

УДК 537.876.4

Р.Г. Сидоренко, Г.В. Акулінін, О.О. Скопінцев

*Харківський національний університет Повітряних Сил ім. Івана Кожедуба, Харків*

## ПАСИВНІ ЗАСОБИ РАДІОЕЛЕКТРОННОГО ЗАХИСТУ ОБ'ЄКТІВ ВІД ВПЛИВУ СУЧАСНИХ ТА ПЕРСПЕКТИВНИХ ЗАСОБІВ УРАЖЕННЯ

Наведено перспективні пасивні засоби радіоелектронного захисту для зниження помітності об'єктів в усіх діапазонах довжин хвиль роботи сучасних та перспективних засобів ураження. Проведені чисельні оцінки радіоелектронного захисту об'єктів військового призначення на основі використання радіопоглинаючих покриттів. Вони показують принципову можливість забезпечення необхідних значень відбивних властивостей об'єктів захисту на робочих частотах сучасних та перспективних засобів ураження.

**Ключові слова:** пасивні засоби радіоелектронного захисту, радіопоглинаюче покриття, сучасні та перспективні засоби ураження.

### Вступ

В бойових діях сучасних воєнних конфліктів спостерігається широке застосування високоточної зброї (ВТЗ), яка значно загострила проблему забезпечення живучості озброєння та військової техніки (ОВТ) і об'єктів військового призначення. Сучасні засоби ВТЗ дозволяють здійснювати ураження ОВТ та об'єктів військового призначення на значному видаленні від лінії зіткнення конфліктуючих сторін. Це досягається використанням систем самонаведення з датчиками різноманітної фізичної природи, високою роздільною здатністю, високою скритністю через пасивне наведення на ціль, незалежністю функціонування від характеру оперативного-тактичної обстановки та погодно-кліматичних умов.

Також світовий досвід розробок та застосування електромагнітної зброї (ЕМЗ) свідчить про інтенсивний розвиток цього напрямку. На цей час вже реалізовані зразки ЕМЗ радіо та оптичного діапазонів довжин хвиль, призначених для вирішення завдань військового характеру, поліцейських функцій, спеціальних дій та миротворчої діяльності. Але основна кількість зразків ЕМЗ розробляється для потреб збройних сил.

**Постановка проблеми.** В сучасних концепціях ведення бойових дій звичайними засобами, первинна роль в досягненні загального успіху відводиться одночасному ураженню найважливішого ОВТ та об'єктів військового призначення противника практично на всю глибину його оперативної побудови за допомогою ВТЗ, яка дозволяє реалізувати ряд основних принципів: "розвідав – вистрілив", "вистрілив – забув", "вистрілив – уразив", "одна ціль – один постріл". Технічна реалізація цих принципів передбачає використання функціонуючих в реальному масштабі часу, інтегрованих в єдиний комплекс, засобів розвідки, управління та наведення зброї.

Кім того, в останні десятиліття в провідних країнах світу поширились роботи зі створення елек-

тромагнітної зброї, яка дасть цілком закономірну перевагу в майбутніх війнах та збройних конфліктах. Ця перевага буде досягтися за рахунок впливу електромагнітного поля на радіоелектронні засоби та електронні пристрої різноманітних систем (радіолокаційних, навігаційних, оптико-електронних, обчислювальних тощо) військового та загального призначення, які забезпечують функціонування збройних сил в інформаційному просторі.

Тому для забезпечення живучості ОВТ та об'єктів військового призначення, в умовах застосування по ним ВТЗ та ЕМЗ, а також зниження ефективності їх застосування, потрібно застосовувати спеціальні системи та засоби радіоелектронного захисту, які включають організаційні заходи щодо комплексного використання всіх засобів активної боротьби і пасивного захисту, створення системи розвідки з єдиним інформаційним полем та засобів своєчасного сповіщення військ і об'єктів про загрозу ударів.

**Аналіз останніх досягнень та публікацій.** Питанням забезпечення радіоелектронного захисту від керованих засобів ураження в останній час приділяється багато уваги.

В роботах [1–5] розглянуті основні напрямки створення систем та засобів радіоелектронного захисту для підвищення живучості об'єктів військового призначення, в умовах застосування по ним сучасних та перспективних засобів ураження, а також зниження ефективності їх застосування.

