

УДК 396.373(06)

А.М. Катунін

Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків

ВИКОРИСТАННЯ ДИФРАКЦІЙНО-ВІДБИВНИХ ПОКРИТТІВ ДЛЯ ФОРМУВАННЯ ХИБНОЇ ЦІЛІ: РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТУ

Розглянуто спосіб протидії напівактивним лазерним системам наведення керованих боєприпасів на основі застосування дифракційно-відбивних покриттів. Приведені результати експериментального дослідження щодо можливості формування хибних цілей на підстилаючій поверхні, що свідчать про перспективність використання дифракційно-відбивних покриттів для протидії системам наведення.

Ключові слова: дифракційно-відбивні покриття, напівактивна лазерна система, лазер, хибна ціль.

Вступ

Постановка проблеми. Для успішного вирішення бойових завдань в ході проведення миротворчих і антитерористичних місій в найкоротший час з найменшими втратами широко використовуються керовані боєприпаси, оснащені напівактивними лазерними системами наведення [1, 2]. Дані боєприпаси перебувають на озброєнні значної кількості країн, характеризуються високою ефективністю і здатні уражати широкий спектр наземних і надводних об'єктів, зокрема військових [1 – 5].

Масове виробництво керованих боєприпасів з напівактивними лазерними системами наведення, що забезпечують високу ймовірність ураження наземних (надводних) об'єктів (до 97 %), приводить до необхідності пошуку ефективного рішення задачі протидії системам наведення таких боєприпасів.

Аналіз досліджень та публікацій. Способи протидії системам наведення боєприпасів з напівактивним лазерним наведенням можуть бути умовно розділені на активні і пасивні. Як активні, так і пасивні способи протидії мають свої достоїнства і недоліки [6, 7], проте в цілому на даний час не здатні ефективно вирішити задачу захисту об'єктів від керованих боєприпасів з напівактивним лазерним наведенням. Тому конструкторські рішення, що передбачають комплексне застосування різних способів протидії напівактивним лазерним системам наведення представляються перспективними для вирішення завдання протидії напівактивним лазерним системам наведення керованих боєприпасів.

Одним з перспективних способів протидії напівактивним лазерним системам наведення керованих боєприпасів є застосування дифракційно-відбивних покриттів [8]. У конструктивному відношенні дифракційно-відбивні покриття є комбінацією шарувато неоднорідних і геометрично неоднорідних в загальному випадку діелектричних покриттів. Як геометрично неоднорідний елемент покриття можливе використання дифракційних решіток на основі рельєфо-фазових структур (фазових дифракційних решіток), для яких в даний час найуспішніше розроблені методи виготовлення.

Перспективність застосування таких покриттів для протидії напівактивним лазерним системам наведення керованих боєприпасів визначається тим фактом, що дифракційно-відбивне покриття може одночасно використовуватися як маловідбивне покриття (спосіб, заснований на принципі зменшення інформації), а також як засіб формування хибних цілей на підстилаючій поверхні (спосіб, заснований на зсуві точки наведення боєприпасу) [8].

Метою статті є аналіз результатів експерименту щодо можливості створення хибних цілей при використанні дифракційно відбивних покриттів.

Основна частина

Як показано в роботі [9], використання екранів з дифракційно-відбивними покриттями дозволяє здійснювати перерозподіл енергії відбитого лазерного випромінювання в просторі, тобто робити перехід від рівномірного відбиття, що описується законом Ламберта (рис. 1), до істотно нерівномірного розподілу, характерного для відбиття лазерного випромінювання на дифракційних решітках (рис. 2).

Розподіл інтенсивності відбитого від покриття лазерного випромінювання визначається співвідношенням [10]:

$$I = I_0/N^2 \cdot \sin^2 u / u^2 \cdot \sin^2(N \cdot v) / \sin^2 v, \quad (1)$$

де I_0 – інтенсивність падаючого лазерного випромінювання; N – число штрихів покриття (дифракційної решітки).

