

УДК 621.396

<sup>1</sup>Леонід Михайлович Артюшин (д-р техн. наук, професор)<sup>2</sup>Тимур Ленурович Куртсеитов (д-р техн. наук)<sup>2</sup>Володимир Іванович Мірненко (д-р техн. наук, професор)<sup>3</sup>Ольга Леонідівна Сидорчук (канд. техн. наук)<sup>1</sup>Державний науково-дослідний інститут авіації, Київ, Україна<sup>2</sup>Національний університет оборони України імені Івана Черняхівського, Київ, Україна<sup>3</sup>Житомирський військовий інститут імені С.П. Корольова, Житомир, Україна

## МОЖЛИВОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ ПРОТИРАДІОЛОКАЦІЙНИХ ПОКРИТТІВ У АНТЕННИХ СИСТЕМАХ ЗАСОБІВ ОЗБРОЄННЯ ТА ВІЙСЬКОВОЇ ТЕХНІКИ З МЕТОЮ ЗМЕНШЕННЯ ЇХ РАДІОЛОКАЦІЙНОЇ ПОМІТНОСТІ

Наведено результати аналізу досліджень про можливість застосування протирадіолокаційних покриттів для зниження радіолокаційної помітності антенних систем засобів озброєння і військової техніки. Розглянуто відомі підходи зниження радіолокаційної помітності озброєння і військової техніки, методи і способи застосування протирадіолокаційних покриттів, що використовуються для зниження радіолокаційної помітності антенних систем озброєння і військової техніки. Доведено, що для реалізації пропонованих способів зниження радіолокаційної помітності проєктованих антенних систем, необхідно здійснювати оптимальний підбір габаритних розмірів антен і матеріалів для їх виготовлення на їхню абсолютним діелектричним і магнітної проникності, а також амплітудно-частотних характеристиках. Показані приклади конструктивних рішень впровадження радіопоглинаючих матеріалів і їх інтерференційних властивостей в нових конструкціях рупорних опромінювачів дзеркальних антенних систем, що дозволило знизити їх радіолокаційну помітність.

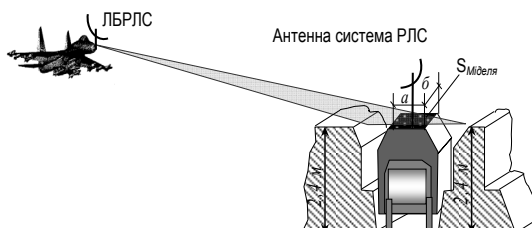
**Ключові слова:** радіолокаційна помітність; рупорний опромінювач; антена система; протирадіолокаційні покриття; зниження ефективної поверхні розсіювання

### Вступ

**Постановка проблеми.** Одним з основних напрямків розвитку сучасних засобів озброєння і військової техніки (ОВТ) є створення літаків, безпілотних літальних апаратів, зразків наземної (бронетанкової) військової техніки та кораблів з малою радіолокаційною помітністю, що оцінюється значенням їх ефективної поверхні розсіювання (ЕПР). Проте більшість сучасних об'єктів ОВТ оснащено значною кількістю антенних систем і, за ствердженням багатьох джерел, саме антени виступають основним джерелом високих рівнів їх ЕПР [1–5].

Спроби вирішення проблеми створення техніки і об'єктів, що є малопомітними для радіоелектронних засобів (РЕЗ) проводились з часів початку розвитку радіорозвідки. У зв'язку з цим з'явилося поняття – радіоелектронний захист, що передбачає комплекс технічних рішень, направлених на зниження радіорозвідки противника [3–5]. У свою чергу, радіоелектронний захист проводиться шляхом тактичного маскуванню дій військових частин (підрозділів) для забезпечення їх прихованості та досягається застосуванням табельних засобів маскуванню і місцевих матеріалів, розсіювальних (поглинаючих) покриттів, матеріалів (конструкцій), видозмінюванням озброєння і військової техніки [3,4].