На відміну від раніше розглянутих, пропонується використовувати пасивні засоби радіоелектронного захисту на основі радіопоглинаючих покриттів (РПП) і радіопоглинаючих матеріалів (РПМ).

**Метою статті** є оцінка застосування пасивних засобів радіоелектронного захисту об'єктів від впливу сучасних та перспективних засобів ураження.

### Основний матеріал

**Перспективні пасивні засоби радіоелектронного захисту.** Основним завданням пасивних засобів

радіоелектронного захисту об'єктів є зниження їх помітності [6]. Основні заходи щодо зниження помітності об'єктів необхідно здійснювати в наступних діапазонах довжин хвиль:

- оптико-візуальному (видимому): 0,3–0,8 мкм;
- інфрачервоному (ІЧ): 3-5 і 8–14 мкм;
- лазерному: 1,06 і 10,6 мкм;
- радіолокаційному: 0,3–4,5 см.

При цьому в якості показників помітності (демаскуючих ознак) об'єктів в приведених вище діапазонах довжин хвиль доцільно прийняти:

- в оптико-візуальному (видимому) діапазоні – контрастний образ об'єкту, спотворення характеристик фону (тіні які створюються об'єктом), спотворення характеристик фону за рахунок руху об'єкту;

- в ІЧ-діапазоні – середню по поверхні різницю радіаційних температур об'єкту і фону;

- в лазерному діапазоні – питомі ефективні поверхні розсіювання (ЕПР) об'єктів;

- в радіолокаційному діапазоні – середнє значення ЕПР і сукупність значень ЕПР в різних секторах спостереження відповідно до структури діаграми зворотного розсіювання об'єкту спостереження (оглядовий режим), радіолокаційний портрет об'єкту (режим детальної розвідки).

Для зниження помітності об'єктів в оптико-візуальному діапазоні довжин хвиль основні зусилля слід направляти на зменшення контрасту яскравості між об'єктом і фоном. Тому найбільш поширеним способом зниження помітності об'єктів є їх фарбування, причому максимальний ефект дає трьох та чотирибарвне деформуюче фарбування.

До високоефективних засобів зниження помітності в оптико-візуальному діапазоні можна віднести також різного роду штучні елементи, що деформують контури об'єктів: фальшборти, протитінюві екрани, зрізану рослинність, маскуючі сітки (як правило, радіопоглинаючі).

Захист об'єктів від керованих засобів ураження з оптичними засобами наведення забезпечується шляхом постановки аерозольних перешкод та використання дипольних відбивачів.

Проведений аналіз показав, що використання перерахованих способів і засобів зниження помітності може істотно зменшити дальність виявлення об'єктів типовими оптико-візуальними системами розвідки і управління зброї. При цьому середній час виявлення збільшиться більш ніж в півтора рази (до 35-45 с) [6].

Основним напрямом подальшого розвитку систем і засобів зниження помітності в оптичному діапазоні довжин хвиль, має бути створення та використання покриттів з керованими оптичними характеристиками, що "працюють" у всіх діапазонах електромагнітного спектру.

Для зниження помітності об'єктів в ІЧ діапазоні довжин хвиль основні зусилля зосереджуються голо-

вним чином на зниженні контрастних радіаційних температур поверхні об'єкту і вирівнюванні їх з температурою фону. Для цього використовуються такі засоби зниження помітності:

- "подвійний дах" над моторним відділенням ОБТ;
- фальшборт з резінокорда над елементами ходової частини, що нагріваються;
- легко змиваємі піни з різними присадками, які швидко наносяться;
- швидкознімні теплоізолюючі матеріали та екрани і так далі.

Для зниження помітності об'єктів в радіолокаційному діапазоні довжин хвиль основні зусилля в першу чергу мають бути направлені на зменшення середнього значення ефективної поверхні розсіювання зазначених об'єктів. Тому одним з головних способів зниження їх помітності є використання РПП і РПМ.

Крім того, використання РПП і РПМ дозволяє захистити радіоелектронні засоби та електронні пристрої об'єктів від потужного електромагнітного випромінювання ЕМЗ [7].