Другий множник формули (1) визначає дифракцію від кожного окремого елемента покриття. Тут

$$u = \pi \cdot a \cdot (\sin \psi + \sin \varphi) / \lambda, \quad (2)$$

де a – ширина робочої грані штриха покриття (дифракційної решітки); λ – довжина хвилі; φ – кут дифракції; ψ – кут падіння лазерного випромінювання.

Третій множник формули (1) визначає основні характеристики спектру і положення головних дифракційних максимумів. Тут

$$v = \pi \cdot d \cdot (\sin \psi + \sin \varphi) / \lambda, \quad (3)$$

де d – постійна покриття (дифракційної решітки).

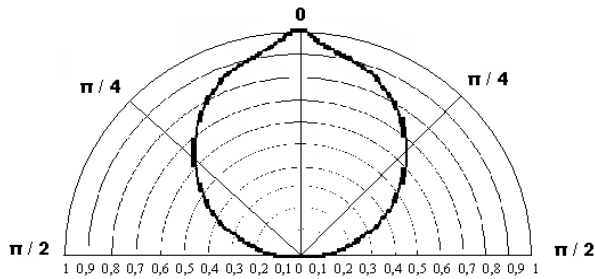


Рис. 1. Розподіл інтенсивності лазерного випромінювання, відбитого від дифузно відбивної поверхні у відносних одиницях

Значна частина енергії (більше 70 %) відбитого лазерного випромінювання підсвічування зосереджується у вузьких кутових секторах (головних дифракційних максимумах) (рис. 2), а в кутових секторах, відмінних від напрямів розповсюдження головних дифракційних максимумів діаграми розсіяння дифракційно-відбивного покриття, спостерігається значне зниження інтенсивності відбитого лазерного випромінювання [8, 9]. Експериментально зафіксована ширина головних дифракційних максимумів діаграми розсіювання плівкового дифракційно-відбивного покриття складає $\sim 1^\circ$ (рис. 2).

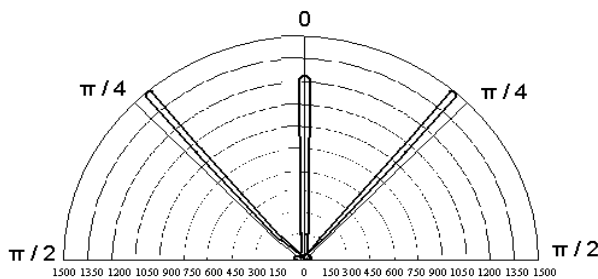


Рис. 2. Розподіл інтенсивності лазерного випромінювання, відбитого від плівкового дифракційно-відбивного покриття у відносних одиницях

При відповідних параметрах дифракційно-відбивного покриття напрями розповсюдження головних дифракційних максимумів діаграми розсіяння збігатимуться з напрямом на підстилаючу поверхню, що забезпечить формування на ній світлових плям – оптичних перешкод для головок самонаведення ракет. Дифракційно-відбивні покриття типу «ешелет» можуть мати єдиний головний дифракційний максимум в діаграмі розсіювання, в нім зосереджується більше 90 % відбитого лазерного випромінювання і, відповідно, такі покриття забезпечуватимуть формування єдиної світлової плями на підстилаючій поверхні.

Робота способу протидії на основі використання дифракційно-відбивних покриттів полягає в наступному.

При підсвічуванні цілі лазерною станцією підсвічування цілей система попередження о лазерном опроміненні формує сигнал сповіщення про лазерне підсвічування і визначає напрям на станцію підсві-

чування цілей. На основі отриманих даних здійснюється орієнтація екрану з дифракційно-відбивним покриттям таким чином, щоб напрями розповсюдження головних дифракційних максимумів діаграми розсіяння збігалися з напрямом на підстилаючу поверхню і формування світлових плям – оптичних перешкод для головок самонаведення відбувалося на відстанях, що забезпечують попадання оптичних перешкод в поле зору головок самонаведення. При цьому відстань від цілі, що захищається, до світлової плями повинна перевищувати радіус ураження боєприпасів, оснащених напівактивними лазерними системами наведення. У свою чергу, місцезнаходженню станції підсвічування цілей повинен відповідати «провал» діаграми розсіяння (дифракційні мінімуми або вторинні дифракційні максимуми), оскільки в більшості випадків застосування керованих боєприпасів напрям лазерного підсвічування цілі (напрямок на станцію підсвічування цілей) і напрям атаки цілі близькі [3].