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Радіоелектронний захист наземних рухомих РЕЗ в умовах розгортання згідно з інструкцією, наведено на рис. 1. У ході антитерористичної операції він проводиться шляхом пасивного захисту радіолокаційної станції (РЛС), як приклад – капонуванням (окопуванням) у рівень з висотою машини до 2,4 м з однією або двома апарелями. Таким чином, для зондуєчої літакової бортової радіолокаційної станції (ЛБРЛС) ЕПР кунга або причепа буде дорівнювати площі Міделя ( $S_{\text{Міделя}}$ ) його верхньої частини. Наприклад для Урала 375-Д вона буде досить малою і не інформативною з точки зору радіолокаційного портрету станції. У такому випадку саме за відбитою потужністю практично лише від антенної системи буде визначатися ймовірність виявлення всієї наземної РЛС зондуєчою ЛБРЛС противника.

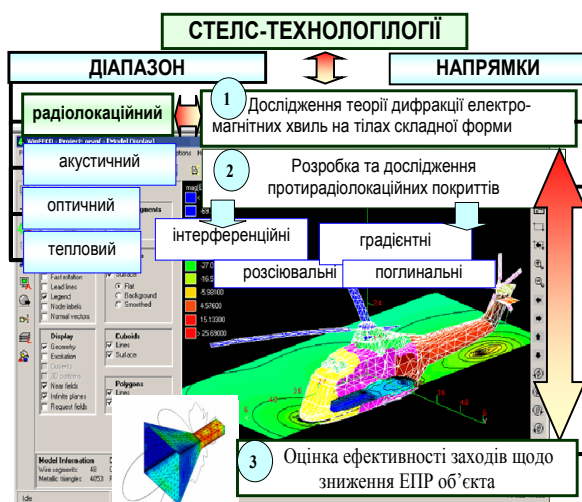


**Рис. 1.** Приклад радіоелектронного захисту РЛС на базі Урала-375-Д капонуванням у рівень з висотою машини до 2,4 м з двома апарелями.

Рівень зменшення помітності засобу ОВТ передбачає зменшення потужності відбитого сигналу (Дб) та нормується до еталону у м<sup>2</sup>. Такі дослідження належать до Стелс-технологій (Stealth technology) та проводяться у радіолокаційному, інфрачервоному та інших областях спектра виявлення (рис. 2) шляхом системного підходу функціонально-структурного проектування із застосування спеціально розроблених геометричних форм, радіопоглинаючих матеріалів і покриттів тощо та оптимізації розсіювання від усієї системи [4,6]. Це дозволяє зменшити силу відбитого сигналу у бік джерела випромінювання і за рахунок цього лишатися непоміченим. Однак суттєвого результату у зниженні радіовидимості можна досягти лише у випадку різкого зниження ЕПР. Так зменшення ЕПР об'єкта ОВТ у 16 разів скорочує дальність його радіолокаційного виявлення лише у 2 рази [5].

Напрямки функціонально-структурного проектування складних технічних систем засобів ОВТ за технологією “Стелс” на основі системного підходу наведено на рис. 2. Вони включають:

- теорію дифракції електромагнітних хвиль на тілах складної форми;
- дослідження протирадіолокаційних покриттів;
- оцінку ефективності заходів, щодо зниження ЕПР об'єкта ОВТ, у тому числі до складу якого входять антенні системи.



**Рис. 2. Напрямки функціонально-структурного проектування технічних систем засобів ОВТ за технологією “Стелс”**

Дослідження за технологією “Стелс”, що передбачають застосування протирадіолокаційних покриттів, технології їх нанесення, оцінка ефективності заходів, щодо зниження ЕПР об'єкта з такими покриттями було розпочато для зменшення ЕПР повітряних засобів. Однак, останніми роками, такі технології поширено практично на всі об'єкти ОВТ [3]. У [4] надано наступне формулювання. Протирадіолокаційними покриттями називаються матеріали, призначені для нанесення на об'єкти з ціллю суттєвого зниження їх ЕПР або викривлення характеристик

відбитого поля. За видами вони бувають: інтерференційні, поглинаючі, невідбиваючі структури та комбіновані.

У іншому джерелі [5] під протирадіолокаційними покриттями розуміють неметалеві матеріали, що забезпечують при взаємодії з електромагнітними хвилями поглинання, розсіювання і інтерференцію енергії. За принципом дії їх розділяють на градієнтні і інтерференційні.

