя 5.

Как известно [8], мощность излучения, поступающая на фотоприёмник ЛГСН, зависит от расходимости луча подсвета 3, ослабления в среде распространения, эффективной поверхности рассеяния объекта 1, затухания, вносимого оптической системой, и от площади апертуры приёмной оптической системы ЛГСН и определяется выражением:

$$P_{\text{пр1}} = \frac{P_0 k_1 \tau_1 \delta \sigma_1 \tau_{a2} S_{\text{пр}}}{4\pi R_2^2},$$

где $P_{\text{пр1}}$ – мощность излучения на входе фотоприёмника ЛГСН при отражении от защищаемого объекта;

P_0 – мощность излучения подсвета на поверхности объекта;

k_1 – коэффициент отражения лазерного излучения от поверхности объекта;

$S_{\text{пр}}$ – площадь апертуры приёмника лазерного излучения;

R_2 – расстояние от защищаемого объекта до приёмника излучения (ЛГСН);

σ_1 – эффективная поверхность рассеяния (ЭПР) защищаемого объекта.

$\tau_1 \delta$ – коэффициент пропускания приёмного тракта;

τ_{a2} – коэффициент пропускания атмосферы при распространении излучения на участке трассы R_2 .

Для организации защиты рассмотрим варианты формирования ложной цели, смещенной относительно защищаемого объекта.

В работе рассмотрим метод защиты объекта, основанный на формировании ложной цели на некотором расстоянии R_3 от объекта с помощью голографических отражателей и вспомогательных зеркал различного рода.

Данный метод поясняется на рис. 2.

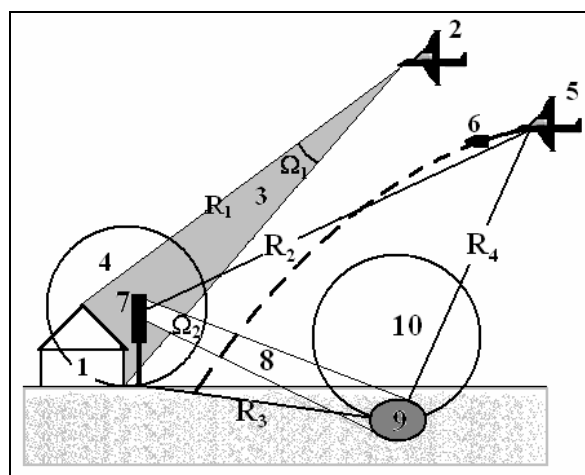


Рис. 2. Схема создания ложной цели при использовании голографических отражателей.

- 1 – защищаемый объект;
- 2 – самолёт – носитель станции подсвета;
- 3 – луч подсвета;
- 4 – диаграмма обратного рассеяния (ДОР) защищаемого объекта;
- 5 – самолёт – носитель ВТО;
- 6 – управляемая ракета с лазерной головкой самонаведения (ЛГСН);
- 7 – голографический отражательный экран;
- 8 – луч, формируемый голографическими отражателями;
- 9 – диффузно отражающая ложная цель;
- 10 – диаграмма обратного рассеяния от ложной цели

Представленная на рисунке система лазерного подсвета 2 формирует лазерный луч 4 расходимостью Ω_1 , который одновременно попадает на защищаемый объект 1 и на голографический отражательный экран 7. Он поднят над поверхностью зем-

ли на некоторую высоту h_1 . С помощью этого экрана формируется луч 8 с расходимостью Ω_2 , который и формирует на заданном расстоянии R_3 от объекта 1 ложную цель (ЛЦ) 9. Поскольку земная поверхность обладает очень низким коэффициентом отражения в видимом и ИК диапазонах длин волн, в месте формирования ЛЦ следует разместить специальный легко заменяемый экран, обладающий высоким коэффициентом отражения:

$$k_{\text{лц}} \approx 0,9 \dots 0,95.$$

Этот экран может быть как диффузно – отражающим (рис. 2), так и зеркально отражающим (рис. 3).

