

ЗАСТОСУВАННЯ РАДІОПОГЛИНАЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ І ПОКРИТТІВ У АНТЕННИХ СИСТЕМАХ ВІЙСЬКОВОЇ ТЕХНІКИ ДЛЯ ЗМЕНШЕННЯ ЇЇ РАДІОЛОКАЦІЙНОЇ ПОМІТНОСТІ

Одним з основних напрямків розвитку сучасних зразків озброєння і військової техніки (ОВТ) є створення літаків, безпілотних літальних апаратів, зразків наземної (бронетанкової) військової техніки з малою радіолокаційною помітністю, що оцінюється значенням ефективної поверхні розсіювання (ЕПР).

Більшість сучасних зразків ОВТ оснащено антенними системами, які є основним джерелом високих рівнів вторинного випромінювання та вносять значний внесок у загальну ЕПР об'єкта.

Спроби вирішення проблеми створення техніки і об'єктів, що є малопомітними для розвідувальних радіоелектронних засобів, здійснювались з часів започаткування радіорозвідки. У зв'язку з цим з'явилося поняття радіомаскування (радіоелектронний захист), що передбачає комплекс технічних рішень щодо зменшення помітності об'єкта.

Для наземних рухомих зразків ОВТ радіоелектронний захист є, зокрема, й пасивним. Прикладом такого захисту є капонування (окопування) зразка ОВТ у рівень з висотою машини до 2,4 м з однією або двома апарелями (рис.1). Таким чином, для зондувальної літакової бортової радіолокаційної станції (ЛБРЛС) ЕПР кунга або причепа буде дорівнювати площі Міделя його верхньої частини. У такому випадку саме антенна система зразка ОВТ є його основним демаскувальним елементом, що вносить до 90% у загальну ЕПР зразка ОВТ. Тому завдання зниження радіолокаційної помітності таких антенних систем є актуальним.

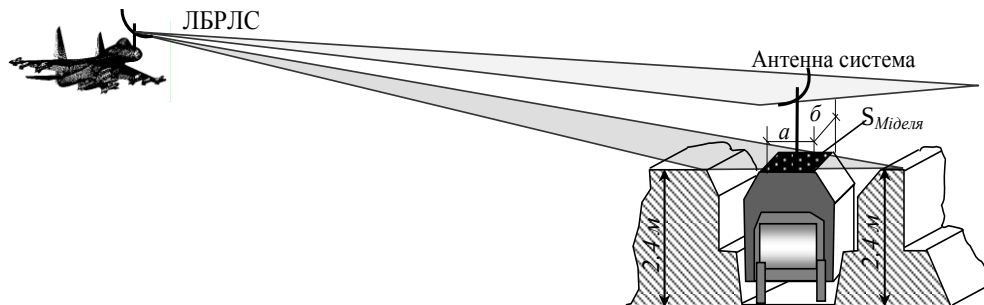


Рис. 1. Приклад радіоелектронного захисту зразка ОВТ

Відомі підходи до зменшення радіолокаційної помітності зразків ОВТ за рахунок видозмінювання форми, застосування радіопоглинальних матеріалів та покриттів тощо є не зовсім придатними для зниження ЕПР їх антенних систем. Дане твердження аргументовано тим, що форма, розміри та діелектричні властивості антен формують довжину хвилі, коефіцієнт посилення, ширину діаграми спрямованості та інші характеристики всієї антенної системи. Впровадження таких підходів зниження ЕПР зазвичай потребує оптимізації за комплексним критерієм “ефективність – помітність”, що неприпустимо для багатьох зразків ОВТ, оскільки призводить до погіршення їх інших основних характеристик. Тому в багатьох джерелах припускається, що застосування радіопоглинальних матеріалів і покриттів є майже непридатним для зменшення ЕПР антенних систем.

У доповіді наводиться аналіз досліджень щодо можливості використання радіопоглинальних матеріалів і покриттів для зменшення ЕПР антенних систем і пропонуються варіанти застосування їх інтерференційних властивостей.

Як приклад на рис. 2 наведено малогабаритну рупорну антену зі зменшеною ЕПР з конусоподібним поглиначем вищих гармонік (патент на винахід № 96661 від 13.07.2011).

Даний винахід спрямовано на вдосконалення рупорної антени колової поляризації. Спільними елементами конструкції антени-прототипу та антени-винаходу є послідовно встановлені пірамідальний рупор (1) та відрізок квадратного хвильоводу (2) з фазувальною секцією. По кутах хвильоводу прорізані дві довгі гантелеподібні щілини (3), навантажені коаксіальними лініями, а на короткозамкненій стінці встановлено поглинальну пластину (4).