**Оцінка зниження помітності об'єктів на основі використання РПП.** На теперішній час оцінка зниження помітності об'єктів від сучасних та перспективних засобів ураження, як правило, починається з математичного моделювання розсіяння електромагнітного випромінювання на об'єкті, що захищається [8–10]. Такий підхід дає можливість отримати попередні оцінки досяжного результату і оптимізувати процеси відбиття, поглинання і розсіювання РПП і РПМ [11].

Математичне моделювання розсіювання плоскої електромагнітної хвилі було проведене на моделі танка та крилатої ракети (КР), що наведені на рис. 1–2. Поверхня моделі, як і в роботі [12], апроксимована за допомогою 114 трьохвісних еліпсоїдів і 68 кромок (ділянок прямих ліній і плоских кривих другого порядку).

При моделюванні використано два види РПП:

- одношарове покриття без іонізації прилеглого повітряного середовища з наступними параметрами: товщина – 1 мм, діелектрична і магнітна проникність –  $\epsilon = 12,8 + j12$ ,  $\mu = 1 + j0$ ;

- двошарове покриття з додатковою іонізацією прилеглого до покриття повітряного середовища з параметрами  $\epsilon = 1 + j0,5$ ,  $\mu = 1 + j0$ . Параметри напівпровідникового шару покриття відповідають параметрам одношарового покриття без іонізації прилеглого повітряного середовища.

В якості підстилаючої поверхні використовувався чорнозем з діелектричною проникністю  $\epsilon = 7 + j0,1$ . Розрахунок ефективної поверхні розсіювання проводився в діапазоні азимутних кутів від 0 до 180° з кроком в 1°. Частота зондуючого сигналу в 37,5 ГГц. Поляризація зондуючого сигналу – вертикальна. При зондуванні в плоскості землі кут місця вибирався рівним 0,5.

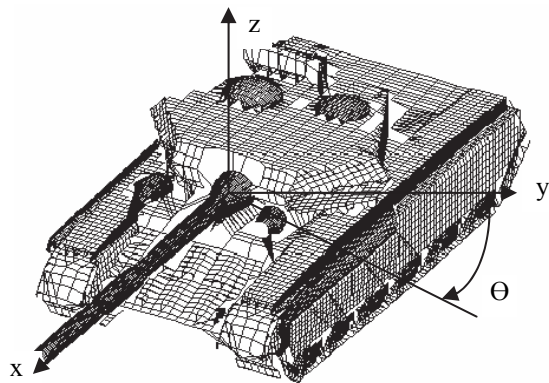


Рис. 1. Модель танка

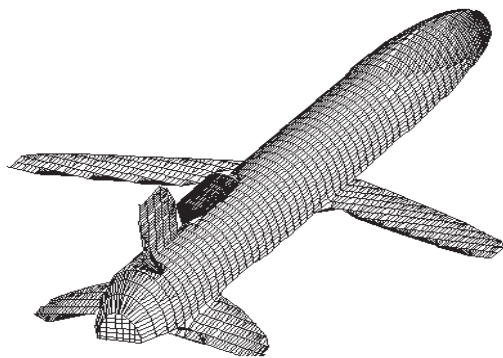


Рис. 2. Модель крилатої ракети

Результати розрахунку залежності ефективної поверхні розсіювання танка з одношаровим РПП для вибраної підстилаючої поверхні на частоті 37,5 ГГц при куті місця  $0,5^\circ$  показані на рис. 3.

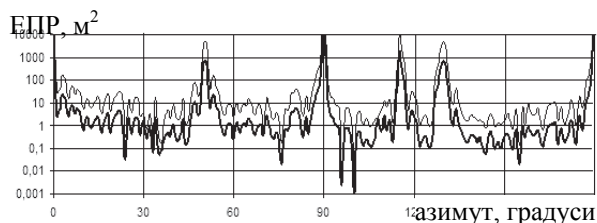


Рис. 3. ЕПР танка з одношаровим РПП на частоті 37,5 ГГц при куті місці  $0,5^\circ$

Аналогічні результати розрахунків ефективної поверхні розсіювання танка при використанні двошарового РПП з додатковою іонізацією прилеглої до нього повітряного середовища показані на рис. 4.