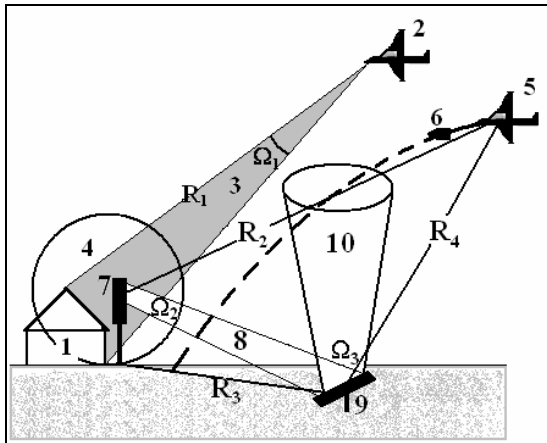


Рис. 3. Схема создания ложной цели при использовании голографических отражателей и зеркально отражающего экрана.

- 1 – защищаемый объект;
- 2 – самолёт – носитель станции подсвета;
- 3 – луч подсвета;
- 4 – диаграмма обратного рассеяния (ДОР) защищаемого объекта;
- 5 – самолёт – носитель ВТО;
- 6 – управляемая ракета с лазерной головкой самонаведения (ЛГСН);
- 7 – голографический отражательный экран;
- 8 – луч, формируемый голографическими отражателями;
- 9 – зеркально отражающая ложная цель;
- 10 – диаграмма обратного рассеяния ложной цели

В случае использования зеркально отражающего экрана (рис.3) отражённое от ложной цели излучение, расходимостью Ω_3 , распространяется внутри достаточно узкого конуса 10, что с энергетической точки зрения является, безусловно, более выгодным. Однако излучение, отражённое от ложной цели, попадёт на апертуру приёмника только в случае, если зеркальный экран будет управляемым.

Природные свойства голограмм, заключающиеся в возможности записи определённого объёма информации под различными углами наклона опорных лучей, а также восстановлении её единым ин-

формационным лучом, дают возможность формировать ложную цель, инвариантную к направлению прихода луча подсвета для заданного сектора углов подсвета.

В этом случае защиты объекта предполагается формировать ложную цель 9 в месте с фиксированными координатами при нахождении источника подсвета цели 2 в некотором секторе углов ω (рис.4). Такими возможностями и обладают голографические отражающие экраны.

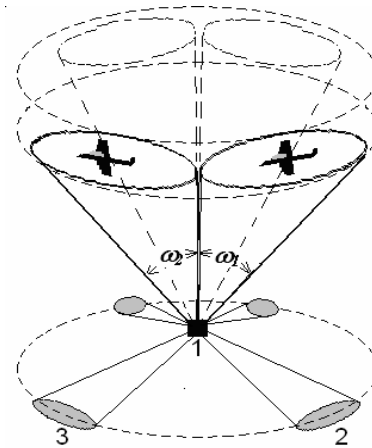


Рис. 4. Схема создания ложной цели, инвариантной к направлению прихода луча подсвета в определённом секторе углов подсвета ω

В поле зрения следящего координатора ГСН теперь будут находиться два объекта: защищаемый объект 1 и ложная цель 9.

Размещение точки наведения лазерной головки самонаведения высокоточного оружия будет зависеть от соотношения мощностей сигналов от объекта и от ложной цели.

Чем больше мощность излучения, принятого от ЛЦ, тем качественнее осуществляется процесс увода УР от защищаемого объекта.

Выводы

Использование голографического метода размножения изображений объектов для создания пассивных помех высокоточному оружию с лазерными головками самонаведения в оптическом диапазоне длин волн позволяет решить ряд задач, которые являются проблемными для других методов. Главной из них является возможность формирования с помощью одного голографического покрытия сигнала в направлении головки самонаведения, инвариантного к ее координатам в определенном секторе углов. Кроме того, при использовании зеркальных голографических отражателей появляется возможность существенного повышения энергетических характеристик поля, излучаемого ложной целью в направлении головки самонаведения высокоточного оружия.