Градієнтними [5] широкодіапазонними поглинаючими матеріалами покривають малорухомі або нерухомі об'єкти і споруди (кораблі, мости). Транспортні засоби ОВТ, що розгорнуті на місцях для виконання завдань (кунги, причепи) можуть покриватися градієнтними матеріалами із пористого каучуку, що змішаний з вугільним пилом, або пінополістиролу, вкритого вугільною плівкою для зменшення їх ЕПР. В результаті твердості такого покриття інтенсивність відбиття мало залежить від кута падіння радіохвиль, тому коефіцієнт їх відбиття не перевищує одного відсотку потужності [5].

Інтерференційні покриття [5] за принципом дії пов'язані із довжиною хвилі, що падає і тому ефективні лише в обмеженому діапазоні радіохвиль. Такі покриття можуть складатися з електропровідної плівки, що прошарками накладання падаючої плоскої хвилі на прошарок плівки та відбиття від діелектрика виникають стоячі хвилі, які блокують перевипромінювання. Зазвичай покриття роблять багатопшаровими і концентрацію радіопоглинаючого матеріалу збільшують від одного шару до іншого. Таким чином робочий діапазон покриття збільшується у 3-4 рази за нормальної поляризації падаючої хвилі, а відбита енергія має послаблення у декілька десятків разів. За інших напрямків інтенсивність відбиття різко падає [5]. До інтерференційних належать: пластмасові покриття, що складаються з фазового зсувного прошарку з поглинаючого і розсіюючого слоїв; металеві сітки, що розміщені на відстані чверті хвилі ( $\lambda/4$ ) від об'єкта; діелектричні матеріали, нанесені на металеву поверхню та ін. [5].

Загальним недоліком, що обмежує застосування практично усіх протирадіолокаційних покриттів для маскування техніки і об'єктів є мала діапазонність і значна маса. Тому їх наносять на ті частини об'єктів і засобів ОВТ, що найбільш відбивають електромагнітну енергію. Такі місця називають блискучими точками. До них належать стики, різкі переходи, що діють як кутові відбивачі, гострі кромки та інше [5].

Найбільш суттєвою блискучою точкою на військових радіотехнічних об'єктах зазвичай є їх антенна система. Наприклад внесок антенної системи станції П-18 за деяких ракурсів спостереження може складати до 98% від

загальної ЕПР об'єкта. До того ж саме технічні характеристики антенної системи визначають дальність дії радіотехнічних засобів і за принципом оберненості відповідають і за дальність її виявлення радіорозвідкою противника. Таким чином найбільш демаскуючим елементом, особливо в умовах зниження радіолокаційної помітності радіотехнічного зразка ОВТ, є саме його антенна система [6-12].

Відомі підходи до зменшення радіолокаційної помітності зразків ОВТ за рахунок видозмінювання їх форми, повного покриття радіопоглинаючим матеріалом тощо є непридатними для зниження ЕПР їх антенних систем [4,5,7-11]. Складність полягає у неможливості уникнути перевипромінювання, оскільки за своєю специфікою будь яка антена розсіює не менше половини падаючої на неї енергії [1,2,6]. Також відомо, що якщо в антенну систему поступає деяка потужність, то це може мати місце лише за наявності розсіювання. Розсіяна антеною потужність перевищує прийняту, або дорівнює їй [1,2,7,9]. Тому найчастіше у багатьох джерелах припускалось, що застосування протирадіолокаційних покриттів для об'єктів є непридатним для зменшення ЕПР їх антенних систем [4,7,8].

Аналіз досліджень можливості практичної реалізації застосування протирадіолокаційних покриттів для нових антенних систем показує наступне. Заходи із застосуванням радіопоглинаючих матеріалів для зниження радіолокаційної помітності антен у багатьох випадках утруднені, оскільки такі матеріали, нанесені на антену, поряд із поглинанням електромагнітного випромінювання РЛС розвідки порушують нормальне функціонування антени у робочому діапазоні хвиль. Тому перспективні способи і засоби зменшення ЕПР умовно поділено на три групи [4,8,11].

Перша група ґрунтується на екрануванні антен частотно-поляризаційно-селективними структурами з незмінними у часі параметрами або нанесенні таких структур на робочі ділянки антен, наприклад на дзеркало антенної системи. Такі структури прозорі або відбивають як метал на робочих частотах або поляризаціях антени та непрозорі, або сильно поглинають на всіх інших частотах або поляризаціях. Вказані структури можна виконати на базі плоскошарових середовищ із незмінними параметрами, що складаються з прилеглих один до одного слоїв радіопрозорого діелектричного матеріалу [5,8,11].

