

УДК 621.396.96

А.А. Звонко

Академія сухопутних військ імені гетьмана Петра Сагайдачного, Львів

МОЖЛИВОСТІ ЗНИЖЕННЯ РАДІОЛОКАЦІЙНОЇ ПОМІТНОСТІ ОБ'ЄКТІВ ТА ЗАСТОСУВАННЯ ЇХ ДО БОЙОВИХ ЧАСТИН РАКЕТ

Проведений аналіз існуючих способів зниження радіолокаційної помітності об'єктів. Вибраний та обґрунтований спосіб зниження радіолокаційної помітності бойових частин ракет.

Ключові слова: ефективна поверхня розсіювання цілі, радіопоглинаючі покриття, радіолокаційна помітність.

Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень і публікацій

Одним з важливих чинників гарантованого ураження повітряного об'єкта є його своєчасне виявлення, а також ідентифікація з достатньою достовірністю. Виявлення об'єкта здійснюється за рядом демаскуючих ознак, однією з яких є радіолокаційна помітність. Основною характеристикою, що визначає властивості техніки як об'єкта, що відбиває електромагнітні випромінювання, є ефективна поверхня розсіювання. Однак зробити кораблі, літаки, танки, та інші об'єкти радіо-непомітними дуже важко, можливо тільки знизити вірогідність їх виявлення шляхом використання в конструкції різного роду матеріалів, пристроїв та способів, що знижують ефективну площу розсіювання електромагнітної хвилі.

Даним способом приділяється велика увага у зв'язку з тим, що зниження ефективної площі розсіювання збільшує ефективність бойового застосування атакуючих та оборонних засобів.

Мета статті

Метою статті є проведення аналізу існуючих способів зниження радіолокаційної помітності об'єктів та можливості їх застосування до бойових частин ракет.

Виклад основного матеріалу

Зниження радіолокаційної помітності може здійснюватися наступними шляхами, що приведені в порядку убутання їхньої ефективності [1, 4]:

оптимізація конфігурації об'єкта, що полягає в конструюванні його форми з метою досягнення мінімальної величини ефективної відбиваючої поверхні;

використання радіопоглинаючих покриттів; керування параметрами вторинного (розсіяного) поля;

зменшення випромінювання компонентів об'єкта в радіодіапазоні.

1. Оптимізація конфігурації цілі

Забезпечення оптимальної конфігурації для зниження ефективної поверхні, що відбиває, означає, наскільки це можливо, виключення [5]:

великих плоских чи малої кривизни металевих поверхонь, двограних і триграних відбивачів;

гострих металевих ребер;

різких неоднорідностей поверхні;

наявності щілин, тому що при визначених кутах падіння ефективна відбиваюча поверхня щілин набагато перевищує ефективну відбиваючу поверхню плоскої поверхні.

Таким чином, можна розраховувати на зменшення ефективної відбиваючої поверхні, якщо замість гладких поверхонь (утворюючих дзеркальне відображення) використовувати неоднорідні поверхні, на яких відбувається дифузійне відображення.

2. Радіопоглинаючі покриття

Існує два види радіопоглинаючого покриття: поглинаюче й інтерференційне [5, 6].

Матеріал поглинаючого покриття вибирається за умов забезпечення повного поглинання ним падаючих хвиль і відсутності відображення останніх від границі розподілу середовищ.

В інтерференційному покритті матеріал і структура покриття вибираються так, щоб падаюча і відбита хвилі взаємно компенсували одна одну (рис. 1).

Використання спеціальних матеріалів і фарб також дозволяє зменшити ефективну відбиваючу поверхню. Найбільшою ефективністю володіють спеціально розроблені поглиначі радіохвиль, але їх застосування не завжди можливо, тому що вони часто мають велику товщину, відповідно і масу, та піддаються корозії. Однак є резонансні чи інтерференційні поглиначі, що мають меншу товщину, але вони вузькосмугові.

