

УДК 621.396.96

С.В. Кукобко

Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків

ОЦІНКА ХАРАКТЕРИСТИК РОЗСІЯННЯ НАПІВПРИЧЕПА 6УФ РЛС 19Ж6

З допомогою електродинамічного методу, який оснований на інтегральних рівняннях, що враховують чотири шляхи розповсюдження хвилі: «передавач – об'єкт – приймач», «передавач – об'єкт – земля – приймач», «передавач – земля – об'єкт – приймач», «передавач – земля – об'єкт – земля – приймач», отримані характеристики розсіяння напівпричепу 6УФ РЛС 19Ж6 та проведено їх аналіз. Отримані кругові діаграми ефективної поверхні розсіяння, кругові медіанні діаграми ефективної поверхні розсіяння, середні ефективні поверхні розсіяння та побудовано функції щільностей ймовірностей розподілу амплітудного множника (квадратного кореня з ефективної поверхні розсіяння) відбитого сигналу для азимутів опромінення з фронту двох поляризацій зондуючого сигналу.

Ключові слова: ефективна поверхня розсіяння, радіолокаційна помітність.

Вступ

Постановка проблеми та аналіз літератури.

На теперішній час однією з найважливіших вимог при розробці наземних об'єктів військового призначення (автомобільної, бронетанкової техніки, вогневих засобів проти повітряної оборони) є вибір їх конструкції такою, що забезпечує мінімальний рівень радіолокаційної помітності на фоні різноманітних природних та антропогенних утворень [1]. Такого ж плану роботи проводяться і для існуючих зразків озброєння та військової техніки [2, 3]. Не є виключенням і радіолокаційні станції (РЛС), особливо мобільні, оскільки за умов прихованого пересування та розгортання на запасних позиціях їх виявлення та знищення буде здійснюватися противником за даними активних засобів радіолокації.

Таким чином існує необхідність в наявності банку даних про ефективну поверхню розсіювання радіолокаційних засобів радіотехнічних військ (РТВ). Це дозволить на основі його аналізу проводити роботи зі зменшення радіолокаційної помітності РЛС РТВ, а також при моделюванні бойових дій враховувати бойові втрати радіолокаційних засобів з більшим рівнем достовірності.

Отримання інформації про характеристики розсіяння об'єктів радіолокації шляхом проведення натурних та фізичних експериментів пов'язане зі значними матеріальними, організаційними та часовими витратами. Тому найбільш доступним є отримання радіолокаційних характеристик об'єктів за допомогою математичного моделювання. В даній роботі для розрахунку ефективної поверхні розсіяння (ЕПР) РЛС 19Ж6 застосовано метод розрахунку, який дозволяє враховувати наявність підстилаючої поверхні з урахуванням її електромагнітних характеристик [4 – 8]. Метод засновано на інтегральних рівняннях, що враховують чотири шляхи розповсюдження хвилі: «передавач – об'єкт – приймач», «передавач – об'єкт – земля – приймач», «передавач – земля – об'єкт – при-

ймач», «передавач – земля – об'єкт – земля – приймач» та дозволяє враховувати наявність радіопоглинаючого покриття на поверхні об'єкту. Поверхня зразка озброєння моделюється за допомогою метода, що поєднує переваги методу простіших компонент, при визначенні «освітленої» частини поверхні об'єкту, та методу фацет при описанні поверхні та подальшому розрахунку характеристик розсіяння [3]. Точність опису поверхні об'єкту контролюється шляхом добору кількості використовуємих при моделюванні еліпсоїдів та кромок.

Мета статті – оцінка характеристик розсіяння напівпричепу 6УФ радіолокаційної станції 19Ж6.

Основний матеріал

Радіолокаційні характеристики напівпричепу 6УФ РЛС 19Ж6.

У відповідності з конструкцією 6УФ для проведення розрахунків радіолокаційних характеристик (зокрема, ЕПР) була побудована модель його поверхні, яка представлена на рис. 1. Поверхня апроксимована за допомогою ділянок 60 еліпсоїдів. Зломи поверхні були промодельовані за допомогою 73 прямих кромкових ділянок розсіяння.