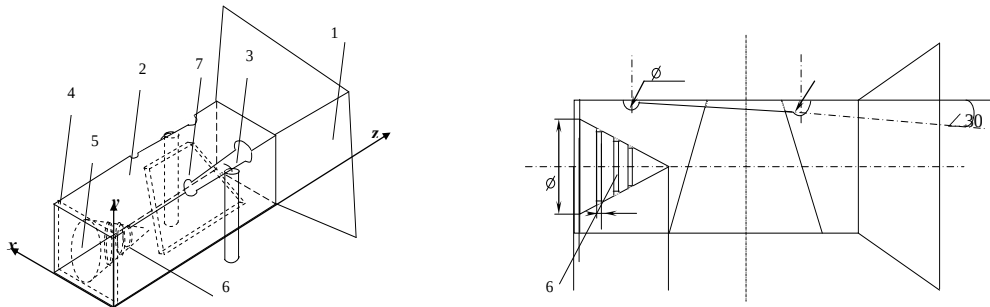


Рис. 2. Ескіз малогабаритної рупорної антени зі зменшеною ЕПР

На відміну від прототипу, запропонована конструкція (рис. 2) має діелектричний конус (5), прикріплений до поглинальної пластини (4), з поглинальними канавками (6). Для створення колової поляризації встановлено фазувальну секцію (7), яку виконано у вигляді трапецієподібної діелектричної пластини та розміщено по діагоналі хвилеводу (2). Поглинальні канавки можуть бути заповнені будь-яким градієнтним матеріалом. Для проведення експерименту використано хром та звичайну сажу.

Експеримент показав, що введення додаткового хвильовідного навантаження у вигляді діелектричного конуса з поглинальними канавками дозволить зменшити рівень відбитої хвилі та зумовить зменшення ЕПР антени в області головної пелюстки діаграми її вторинного випромінювання.

Фазувальна трапецієподібна діелектрична пластинка, окрім того, що утворює колову поляризацію, поліпшує узгодження хвилеводу з довгими неоднорідними гантелеподібними щілинами. Такими чином запропонована антена працює в широкій смузі частот (більше 35%), має добре узгодження двох довгих неоднорідних щілин з відрізком квадратного хвилеводу і малу ЕПР.

Дослідження наведеної вище антени проводилося в діапазоні 8–12 ГГц. Результати довели, що її ЕПР було зменшено на 12 дБ. Діаграма спрямованості становила 55–65 градусів на рівні 0,5 за потужністю, коефіцієнт еліптичності – 0,82–0,85 дБ. Коефіцієнт стоячої хвилі за навантаженням коливався 1,25–1,3. При цьому втрати становили лише 0,5–0,7 дБ.

На рис. 3 наведено інший приклад застосування радіопоглинальних матеріалів в антенах.

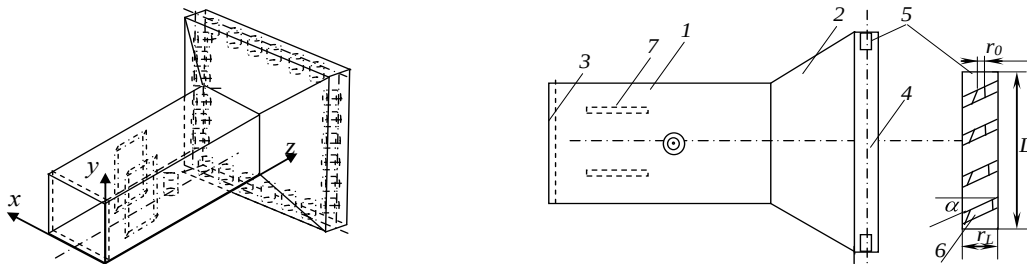


Рис. 3. Рупорна антена зі зменшеною ЕПР від крамок

Зображена на рис. 3 антена (патент № 97037 від 26.12.2011), на відміну від прототипів, що зазвичай містять відрізок прямокутного хвилеводу (1), пірамідальний рупор (2) і поглинальне навантаження (3), має прямокутний поглинальний каркас (4). Уздовж його сторін встановлено решітку циліндричних діелектричних стрижнів довжиною, що дорівнює чверті хвилі в діелектрику. У кожному циліндрі під кутом α до його твірної прорізано канавки (6) різного радіуса, у які наплено металеву стружку.

Дослідження запропонованої конструкції антени (рис. 3) проведено в діапазоні 8–12,5 ГГц. Для експерименту було зібрано установку для вимірювання ЕПР з використанням ефекту Доплера. Виділення відбитого від антени сигналу на фоні завад (перевипромінювання предметів, що знаходяться поруч) здійснено за допомогою ефекту зміни частоти через рух джерела електромагнітного випромінювання. Вплив випадкових варіацій також було виключено.

За проведеними дослідженнями з'ясовано, що ЕПР нової конструкції в області головної пелюстки діаграми розсіювання було знижено з 20 до 11 дБ порівняно з прототипом.

Діелектрична відносна проникність матеріалу циліндричних діелектричних стрижнів (5) решітки (4) дорівнювала $2,4 \div 2,7$. Простір між стрижнями заповнено діелектриком з відносною діелектричною проникністю ≈ 1 . Для металевієї плівки, напленої в канавки, використано хром.

Таким чином, у доповіді доведено можливість застосування радіопоглинальних матеріалів і покриттів в антенних системах військової техніки для зменшення їх радіолокаційної помітності за умови збереження або навіть покращення інших характеристик.