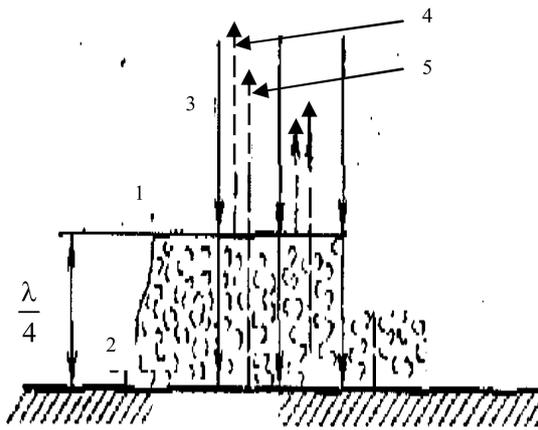


Рис. 1. Принцип дії інтерференційного покриття:
 1, 2 – верхня та нижня поверхні; 3 – падаюча хвиля;
 4 – відбита хвиля від верхньої поверхні;
 5 – відбита хвиля від нижньої поверхні

Рекомендується покривати поглиначами гострі ребра, двогранні і тригранні відбивачі і всі поверхні малої кривизни, перпендикулярні напрямку падаючої хвилі [4].

Також з метою збільшення площі «зіткнення» радіопоглинаючого покриття з падаючою електромагнітною хвилею на практиці широко поширені покриття з так званими геометричними неоднорідностями (рис. 2) [6]. Ці покриття характеризуються тим, що їхня структура є періодично повторюваною нерівністю у вигляді пірамід, чи конусів нерегулярних структур.

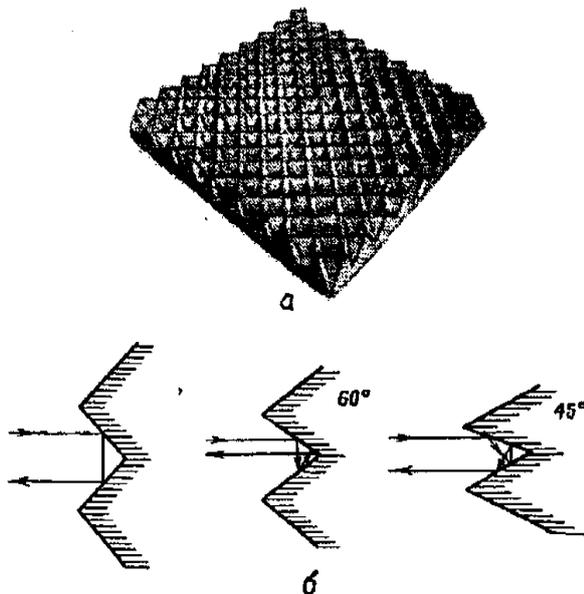


Рис. 2. Поглинаючий матеріал шипоподібної форми:
 а – зовнішній вигляд; б – розсіювання радіохвилі

Одним із загальних недоліків поглинаючого покриття усіх типів є відносно невисока його

діапазонність і велика вага. Також великим недоліком є вплив температури на його електричні властивості.

3. Метод керування параметрами вторинного (розсіяного) поля

Завданням керування є настільки змінити властивості об'єкта як перевипромінюючого джерела, щоб у потрібному напрямку одержати мінімум перевипроміненої енергії.

Одним зі способів керування є підключення комплексного навантаження до відбиваючого об'єкта. Цей спосіб дещо подібний до описаного вище способу зменшення ефективної відбиваючої поверхні за допомогою радіопоглинаючих покриттів. Однак принципова його відмінність полягає в тому, що для зміни властивостей відбиваючого об'єкта у розглянутому випадку використовується підключення комплексного навантаження до локальної області, розміри якої менші розмірів усього відбиваючого об'єкта. Область, яку навантажують, в окремому випадку може бути щілиною із зосередженим чи розподіленим навантаженнями.