З метою експериментальної оцінки можливості формування хибних цілей на підстилаючій поверхні при використанні дифракційно-відбивних покриттів була зібрана лабораторна установка, структурна схема якої представлена на рис. 3 та включає: 1 – лазер ЛГ-113, що працював на довжині хвилі 0,63 мкм, який використовувався як лазер підсвічування цілі; 2 – імітатор головки самонаведення боєприпасу з напівактивною лазерною системою наведення на основі 2-х площадкового фотодіода ФД 227М (лазерний координатор); 3 – осцилограф С1-55; 4 – зразок дифузно відбивної поверхні; 5 – зразок поверхні з плівковим дифракційно-відбивним покриттям; 6 – зразок підстилаючої поверхні.

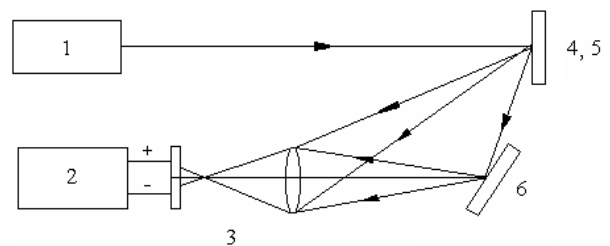


Рис. 3. Схема експериментальної установки

Як підстилаюча поверхня використовувався білий екран, розташований в горизонтальній площині на відстані 40 см від лазерного координатора. На екрані формувалася світлова пляма, обумовлена розповсюдженням максимуму діаграми зворотного розсіювання дифракційно-відбивного покриття у напрямі на підстилаючу поверхню.

При опроміненні лазером поверхні з дифракційно-відбивним покриттям лазерним координатором фіксувалося відбите від підстилаючої поверхні лазерне випромінювання. При заміні поверхні з покриттям на дифузно відбивну поверхню лазерний координатор не фіксував лазерне випромінювання, що відбивалося від підстилаючої поверхні, тобто не

відбувалося формування хибної цілі.

Пеленгаційні характеристики вимірювалися за допомогою осцилографа С1-55 по одній координаті і мали вигляд, представлений на рис. 4.

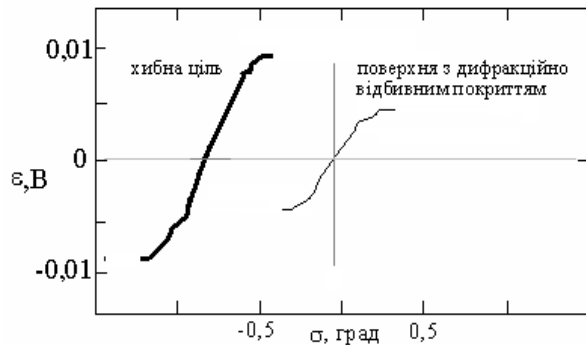


Рис. 4. Пеленгаційні характеристики

Характер пеленгаційних залежностей при роботі лазерного координатора як по дифузно відбивної підстилаючої поверхні (хибної цілі), так і по дифракційно-відбивній поверхні однаковий.

Пеленгаційна характеристика при роботі лазерного координатора по дифузно відбивній підстилаючої поверхні (хибної цілі) зміщена щодо пеленга від дифракційно-відбивної поверхні на величину кута, відповідного різниці кутів положень поверхні з покриттям і хибної цілі.

Максимальний рівень сигналу розузгодження складав 0,01 В при роботі по хибної цілі, 0,004 В — при роботі по поверхні з нанесеним покриттям. Значення кутової ширини пеленгаційної характеристики при наведенні імітаційної головки самонаведення на хибну ціль склало $\sim 0,9^\circ$, на поверхню з дифракційно-відбивним покриттям $\sim 0,8^\circ$.