Друга група штучно погіршує характеристики антен у неробочі проміжки часу шляхом змінювання властивостей проходження або відбиття електромагнітної хвилі за рахунок прикриття антен електрично-керованими у часі середовищами або дистанційно керованими металевими екранами. У робочі проміжки часу антенні характеристики відновлюються [5,8,11].

Третя група мініатюризує антени при збереженні їх основних робочих характеристик. В результаті за рахунок зменшення габаритних розмірів антен потужність вторинного випромінювання суттєво падає [5,8,11].

За огляду матеріалів друкованих видань [7,8,10-16] розглянемо можливості практичної реалізації способів зменшення ЕПР антен.

У [12] наведено метод зниження радіолокаційної помітності дзеркальних антенних систем шляхом застосування радіопоглинаючих матеріалів на окремих елементах ЛБРЛС переднього огляду, що використовуються на бойових літаках Миг-29, Су-24. Зниження помітності таких антен за рахунок надання ним спеціальної форми є неприйнятним, оскільки форма дзеркала визначається необхідністю формування направлено випромінювання антени. У такому випадку для дзеркальних антен на перше місце виступає застосування радіопоглинаючих матеріалів на зломах поверхні, основними з яких є кромка дзеркала. Вибір матеріалу і товщини радіопоглинаючого покриття, що наноситься на кромку дзеркала суттєво залежить не тільки від розмірів дзеркальної антени, але й від конкретного діапазону частот та кутів її опромінювання зондуючою РЛС [12]. Вплив опромінювача на загальну ЕПР антенної системи і можливості зниження його ЕПР у [12] не надано.

У [5] наведено короткий опис встановленого на дзеркалі антени захисного фільтру на основі плоскошарових середовищ, основною функцією якого є відбиття падаючої на нього електромагнітної хвилі у напрямках, що не співпадають з геометричною віссю антени. І знову про вплив опромінювача мова не йде.

У дослідженнях [13] пропонується винесення опромінювача вздовж фокальної осі на незначну відстань, за якої антенна система має прийнятний коефіцієнт корисної дії. Такі дії дійсно підвищують розвідзахищеність антенної системи, проте в області головної пелюстки діаграми спрямованості вплив опромінювача становить до 20 дБ від загальної ЕПР. Таким чином виникає проблема зменшення ЕПР самого опромінювача і, як варіант, пропонується нанесенням радіопоглинаючого матеріалу на його зовнішню поверхню [13].

Для зменшення радіолокаційної помітності резонансних антен короткохвильового та ультракороткохвильового діапазонів у [10] пропонується на металеві стрижні наносити прошарок радіопоглинаючого матеріалу, що не здійснює суттєвого впливу на амплітуду сигналу, який приймає антена [8]. Таким чином можна суттєво зменшити ЕПР, наприклад РЛС П-18, внесок антенної системи якої складає до 98% від загальної ЕПР всієї конструкції у передній півсфері [10]. Прошарок такого поглиначу підвищує поперечний перетин провідника, що трохи збільшує його ЕПР, але одночасно зменшує

довжину, що необхідна для резонансу на заданій частоті. Зменшення довжини вібратора разом із поглинанням енергії на заданій частоті знижує ЕПР у сантиметровому радіолокаційному діапазоні довжин хвиль. Експерименти, що проведено на макетах вібраторних антен, доводять можливість зменшення їх ЕПР до 15 дБ при дозволеному зниженні коефіцієнту корисної дії антени [8,10].

Таким чином в якості практичної реалізації перспективного способу зменшення ЕПР антен – їх мініатюризації при збереженні основних робочих характеристик було спроектовано нові антени, що наведено рис. 3, 4. Під час проектування використано теорію дифракції електромагнітних хвиль на тілах складної форми, властивості протирадіолокаційних покриттів та проведено оцінку ефективності заходів, щодо зниження ЕПР об'єкта ОВТ до складу якого входять подібні антенні системи.