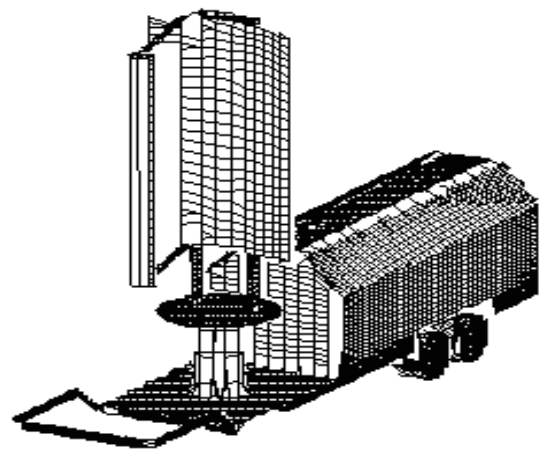


Рис. 1. Поверхня моделі напівпричепу 6УФ РЛС 19Ж6

Радіолокаційні характеристики моделі 6УФ при частоті опромінення 10ГГц (довжина хвилі 3см) для горизонтальної поляризації. Параметри опромінення: кут місця зондування 10 градусів відносно площини підстилаючої поверхні, крок зміни азимуту зондування 1 градус, азимут відраховується в градусах від носового ракурсу (0 градусів - зондування з фронту, 180 градусів – зондування з тилу). Суха земля. Горизонтальна поляризація.

На рис. 2 приведена кругова діаграма ЕПР 6УФ. На рис. 3 приведена кругова діаграма некогерентної ЕПР [3] 6УФ. Значення некогерентної ЕПР є доброю та достатньо стійкою оцінкою ЕПР в певному діапазоні зондуючих частот та ракурсів опромінення цілі. Значення ЕПР наведені в квадратних метрах.

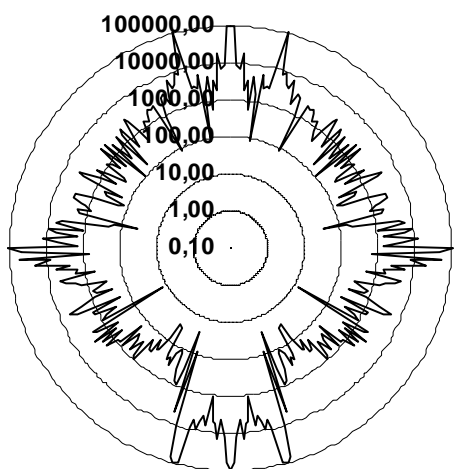


Рис. 2. Кругова діаграма ЕПР моделі 6УФ

Середня ЕПР 6УФ складає 6446 м². Кругова медіанна ЕПР (значення ЕПР, яке використовується при розрахунках дальності виявлення об'єкта з ймовірністю 0,5) складає 1302 м².

На рис. 4, 5 наведені середні та медіанні значення ЕПР для головних діапазонів азимутів опромінення (фронт, бік, тил) та для діапазонів у 20 градусів. Значення ЕПР наведені в квадратних метрах.

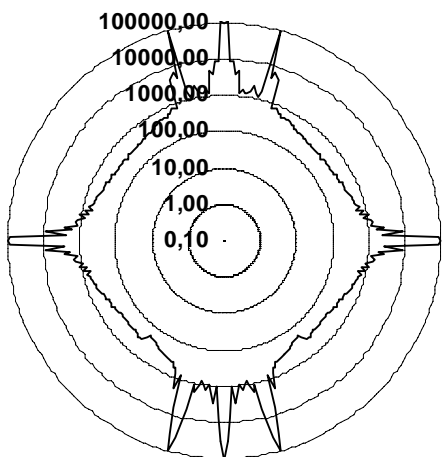


Рис. 3. Кругова діаграма некогерентної ЕПР моделі 6УФ

На рис. 6 наведена гістограма амплітудного множника (квадратного кореня з ЕПР) відбитого сигналу для діапазону азимутів опромінення -20...+20 градусів (опромінення з фронту). Жирною лінією наведена функція щільності ймовірності розподілу, якою можна апроксимувати гістограму амплітудного множника. В даному випадку гістограма амплітудного множника може бути апроксимована за допомогою логнормального закону розподілу ймовірності з функцією щільності:

$$F(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi} \chi\sigma} \exp\left(-\frac{(\log(x)-\mu)^2}{2\sigma^2}\right), \quad (1)$$

де $\mu = 4,5671$; $\sigma = 0,8649$.

