

УДК 621.396.96

О.І. Сухаревський¹, В.О. Василець¹, Я.О. Белевщук¹, Г.Я. Криховецький²¹ Харківський університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, Харків² Інститут спеціального зв'язку та захисту інформації НТУУ «КПІ», Київ

РОЗРАХУНОК ЕФЕКТИВНОЇ ПОВЕРХНІ РОЗСІЯННЯ МОДЕЛІ ПУСКОВОЇ УСТАНОВКИ 5П85С ЗЕНІТНОГО РАКЕТНОГО КОМПЛЕКСУ С-300ПС

Розроблена модель поверхні пускової установки 5П85С зенітного ракетного комплексу С-300ПС. Наведені основні співвідношення для розрахунку ефективної поверхні розсіяння поверхні пускової установки. Проведені розрахунки радіолокаційних характеристик поверхні пускової установки, зокрема, когерентна, некогерентна, середня та медіанна ефективна поверхня розсіяння, гістограма амплітудного множника відбитого сигналу для горизонтальної та вертикальної поляризації. Зроблені висновки відносно використання отриманих результатів.

Ключові слова: радіолокаційні характеристики, ефективна поверхня розсіяння.

Вступ

Постановка проблеми і аналіз літератури.

Основна пускова установка (ПУ) 5П85С, що входить до складу пускового комплексу 5П85СД зенітного ракетного комплексу (ЗРК) С-300ПС, призначена для зберігання і транспортування ракет у транспортно-пускових контейнерах, підготовки і керування стартом ракет, та керування додатковими ПУ 5П85Д [1]. Живучість, а значить, і бойова ефективність ПУ у великій мірі залежать від зниження її помітності для радіолокаційних систем. Проте, для проведення заходів щодо зниження радіолокаційної помітності необхідне знання апріорної інформації про відбиваючі властивості об'єкту. Отриманню довідкових даних про радіолокаційні характеристики (РЛХ), зокрема ефективну поверхню розсіяння (ЕПР) ПУ 5П85С ЗРК С-300ПС присвячена ця стаття.

Мета роботи – розробка моделі ПУ 5П85С, розрахунок і аналіз РЛХ отриманої моделі.

Основний матеріал

Основною характеристикою, яка визначає властивості об'єкту, що відбиває електромагнітні хвилі, є ЕПР [2, 3]:

$$\sigma = \lim_{R \rightarrow \infty} 4\pi R^2 \frac{|\vec{p}^{\text{пр}} \cdot \vec{E}^{\text{пр}}(R \vec{r}^0)|^2}{|\vec{p} \cdot \vec{E}(\vec{R}^0)|^2}, \quad (1)$$

де R – відстань між передавачем і об'єктом; $\vec{E}(\vec{R}^0)$ – вектор електричної напруженості плоскої електромагнітної хвилі, що поширюється у напрямі орта – \vec{R}^0 ; $\vec{E}^{\text{пр}}(R \vec{r}^0)$ – вектор електричної напруженості електромагнітної хвилі, що розсіяна об'єктом у напрямі орта \vec{r}^0 ; $\vec{p}^{\text{пр}}$, \vec{p} – орти поляризації приймальної і передавальної антен відповідно. Передбачається, що зондування проводиться плоскою монохро-

матичною електромагнітною хвилею одичної амплітуди.

Для розрахунку вторинного випромінювання об'єктів складної форми їх поверхню умовно розділяється на дві частини: „гладкі” ділянки і локальні ділянки розсіяння крайкового типу

$$\vec{E}^{\text{пр}} = \vec{E}_{\text{гл}}^{\text{пр}} + \vec{E}_{\text{кр}}^{\text{пр}}. \quad (2)$$

Моделювання поверхні ПУ 5П85С

Зовнішній вигляд ПУ 5П85С представлений на рис. 1. Відповідно до конструкції ПУ для проведення розрахунків РЛХ була створена модель її поверхні, яка представлена на рис. 2.



Рис. 1. ПУ 5П85С

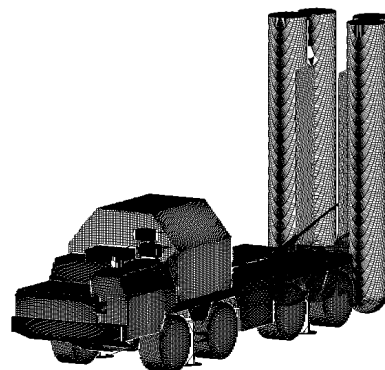


Рис. 2. Модель ПУ 5П85С

Поверхня апроксимована за допомогою ділянок 136 еліпсоїдів. Злами поверхні були промодельовані за допомогою 116 прямих крайкових ділянок розсіяння.