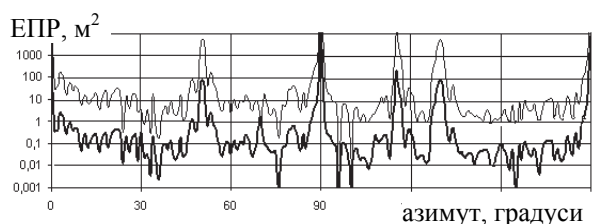


Рис. 4. ЕПР танка з двошаровим РПП на частоті 37,5 ГГц при куті місці  $0,5^\circ$

На графіках (рис. 3–4) жирними лініями показані ЕПР танка з РПП. Тонким лініям відповідають ЕПР ідеально провідної моделі танка.

Результати розрахунку залежності ефективної поверхні розсіювання КР з одношаровим РПП для вибраної підстилаючої поверхні на частоті 37,5 ГГц при куті місця  $70^\circ$  показані на рис. 5.

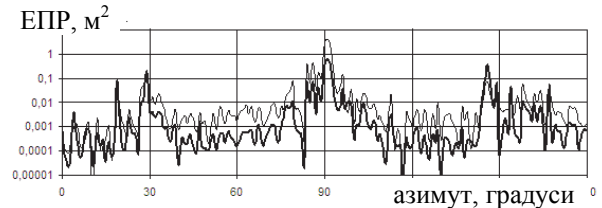


Рис. 5. ЕПР КР з одношаровим РПП на частоті 37,5 ГГц при куті місці  $70^\circ$

Аналогічні результати розрахунків ЕПР КР при використанні двошарового покриття з додатковою іонізацією прилеглої до нього повітряного середовища показані на рис. 6.

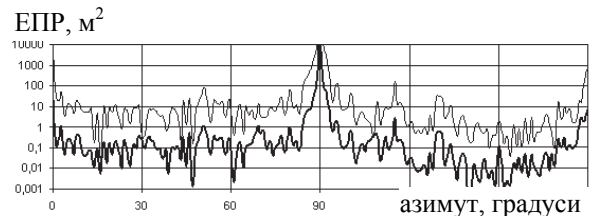


Рис. 6. ЕПР КР з двошаровим РПП на частоті 37,5 ГГц при куті місці  $70^\circ$

На графіках (рис. 5–6) жирними лініями показані ЕПР КР з РПП. Тонким лініям відповідають ЕПР ідеально провідної моделі КР.

## Висновки

Аналіз отриманих результатів розрахунку ЕПР танку показує, що:

- використання одношарового РПП в широкому діапазоні зміни кутів зондування дозволяє понизити ЕПР танка практично на два порядки при товщині покриття в 1 мм;
- двошарове РПП дозволяє забезпечити зниження ЕПР танка до значень не вище  $0,19 \text{ м}^2$ .

Результати розрахунків ЕПР КР з одношаровим і двошаровим покриттям та без них дозволяють зробити наступні висновки:

- використання одношарового РПП дозволяє практично на порядок понизити ЕПР КР. Яскраво виражені піки на графіках відповідають відбитті від прямолінійних кромки крил. Використання РПП на гладкій поверхні КР призводить до зниження ЕПР до двох порядків. При відбитті від кромки крил зниження ЕПР також лежить в межах одного-двох порядків;
- використання двошарового покриття забезпечує більше в порівнянні з одношаровою структурою покриття зниження ЕПР крилатої ракети, при цьому в

діапазоні робочих частот сучасних та перспективних засобів ураження спостерігається зниження ЕПР на два і більше порядки.

Таким чином, виконані чисельні оцінки зниження помітності об'єктів на основі застосування РПП, показують принципову можливість забезпечення необхідних значень їх відбивних властивостей на робочих частотах керованої зброї та їх використання в якості пасивних засобів радіоелектронного захисту від впливу сучасних і перспективних засобів ураження.