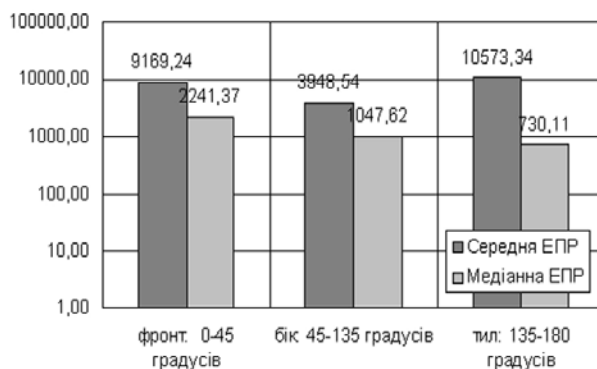


Рис. 4. Середні та медіанні ЕПР для головних діапазонів азимутів опромінення (фронт, бік, тил)

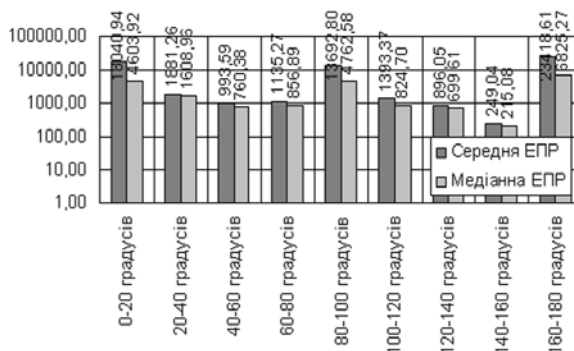


Рис. 5. Середні та медіанні ЕПР для двадцятиградусних діапазонів

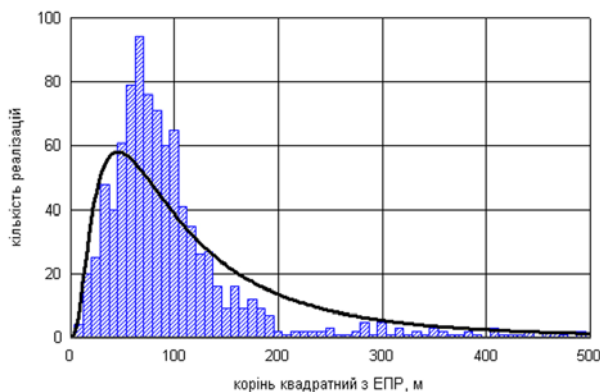


Рис. 6. Гістограма амплітудного множника (квадратного кореня з ЕПР) відбитого сигналу

Радіолокаційні характеристики моделі 6УФ при частоті опромінення 10 ГГц (довжина хвилі 3 см) для вертикальної поляризації. Параметри опромінення: кут місця зондування 10 градусів відносно площини підстилаючої поверхні, крок зміни азимуту зондування 1 градус, азимут відрховується в градусах від носового ракурсу (0 градусів - зондування з фронту, 180 градусів – зондування з тилу). Суха земля. Вертикальна поляризація.

На рис. 7 приведена кругова діаграма ЕПР 6УФ. На рис. 8 приведена кругова діаграма некогерентної ЕПР 6УФ. Значення некогерентної ЕПР є доброю та достатньо стійкою оцінкою ЕПР в певному діапазоні зондуючих частот та ракурсів опромінення цілі. Значення ЕПР наведені в квадратних метрах.

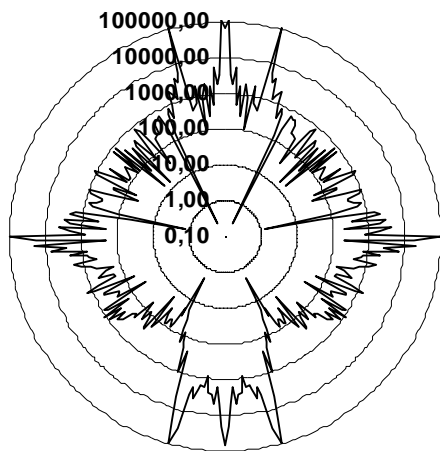


Рис. 7. Кругова діаграма ЕПР моделі 6УФ

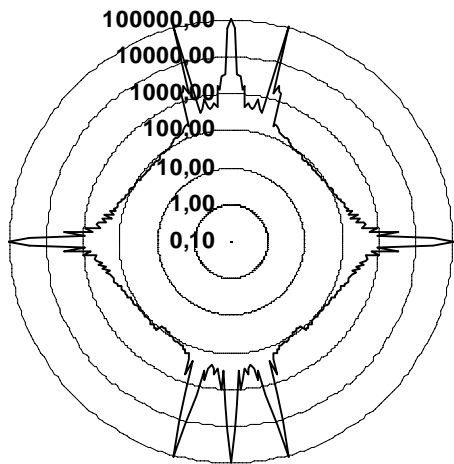


Рис. 8. Кругова діаграма некогерентної ЕПР моделі 6УФ

Середня ЕПР 6УФ складає 3755 м². Кругова медіанна ЕПР (значення ЕПР, яке використовується при розрахунках дальності виявлення об'єкта з ймовірністю 0,5) складає 420 м².