Список литературы

1. Основы построения и оценки потенциальной эффективности систем зенитного управляемого ракетного оружия. Монография / А.П. Ковтуненко, А.Ф. Козлов, О.П. Коростелёв, Н.А. Шершнев. – К.: Фитосоциоцентр, 2003. – 29 бс.

2. Воздействие мощного широкополосного оптического излучения на оптико – электронные приборы / С.Н. Шостко, И.С. Шостко, Ю.Ф. Лонин и др. // Всеукраинский научно-технический сборник. Радиотехника. – Х., ХГТУРЭ, 1997. – Вып 108. – С. 146 – 152.

3. Оптическая локация. Теоретические основы приёма и обработки оптических сигналов: Монография / Под ред. А.И.Стрелкова. – Х.: Вировец А.П. «Апостроф», 2010. – 312 с.

4. Экспериментальные исследования особенностей отражения лазерного излучения от комбинированных дифракционно-отражающих покрытий / Г.Н. Доля, А.Н. Катунин, Г.А. Моисеева, Д.Н. Ганжа, С.А. Тыщук // Сборник научных праць ХВУ. – Х.: ХВУ, 2003. – Вып. 3(46). – С. 79 – 81.

5. Мусьянов М.П. Проблемы ближней лазерной локации: Учебное пособие / М.П. Мусьянов, И.Д. Миценко, Г.Г. Ванеев. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2000, – 295 с.

6. Кулалаев В.В. Состояние и перспективы разработки системы защиты самолетов гражданской авиации от террористических пусков ракет с тепловыми головками самонаведения / В.В. Кулалаев, А.В. Кулалаев, П.О. Науменко // Авіаційно-космічна техніка і технологія. Наук.-тех. журнал. – Х., „ХАІ”, 2003. – Вып.40/5. – С. 13 – 18.

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

8. Справочник по инфракрасной технике: в 4 т. / под ред. У. Вольфа, Г. Цисиса. – М.: Мир, 1999. – Т. 4. Проектирование инфракрасных систем. – 472 с.

Поступила в редколлегию 11.02.2014

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

ГОЛОГРАФІЧНИЙ МЕТОД РОЗМНОЖЕННЯ ЗОБРАЖЕНЬ ОБ'ЄКТІВ В ОПТИЧНОМУ ДІАПАЗОНІ ДОВЖИН ХВИЛЬ

Г.О. Моисеева

Запропоновано метод захисту малорозмірних об'єктів від високоточної зброї з лазерними голівками самонаведення на основі використання голографічних відбивачів. Природні властивості голограми дозволяють вирішити ряд завдань, які є проблемними для інших типів покриттів. До основних з них належать: можливість формування за допомогою одного голографічного покриття сигналу в напрямку голівки самонаведення, інваріантного до її координат у певному секторі кутів; при використанні дзеркальних голографічних відбивачів є можливість істотного підвищення енергетичних характеристик поля, випромінюваного хибною ціллю в напрямку голівки самонаведення високоточної зброї.

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

HOLOGRAPHIC METHOD OF MULTIPLICATION OF IMAGES OF THE OBJECTS IN OPTICAL RANGE OF WAVE LENGTH

G.O. Moiseeva

A method of small objects protection from high-precision weapons with laser homing heads based on the use of holographic reflectors is proposed. The natural properties of the hologram can solve a number of problems that are problematic for other types of coatings. The main ones include: the possibility of formation with a single holographic coverage a signal in the direction of homing head, which is invariant to its coordinates in a certain range of angles; using the holographic mirror reflectors it is possible to significantly improve the energy characteristics of the field emitted by a false target in the direction of high-precision weapon homing head.

Keywords: high-precision weapons, holographic reflectors, false targets, guidance probability.