Висновки

Отримані експериментальні результати підтверджують ефективність використання дифракційно-відбивних покриттів для формування хибних цілей (світлових плям). Це дозволяє розглядати такі покрит-

тя в новій якості: в цьому випадку дифракційно-відбивні покриття є пасивними і значно дешевшим аналогом існуючих станцій оптичних перешкод.

Список літератури

1. Алексеев А. Анализ боевого применения авиации США в ходе операции «Решительная сила» / А. Алексеев // Зарубежное военное обозрение. — 2001. — №1. — С. 20-26
2. Сокут С. В прицелах — Багдад / С. Сокут // Независимое военное обозрение. — 2001. — №7. — С. 2.
3. Состав, принцип действия, техническое обслуживание и боевое применение ракет класса «воздух-поверхность» X-25 и X-29Л с лазерными системами управления / под ред. И.Е. Казакова, В.М. Сидорина. — М.: Военно-воздушная инженерная академия им. Н.Е. Жуковского, 1985. — 202 с.
4. Справочные данные управляемых ракет «воздух — земля» // Зарубежное военное обозрение. — 2000. — №5. — С. 31-36.
5. Широкопад А.Б. История авиационного вооружения / А.Б. Широкопад. — Минск: Харвест, 1999. — 560 с.
6. Масалов С.А. Физические основы диапазонных технологий типа «Стелс» / С.А. Масалов, А.В. Рыжак, О.И. Сухаревский, В.М. Шкиль. — Санкт-Петербург: Военный инженерно-космический университет им. А.Ф. Можайского, 1999. — 163 с.
7. Мусьяков М.П. Проблемы ближней лазерной локации: учебн. пособ. для вузов / М.П. Мусьяков, И.Д. Миценко, Г.Г. Ванев. — М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2000. — 295 с.
8. Катунин А.Н. Применение дифракционно отражающих покрытий для защиты наземных целей от высокоточного оружия с полуактивным лазерным наведением / А.Н. Катунин // Системы обработки информации. — Х.: НАНУ, ПАНМ, ХВУ, 2002. — Вып. 6 (22). — С. 266-272.
9. Доля Г.Н. О возможности снижения заметности целей при защите от высокоточного оружия (ВТО) на основе использования дифракционно отражающих покрытий / Г.Н. Доля, А.Н. Катунин // Збірник наукових праць ХВУ. — Х: ХВУ, 2000. — Вып. 2 (28). — С. 75-81.
10. Шредер Г. Техническая оптика / Г. Шредер, Х. Трайбер. — М.: Техносфера, 2006. — 424 с.

Надійшла до редколегії 11.11.2009

Рецензент: д-р техн. наук, проф. О.М. Сотніков, Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДИФРАКЦИОННО ОТРАЖАЮЩИХ ПОКРЫТИЙ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ ЛОЖНОЙ ЦЕЛИ: РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТА

А.Н. Катунин

Рассмотрен способ противодействия полуактивным лазерным системам наведения управляемых боеприпасов на основе применения дифракционно отражательных покрытий. Приведены результаты экспериментального исследования относительно возможности формирования ложных целей на подстилающей поверхности, которые свидетельствуют о перспективности использования дифракционно отражательных покрытий для противодействия системам наведения.

Ключевые слова: дифракционно отражающие покрытия, полуактивная лазерная система, лазер, ложная цель.

APPLICATION OF DIFFRACTION REFLECTING COVERAGES FOR FORMING OF FALSE TARGET: RESULTS OF EXPERIMENT

A.N. Katunin

In the article considered method of counteraction to the semiactive laser systems of guided rockets on the basis of application diffraction reflecting coverages. The experimental results of research for possibility of forming false targets on a laying surface is rotined. Experimental results are confirmed by the perspective for application of diffraction reflecting coverages for counteraction to the guided systems.

Keywords: diffraction reflecting coverages, semiactive laser system, laser, false target.