На рис. 9, 10 наведені середні та медіанні значення ЕПР для головних діапазонів азимутів опромінення (фронт, бік, тил) та для діапазонів у 20 градусів. Значення ЕПР наведені в квадратних метрах.

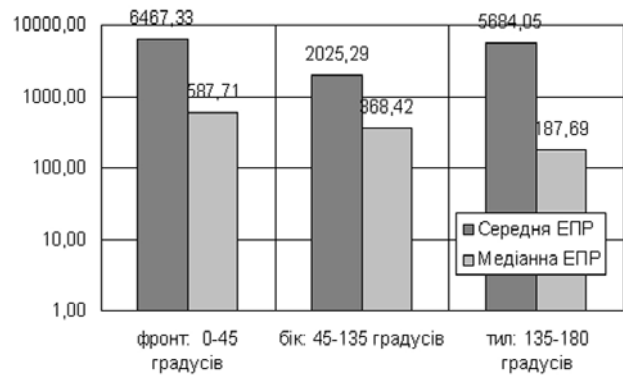


Рис. 9. Середні та медіанні ЕПР для головних діапазонів азимутів опромінення (фронт, бік, тил)

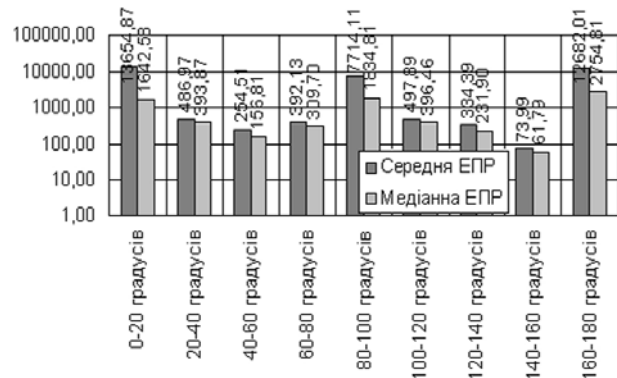


Рис. 10. Середні та медіанні ЕПР для двадцятиградусних діапазонів

На рис. 11 наведена гістограма амплітудного множника (квадратного кореня з ЕПР) відбитого сигналу для діапазону азимутів опромінення -20...+20 градусів (опромінення з фронту). Жирною лінією наведена функція щільності ймовірності розподілу, якою можна апроксимувати гістограму амплітудного множника.

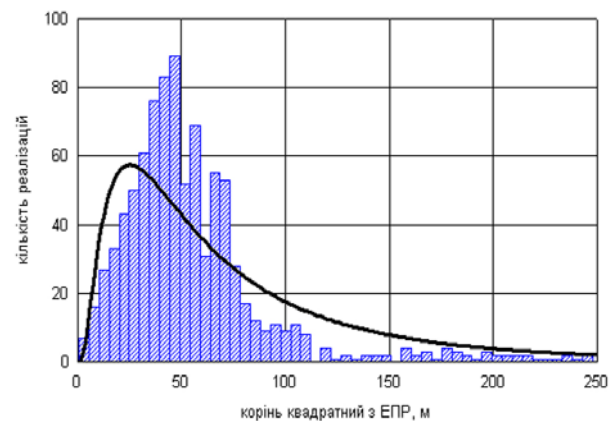


Рис. 11. Гістограма амплітудного множника (квадратного кореня з ЕПР) відбитого сигналу

В даному випадку гістограма амплітудного множника може бути апроксимована за допомогою логнормального закону розподілу ймовірності з функцією щільності:

$$F(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi} \sigma} \exp\left(-\frac{(\log(x) - \mu)^2}{2\sigma^2}\right), \quad (2)$$

де $\mu = 4,0287$, $\sigma = 0,8973$.

Висновок

У роботі на основі електродинамічного методу розрахунку отримані характеристики розсіяння моделі напівприцепу 6УФ РЛС 19Ж6, на основі яких побудовані функції щільностей ймовірностей розподілу амплітудного множника відбитого сигналу.