На рис. 3 зображений об'єкт D з отвором зв'язку S, навантажений комплексним опором. Об'єкт опромінюється передавачем A, прийом перевипромінених радіохвиль здійснюється в точці B. Вторинне поле в точці прийому B може бути представлено як результат суперпозиції двох полів. Одне з них є полем ненавантаженого об'єкта, а друге – полем навантаженого отвору S. Слід зазначити, що через малу площу отвору S загальна конфігурація об'єкта може вважатися незмінною.

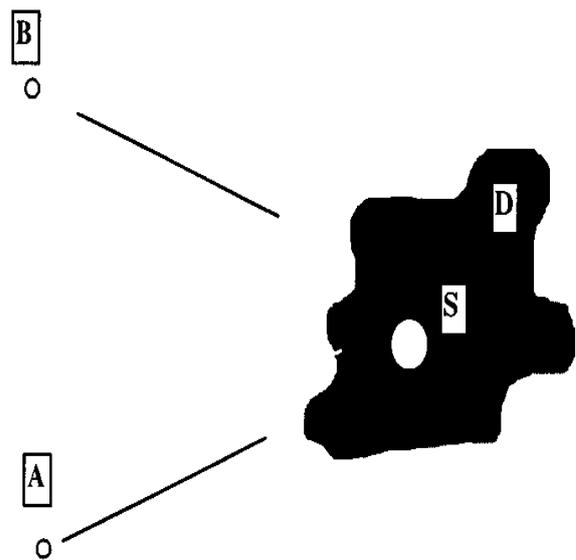


Рис. 3. Об'єкт D з отвором зв'язку S

Поле розсіювання отвору S визначається формою отвору і параметрами навантажувального імпедансу. Регулюванням цих параметрів можна змінювати розподіл амплітуди і фази перевипромінюваного щілиною поля і, як наслідок цього, досягати необхідного зниження результуючого поля в точці прийому.

Відносна зміна ефективної відбиваючої поверхні навантаженого об'єкта може бути оцінена формулою [3]:

$$\frac{\sigma_{\text{цн}}}{\sigma_{\text{цo}}} = (1 - \alpha^*)^2 \left| \frac{Z + \frac{Z_A}{1 - \alpha^*}}{Z + Z_A} \right|, \quad (1)$$

де $\sigma_{\text{цн}}$ – ефективна відбиваюча поверхня ненавантаженого об'єкта;

$\sigma_{\text{цo}}$ – ефективна відбиваюча поверхня навантаженого об'єкта;

Z_A – еквівалентний комплексний опір, створений передавачем без щілини;

Z – комплексний опір із щілиною;

α^* – функція взаємного місця розташування передавача, приймача і форми цілі, а також місця щілини на об'єкті.

Можливості застосування способів зменшення радіолокаційної помітності до бойових частин ракет

Вищеперераховані способи зниження радіолокаційної помітності були застосовані до моделі головної частини ракети, яка представляла собою ідеально провідний металевий конус з кутом при вершині 30° та радіусом основи 0.3 м.

Шляхом оптимізації конфігурації об'єктів можна досягти незначного зниження ефективної відбиваючої поверхні, тому що в даному випадку це досягається за рахунок зниження геометричних розмірів: радіуса основи і кута при вершині конуса, що не завжди можливо, а також за рахунок спрощення профілю бічної складової конуса і зменшення радіуса заокруглення нижньої крайки і вершини конуса.

Помітне зниження ефективної відбиваючої поверхні спостерігається тільки при осьовому опроміненні з боку вершини конуса, що видно з формули [7]

$$\sigma^k = \pi a^2 \operatorname{tg}^2 \frac{\alpha}{2} n \rho \mu a \gg \lambda, \quad (2)$$

де a – радіус основи конуса;

α – кут при вершині;

λ – довжина хвилі опромінення.

Використання методу керування параметрами вторинного поля неможливе через його вузькосмуговість і необхідність використання комбінацій щілин для розширення діапазону, а також необхідності розміщувати на об'єкті щілини та отвори, що суттєво погіршують аеродинамічні властивості об'єктів. Цей метод також не дає бажаних результатів унаслідок великої амплітуди коливань і тангажа головної частини при вільному падінні по балістичній траєкторії, що суттєво при даному методі, так як діапазон кутів падіння хвилі у цьому випадку значно розширюється.