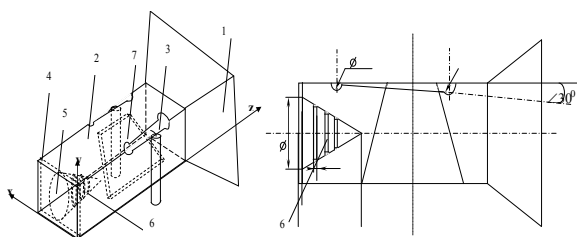


Рис. 3. Ескіз малогабаритної рупорної антени з конусоподібним поглиначем вищих гармонік

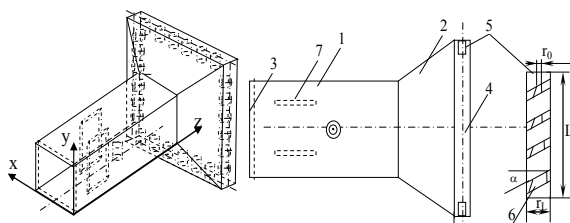


Рис. 4. Рупорна антена зі зменшеною ЕПР від кромки

За результатами дослідження нові конструкції доводять можливість впровадження радіопоглинаючих матеріалів та їх інтерференційних властивостей у антенні системи, що мають пірамідальний рупор у якості опромінювача. У сукупності з конструктивними змінами це дозволяє знизити ЕПР таких антенних систем у найбільш небезпечному секторі кутів опромінення (передня півсфера) при збереженні інших основних характеристик.

Таким чином, метою статті є дослідження можливості застосування протирадіолокаційних покриттів у проектуванні нових антенних систем засобів ОВТ з метою зменшення їх радіолокаційної помітності.

### Виклад основного матеріалу дослідження.

Як приклад застосування радіопоглинаючих матеріалів та їх інтерференційних властивостей на рис. 3. наведено малогабаритну рупорну антену з конусоподібним поглиначем вищих гармонік (патент на винахід № 96661 від 13.07.2011).

В основу винаходу поставлено задачу вдосконалення рупорної антени колової поляризації з метою зменшення її ЕПР. Спільними елементами конструкції антени прототипу та антени-винаходу є послідовно встановлені пірамідальний рупор 1 та відрізок квадратного хвилеводу 2 з фазуючою секцією, по кутах якої прорізані дві довгі гантелеподібні щілини 3, які навантажено коаксіальними лініями, а на короткозамкненій стінці встановлено поглинаюче навантаження 4.

На відміну від прототипу запропонована конструкція (рис. 3) має введений діелектричний конус 5 з поглинаючими канавками 6, прикріплений до поглинаючої пластини 2. Для створення колової поляризації встановлено фазуючу секцію 7, яку виконано у вигляді трапецієподібної діелектричної пластини та розміщено по діагоналі квадратного відрізка хвилеводу 2. Поглинаючі канавки заповнено градієнтним матеріалом. Для проведення експерименту в якості радіопоглинаючого матеріалу використано хром та звичайну сажу [16].

Експеримент показав, що завдяки введенню додаткового хвилеводного навантаження у вигляді діелектричного конуса з поглинаючими канавками зменшується рівень відбитої хвилі, що призводить до зменшення ЕПР антени. Фазуюча трапецієподібна діелектрична пластинка окрім забезпечення колової поляризації поліпшує узгодження хвилеводу з довгими неоднорідними гантелеподібними щілинами. Таким чином запропонована рупорна антена колової поляризації працює у широкій смузі частот (більше 35%), має добре узгодження двох довгих неоднорідних гантельних щілин з відрізком квадратного хвилеводу і суттєво меншу ЕПР.

Проведені дослідження запропонованої антени у діапазоні 8-12 ГГц довели, що значення її ЕПР в області головної пелюстки діаграми спрямованості було зменшено на 12 дБ, порівняно з 20 дБ штатної антени. Коефіцієнт еліптичності складав 0,82-0,85 дБ, коефіцієнт стоячої хвилі по навантаженню коливався 1,25-1,3 а втрати були 0,5-0,7 дБ.

На рис. 4 наведено інший приклад впровадження градієнтних та інтерференційних радіопоглинаючих покриттів для рупорних опромінювачів (патент № 97037 від 26.12.2011).