Достатньо великі значення середньої ЕПР даного зразка озброєння – 6446 м² (при горизонтальній поляризації), 3755 м² (при вертикальній поляризації), вказують на необхідність проведення робіт щодо зниження його радіолокаційної помітності.

Також отримані результати можуть бути використані при моделюванні бойових дій щодо розрахунку бойових втрат радіолокаційних засобів.

Список літератури

1. Борзов А.Б. Методы цифрового моделирования радиолокационных характеристик сложных объектов на фоне природных и антропогенных образований / А.Б. Борзов, А.В. Соколов, В.Б. Сучков // Журнал радиоэлектроники – 2000. – № 3. – С. 35-48.

2. Львова Л.А. Радиолокационная заметность летательных аппаратов / Л.А. Львова. – Снежинск: Изд-во РФЯЦ – ВНИИТФ, 2003. – 232 с.

3. Сухаревский О.И. Рассеяние электромагнитных волн воздушными и наземными радиолокационными объектами / О.И. Сухаревский, В.А. Василец, С.В. Кукобко, С.В. Нечитайло. – Х.: Парус, 2009. – 476 с.

4. Shirman Y.D. Computer simulation of aerial target radar scattering, recognition, detection, and tracking / Y.D. Shirman, S.A. Gorshkov, S.P. Leschenko, V.M. Orlenko, S.Y. Sedyshev, O.I. Sukharevsky. – Boston, London: Artech house, 2002. – 294 с.

5. Сухаревский О.И. Рассеяние на конечном идеально проводящем цилиндре с поглощающими покрытиями линией излома в бистатическом случае / О.И. Сухаревский, А.Ф. Добродняк // Изв. ВУЗов СССР. Радиофизика. – 1989. – Т. 32, № 12. – С. 1518-1524.

6. Градштейн И.С. Таблицы интегралов, сумм, рядов и приведений / И.С. Градштейн, И.М. Рыжик. – М.: Физматгиз, 1962. – 1100 с.

7. Сухаревский О.И. Расчет рассеяния электромагнитной волны на идеально проводящем объекте, частично покрытом радиопоглощающим материалом, с помощью триангуляционных формул / О.И. Сухаревский, В.А. Василец, А.З. Сазонов, К.И. Ткачук // Радиофизика и радиоастрономия. – 2000. – Т. 5, № 1. – С. 47-54.

8. Сухаревский О.И., Василец В.А., Горельшев С.А., Нечитайло С.В. Ткачук К.И. Эффективная поверхность рассеяния (ЭПР) объектов с неидеально отражающей поверхностью, имеющей изломы // Зарубежная радиоэлектроника. – 2001. – № 6. – С. 41-48.

Надійшла до редколегії 28.01.2009

Рецензент: д-р техн. наук, ст. наук. співробітник О.В. Василець, Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків.

ОЦЕНКА ХАРАКТЕРИСТИК РАССЕЯНИЯ ПОЛУПРИЦЕПА 6УФ РЛС 19Ж6

С.В. Кукобко

С помощью электродинамического метода основанного на интегральных уравнениях учитывающих четыре пути распространения волны: «передатчик – объект – приемник», «передатчик – объект – земля – приемник», «передатчик – земля – объект – приемник», «передатчик – земля – объект – земля – приемник», получены характеристики рассеяния полуприцепа 6УФ РЛС 19Ж6 и проведено их анализ. А именно: получены круговые диаграммы эффективной поверхности рассеяния, круговые медианные диаграммы эффективной поверхности рассеяния, средние эффективные поверхности рассеяния и построены функции плотностей вероятностей распределения амплитудного множителя (квадратного корня из эффективной поверхности рассеяния) отраженного сигнала для азимутов облучения с фронта для двух поляризаций зондирующего сигнала.

Ключевые слова: эффективная поверхность рассеяния, радиолокационная заметность.

ESTIMATION OF SCATTERING CHARACTERISTICS OF THE RADAR 19G6 SEMITRAILER

S.V. Kukobko

Scattering characteristics of the radar 19G6 semitrailer using electrodynamic calculation method founded integral equations which taking into account four tracts of wave propagation «transmitter – object – receiver», «transmitter – object – ground – receiver», «transmitter – ground – object – receiver», «transmitter – ground – object – ground – receiver» are obtained. Pie chart of radar cross-section, pie chart of median radar cross-section, mean radar cross-section are obtained and probability density functions of the amplitude multiplier distribution (square root radar cross-section) returned signal for azimuths illumination by front for two radio-wave polarizations.

Keywords: radar cross section, radar vision.