## Список літератури

1. Особенности боевого применения высокоточных средств поражения и способы повышения эффективности борьбы с ними / И.П. Кибалко; под общ. ред. Ю.Н. Черног. – Минск: 1034 ЦВВиИ, 2008. – 102 с.
2. Рикетс Л.У. Электромагнитный импульс и методы защиты / Л.У. Рикетс, Дж.Э. Бриджес, Дж. Майлетта; пер. с англ. / под ред. Н.А. Ухина. – М.: Атомиздат, 1979. – 327 с.
3. Александров В. ВТО: роль и место в вооруженных конфликтах. Основные тенденции развития / В. Александров, А. Рахманов // Военный парад. – 2003. – январь, февраль. – С. 16-18.
4. Военный энциклопедический словарь. – Редкол.: А.П. Горкин, В.А. Золотарев и др. – М.: Большая Российская энциклопедия, «РИПОЛ КЛАССИК», 2002. – 1664 с.
5. Зброя на нетрадиційних принципах дії (стан, тенденції, принципи дії та захист від неї): моногр. / О.П. Ковтуненко, В.В. Богучарський, В.І. Слюсар, П.М. Федоров. – Полтава: ПВІЗ, 2006. – 247 с.
6. Высокоточное оружие, Электронный справочник, Военная академия Республики Беларусь.
7. Патент на корисну модель. Пристрій пасивного захисту об'єктів від потужного ЕМІ / О.М. Сотніков, Р.Г. Сидоренко, В.А. Лупандін № 81423 Україна, МПК H01Q 17/00. № u201301453, опубл. 25.06.2013, бюл. № 12.
8. Львова Л.А. Радиолокационная заметность летательных аппаратов: моногр. / Л.А. Львова. – Снежинск: Изд-во РФЯЦ-ВНИИТФ, 2003. – 232 с.
9. Быстров Р.П. Методы и техника противодействия радиолокационному распознаванию объектов / Р.П. Быстров, А.Б. Борзов, А.В. Соколов. – [Электрон. ресурс]. – Режим доступа: <http://www.cplire.ru/joined/win/lection1/sokolov@mail.cplire.ru>.
10. Физические основы диапазонных технологий типа «Стелс» / С.А. Масалов, А.В. Рыжак, О.И. Сухаревский, В.М. Шкиль. – СПб.: ВИКУ им. А.Ф. Можайского, 1999. – 250 с.
11. Сотников А.М. Оценка отражающих свойств наземных и воздушных объектов с пассивной защитой на основе композитных радиоизотопных покрытий / А.М. Сотников, Р.Г. Сидоренко // Системы управління, навігації та зв'язку – К., 2009. – Вып. 1(9). – С. 70-74.
12. Метод расчета ЭПР наземного объекта с неидеально отражающей поверхностью / О.И. Сухаревский, В.А. Василец, А.З. Сазонов, К.И. Ткачук // Рассеяние электромагнитных волн: Межведомственный темат. научн. сб. – Таганрог, 2003. – Вып. 12. – С. 9-15.

Надійшла до редколегії 6.01.2017

**Рецензент:** д-р техн. наук проф. О.М. Сотніков, Харківський національний університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, Харків.

## ПАССИВНЫЕ СРЕДСТВА РАДИОЭЛЕКТРОННОЙ ЗАЩИТЫ ОБЪЕКТОВ ОТ ВОЗДЕЙСТВИЯ СОВРЕМЕННЫХ И ПЕРСПЕКТИВНЫХ СРЕДСТВ ПОРАЖЕНИЯ

Р.Г. Сидоренко, Г.В. Акулинин, О.А. Скопинцев

Приведены перспективные пассивные средства радиоэлектронной защиты для снижения заметности объектов во всех диапазонах длин волн работы современных и перспективных средств поражения. Проведены численные оценки радиоэлектронной защиты объектов военного назначения на основе использования радиопоглощающих покрытий. Они показывают принципиальную возможность обеспечения необходимых значений, отражающих свойства объектов защиты на рабочих частотах современных и перспективных средств поражения.

**Ключевые слова:** пассивные средства радиоэлектронной защиты, радиопоглощающие покрытия, современные и перспективные средства поражения.

## PASSIVE FACILITIES OF RADIO ELECTRONIC DEFENSE OF OBJECTS FROM INFLUENCE MODERN AND PERSPECTIVE DECIMATORS

R.G. Sydorenko, G.V. Akulinin, O.A. Skopintsev

Perspective passive facilities of radio electronic defence are resulted for the decline of noticeableness objects in all ranges lengths waves work of modern and perspective decimators. The numeral estimations radio-electronic defence of objects military-oriented are conducted on the basis the use radio is suctive coverage's. It show of providing necessary principle possibility values reflecting properties of objects defence on modern and perspective decimators workings frequencies.

**Keywords:** passive facilities of radio electronic defence, radio is suctive coverage's, modern and perspective decimators.