На відміну від прототипів, що містять відрізок прямокутного хвилеводу 1, пірамідальний рупор 2 і поглинаюче навантаження 3, нова конструкція антени містить прямокутний поглинаючий фланець у вигляді каркасу 4 вздовж сторін якого встановлена решітка циліндричних діелектричних стрижнів довжиною, що дорівнює чверті хвилі  $\lambda/4$  в діелектрику. Під кутом  $\alpha$  до твірної циліндра прорізані канавки 6 в які напилена металева плівка, а зміна радіусу канавок визначається виразом

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{\Gamma_L - \Gamma_0}{L}$$

де  $r_0$  – радіус найменшої канавки,

$r_L$  – радіус циліндричного діелектричного стрижня;

$L$  – довжина циліндричного діелектричного стрижня.

Проведено експериментальне дослідження запропонованої конструкції антени (рис. 4) в діапазоні 8-12,5 ГГц. Для експерименту була зібрана установка з використанням ефекту Доплера. Для виділення відбитого від об'єкта сигналу на фоні завад – відбиттів від предметів, що знаходяться поруч, використано ефект зміни частоти через рух джерела електромагнітного випромінювання, що дозволило значно зменшити вплив відбиття від нерухомих об'єктів, а вплив випадкових варіацій було виключено.

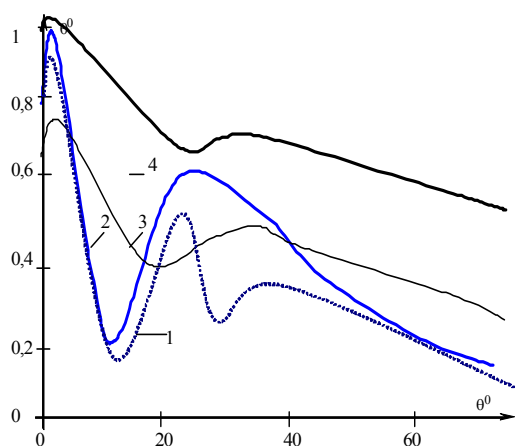
Для проведення експерименту дослідний зразок нового опромінювача, а саме пірамідальний рупор 1 та відрізок квадратного хвилеводу 2 було виготовлено з міді. Діелектрична проникність матеріалу циліндричних діелектричних стрижнів 5 решітки 4 дорівнювала  $2,4 \div 2,7$ . Канавки, що прорізані у діелектричних стрижнях, заповнено металевою плівкою з хрому. За проведеними вимірюваннями з'ясовано, що однопозиційну ЕПР нової антени в області головної пелюстки діаграми розсіювання, що співпадає з напрямком діаграми спрямованості було знижено з 20 дБ до 8 дБ, у порівнянні з прототипом. Проте такі результати спостерігаються лише за кутів опромінювання нової антени  $\theta = 0^\circ \dots 5^\circ$ .

У роботі [6] наведено дослідження ЕПР рупорних антен [16], [17], з розмірами розкриття  $a_p \times b_p \times l = (1,2 \times 1,5 \times 4)$ , та кутом розкриття  $20^\circ$ .

На рис. 5 наведено порівняльний аналіз експериментальних і розрахункових даних нових конструкцій антен зі зменшеною ЕПР. Їх характеристики було знято на центральній частоті діапазону. Результати вимірювання однопозиційної ЕПР довели, що такі антени у 2-х сантиметровому діапазоні хвиль працюють з величиною втрат 0,5–0,6 дБ при коефіцієнті посилення  $\approx 24$ -25 дБ.

### Література

1. Козлов Б. А. Справочник по расчёту надёжности аппаратуры радиоэлектроники и автоматики / Козлов Б. А., Ушаков И. А. – М.: Советское радио, 1975. – 472 с.
2. Гнеденко Б. В. Вопросы математической теории надёжности. / Гнеденко Б. В., Беляев Ю. К., Коваленко И. А., Под редакцией академика АН УССР, Б. В. Гнеденко – М.: Советское радио, 1983. – 376 с.
3. Острейковский В. А. Теория надёжности – М.: Высшая школа, 2003. – 463 с.
4. Половко А. М. Основы теории надёжности. Практикум / Половко А. М., Гуров С. В. – СПб.: БХВ-Петербург, 2006. – 559 с.
5. Беляев Ю. К. Надёжность технических систем, Справочник / Беляев Ю. К., Богатырёв В. А., Болотин В. В. и др. Под редакцией И. А. Ушакова – М.:



**Рис. 5. Порівняльний аналіз розрахункових та експериментальних даних нових конструкцій антен: 1– антена, патент № 96661 – розрахункові дані; 2– антена, патент № 96661 – експериментальні дані; 3– антена, патент № 97037 – розрахункові дані; 4– антена, патент № 97037 – експериментальні дані.**

ЕПР наведених на рис. 3 та 4 антен в області головної пелюстки було зменшено на 12,5 дБ [18]. Порівняння розрахункових даних і експериментальних доводить їх добру відповідність.

### Висновки й перспективи подальших досліджень.

Таким чином проведено аналіз досліджень, щодо можливості застосування протирадіолокаційних покриттів для зниження радіолокаційної помітності антенних систем. Проте такі способи потребують оптимального підбору габаритних розмірів антен та матеріалів для їх виготовлення за їх абсолютними діелектричними та магнітними проникненнями, а також амплітудно-частотними характеристиками. Запропоновані та захищені патентами на винахід конструкції мають суттєво меншу ЕПР у порівнянні зі штатними антенними системами завдяки впровадженню нових конструктивних рішень, радіопоглинаючих матеріалів та їх інтерференційних властивостей. Це дозволить суттєво знизити радіолокаційну помітність об'єктів ОБТ до складу яких входять такі антени у найбільш небезпечному куті опромінювання – в передній півсфері.

- Радио и связь, 1985. – 609 с. 6. Шышмарёв В. Ю. Надёжность технических систем – М.: Изд.центр Академия, 2010. – 304 с. 7. ДСТУ 3942-2000 (ГОСТ 27.506-2000). Надійність техніки. Плани випробувань для контролю середнього наробітку до відмови (на відмову). Частина 2. Дифузійний розподіл, 2001. – 36 с. 8. Стрельников В. П. О методических погрешностях прогнозирования ресурса высоконадёжных изделий электронной техники / В. П. Стрельников, К. А. Антипенко // Математичні машини і системи. – 2004. – №3 – С.164-167. 9. ДСТУ 2862-94. Надійність техніки. Методи розрахунків показників надійності. Загальні вимоги. – 1996. – 39 с.

**ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ПРОТИВОРАДИОЛОКАЦИОННЫХ ПОКРЫТИЙ В АНТЕННЫХ СИСТЕМАХ СРЕДСТВ ВООРУЖЕНИЯ И ВОЕННОЙ ТЕХНИКИ В ЦЕЛЯХ СОКРАЩЕНИЯ ИХ РАДИОЛОКАЦИОННЫХ ЗАМЕТНОСТИ**

<sup>1</sup>Леонид Михайлович Артюшин (д-р техн. наук, профессор)

<sup>2</sup>Тимур Ленурович Куртсейтов (д-р техн. наук)

<sup>2</sup>Владимир Иванович Мирненко (д-р техн. наук, профессор)

<sup>3</sup>Ольга Леонидовна Сидорчук (канд. техн. наук)

<sup>1</sup>Государственный научно-исследовательский институт авиации, Киев, Украина

<sup>2</sup>Национальный университет обороны Украины имени Ивана Черняховского, Киев, Украина

<sup>3</sup>Житомирский военный институт имени С.П. Королева, Житомир, Украина

Приведены результаты анализа исследований о возможности применения противорадиолокационных покрытий для снижения радиолокационной заметности антенных систем средств вооружения и военной техники. Рассмотрены известные подходы снижения радиолокационной заметности вооружения и военной техники, методы и способы применения противорадиолокационных покрытий, используемые для снижения радиолокационной заметности антенных систем вооружения и военной техники. Доказано, что для реализации предлагаемых способов снижения радиолокационной заметности проектируемых антенных систем, необходимо осуществлять оптимальный подбор габаритных размеров антенн и материалов для их изготовления по их абсолютным диэлектрическим и магнитным проницаемостям, а также амплитудно-частотным характеристикам. Показаны примеры конструктивных решений внедрения радиопоглощающих материалов и их интерференционных свойств в новых конструкциях рупорных облучателей зеркальных антенных систем, что позволило снизить их радиолокационную заметность.