Застосування радіопоглинаючих покриттів у випадку зниження радіолокаційної помітності головних частин ракет найбільш виправдано з декількох причин. Це, по-перше, достатня ефективність поглинання електромагнітної енергії у великому діапазоні кутів і порівняно великому діапазоні частот (існуючі радіопоглинаючі покриття забезпечують коефіцієнт поглинання від 4 до 36 дБ у залежності від товщини покриття, матеріалу, з якого воно виготовлено, і діапазону частот, у якому відбувається поглинання електромагнітної енергії). По-друге, можливість створення радіопоглинаючого покриття порівняно невеликої маси, тонкого і теплостійкого, при збереженні конфігурації об'єкта і незначному збільшенні його маси. По-третє, порівняльна широкосмуговість методу, тобто можливість поглинання енергії у великому діапазоні частот. По-четверте, універсальність методики, тобто можливість застосування розробленого радіопоглинаючого покриття на інших об'єктах зовсім іншої конфігурації. По-п'яте, достатня технологічність, порівняльна дешевизна і можливість застосування даної методики на об'єкті цього типу.

Висновки

Аналізуючи шляхи зниження радіолокаційної помітності та можливості щодо використання їх для військових об'єктів, можна зробити висновок, що на даний час найбільш перспективним та ефективним способом зниження радіолокаційної помітності для бойових частин багатофункціонального ракетного комплексу є використання радіопоглинаючих покриттів.

Список літератури

1. Швайхер Э. Радиолокационная скрытность. Поглотители радиоволн. Обзорная работа. – ЦООНТИ/ВНО, 1992. – 96 с.

2. Теоретические основы радиолокации. [Под ред. Я.Д. Ширмана]. – Учебное пособие для ВУЗов. – М.: Советское радио, 1970. – 560 с.

3. Палий А.И. Радиоэлектронная борьба. 2-е изд. – М.: Воениздат, 1989. – 350 с.

4. Вакин С.А Основы радиопротиводействия и радиотехнической разведки / С.А. Вакин, Л.Н. Шустов. – М.: Советское радио, 1968. – 48 с.

5. Беляев Ю.Л. Радиопоглощающие материалы и технологии «Стеллс» / Ю.Л. Беляев // Зарубежное военное обозрение. – 1993. – № 4. – С.45-47.

6. Гончаренко Э.А. Снижение радиолокационной заметности военной техники и объектов / Э.А. Гончаренко // Вологодские чтения. – 2002. – № 16. – С. 8-11.

7. Кобак В.О. Радиолокационные отражатели / В.О. Кобак. – М.: Советское радио, 1975. – 248 с.

Рецензент: А.М. Зубков, д.т.н., с.н.с., Академія сухопутних військ, Львів.

ВОЗМОЖНОСТИ СНИЖЕНИЯ РАДИОЛОКАЦИОННОЙ ЗАМЕТНОСТИ ОБЪЕКТОВ И ПРИМЕНЕНИЕ ИХ К БОЕВЫМ ЧАСТЯМ РАКЕТ

А.А. Звонко

Проведен анализ существующих способов снижения радиолокационной видимости объектов. Избран и обоснован способ снижения радиолокационной видимости боевых частей ракет.

Ключевые слова: эффективная поверхность рассеивания цели, радиолокационная видимость.

METHODS OF OBJECTS' RADAR-LOCATION SIGNATURE DECREASE AND THEIR EMPLOYMENT IN MISSILE WARHEADS

A. Zvonko

Analysis of existent methods of decrease of objects' line of sight has been conducted. Means of decrease of radar line of sight of missile warheads have been chosen and grounded.

Keywords: effective surface of target dispersion, electromagnetic wave absorbing coating, radar line of sight.