**Ключевые слова:** радиолокационная заметность; рупорный облучатель; антенная система; противорадиолокационные покрытия; снижение эффективной поверхности рассеяния.

**APPLICATION OF COATINGS CONFUSIONAL ANTENNA SYSTEM WEAPONRY AND MILITARY EQUIPMENT TO REDUCE THEIR RADAR SIGNATURE**

<sup>1</sup>Leonid M. Artyushyn (Doctor of Technical Sciences, Professor)

<sup>2</sup>Tymur L. Kurtseytov (Doctor of Technical Sciences)

<sup>2</sup>Volodymyr I. Mirnenko (Doctor of Technical Sciences, Professor)

<sup>3</sup>Ol'ha L. Sydorчук (Candidate of Technical Sciences)

<sup>1</sup>State Scientific and Research Institute of Aviation, Kyiv, Ukraine

<sup>2</sup>National Defence University of Ukraine named after Ivan Chernyakhovsky, Kyiv, Ukraine

<sup>3</sup>Zhytomyr Military Institute named after Sergei Korolev, Zhytomyr, Ukraine

Results of the research are given brought about possibility of application of antiradar coatings to reduce radar visibility of antenna systems of armament and military equipment. Describes the known approaches to reduce radar visibility of armament and military equipment, methods of application of antiradar coatings are used for the decline of radar visibility of the antenna systems of armament and military equipment. It is well-proven that for realization of the offered methods of decline of radar visibility of the designed antenna systems, it is necessary to carry out the optimal selection of overall sizes of aeriels and materials for their making on their absolute dielectric and magnetic permeabilities, and also gain-frequency characteristics. The examples of structural decisions of adsorbing materials introduction and their interference properties are shown in the new constructions of megaphone irradiators of the mirror antenna systems, that allowed to reduce their radar visibility.

**Keywords:** radar visibility; feed horn; the antenna system; antiradar coating; reducing the effective scattering surface.

**References**

1. Kozlov B.A., Ushakov I.A. (1975), Guide to the calculation of grade electronics and automation equipment. [Spravochnik po raschyotu nadyozhnosti apparaturyi radioelektroniki i avtomatiki], Moscow: Sovetskoe radio, 472 p.
2. Gnedenko B.V., Belyaev Yu.K., Kovalenko I.A. (1983), Questions mathematical reliability theory. [Voprosyi matematicheskoy teorii nadyozhnosti], Pod redaktsiyei akademika AN USSR, Moscow: Sovetskoe radio, 376 p.
3. Ostreykovskiy V.A. (2003), Reliability Theory. [Teoriya nadyozhnosti], Moscow: Vysshaya shkola, 463 p.
4. Polovko A.M., Gurov S.V. (2006), Fundamentals of reliability theory. Practicum. [Osnovy teorii nadyozhnosti. Praktikum], SPb.: BHV-Peterburg, 559 p.
5. Belyaev Yu.K., Bogatyryov V.A., Bolotin V.V. (1985), Reliability of technical systems. [Nadyozhnost tehnikeskikh system] Spravochnik Pod redaktsiyei I.A.Ushakova, Moscow: Radio i svyaz, 609 p.
6. ShyishmarYov V.Yu. (2010), Reliability of technical systems. [Nadyozhnost tehnikeskikh system], Moscow: Izd.tsentr Akademiya, 304 p.
7. DSTU 3942-2000 (GOST 27.506-2000), (2001), [Nadiynist tehniki. Plani viprobuvan dlya kontrolyu serednogo narobltku do vidmovi (na vidmovu). Chastina 2. Difuziyniy rozpodil], 36 p.
8. Strelnikov V.P., Antipenko K.A. (2004), On methodological errors of forecasting resource highly reliable electronic articles. [O Metodicheskikh pogreshnostyakh prognozirovaniya resursa vyisokonadyozhnyih izdeliy elektronnoy tehniki], Matematichni mashini i sistemi, No.3, pp.164-167.
9. DSTU 2862-94. (1996), [Nadiynist tehniki. Metodi rozrahunkiv pokaznikov nadiynosti. Zagalni vimogi], 39 p.

Отримано: 23.06.2016 року.