**РЛХ моделі ПУ 5П85С
при частоті опромінення
10ГГц (довжина хвилі 3см).
Горизонтальна поляризація**

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. На рис. 3 приведена кругова діаграма ЕПР ПУ 5П85С. На рис. 4 приведена кругова діаграма некогерентної ЕПР (НЕПР) ПУ 5П85С. Значення НЕПР є доброю та достатньо стійкою оцінкою ЕПР в певному діапазоні зондуючих частот та ракурсів опромінення цілі. Значення ЕПР та НЕПР наведені в квадратних метрах. Середня ЕПР ПУ складає 1015,7 м². Кругова медіанна ЕПР (значення ЕПР, яке використовується при розрахунках дальності виявлення об'єкта з ймовірністю 0,5) складає 136,09 м².

На рис. 5, 6 наведені середні та медіанні значення ЕПР для головних діапазонів азимутів опромінення (фронт, бік, тил) та для діапазонів у 20 градусів. Значення ЕПР в м².

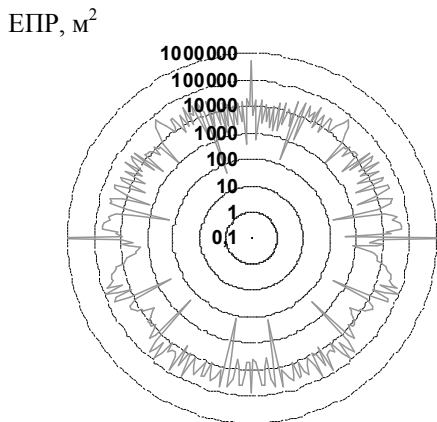


Рис. 3. Кругова діаграма ЕПР моделі ПУ 5П85С

ЕПР, м²

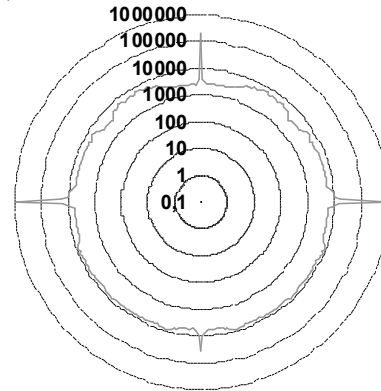


Рис. 4. Кругова діаграма НЕПР моделі ПУ 5П85С

На рис. 7 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 нормального закону розподілу ймовірності з функцією щільності:

$$F(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi} \sigma} \exp\left(-\frac{(x - \mu)^2}{2\sigma^2}\right), \quad (3)$$

де $\mu = 83,32799$; $\sigma = 35,93137$.

Вертикальна поляризація

На рис. 8 приведена кругова діаграма ЕПР ПУ 5П85С. На рис. 9 приведена кругова діаграма НЕПР ПУ 5П85С. Значення НЕПР є доброю та достатньо стійкою оцінкою ЕПР в певному діапазоні зондуючих частот та ракурсів опромінення цілі. Значення ЕПР та НЕПР наведені в квадратних метрах. Середня ЕПР ПУ складає 152,08 м². Кругова медіанна ЕПР складає 20,55 м². На рис. 10, 11 наведені середні та медіанні значення ЕПР для головних діапазонів азимутів опромінення (фронт, бік, тил) та для діапазонів у 20 градусів. Значення ЕПР наведені в м².

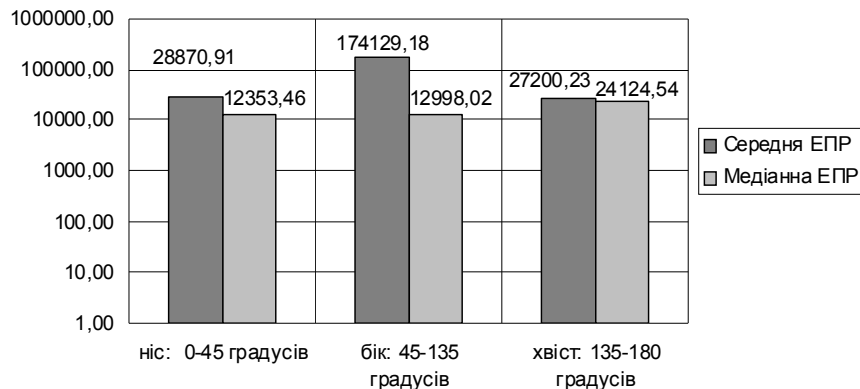


Рис. 5. Середні та медіанні ЕПР для головних діапазонів азимутів опромінення (фронт, бік, тил)

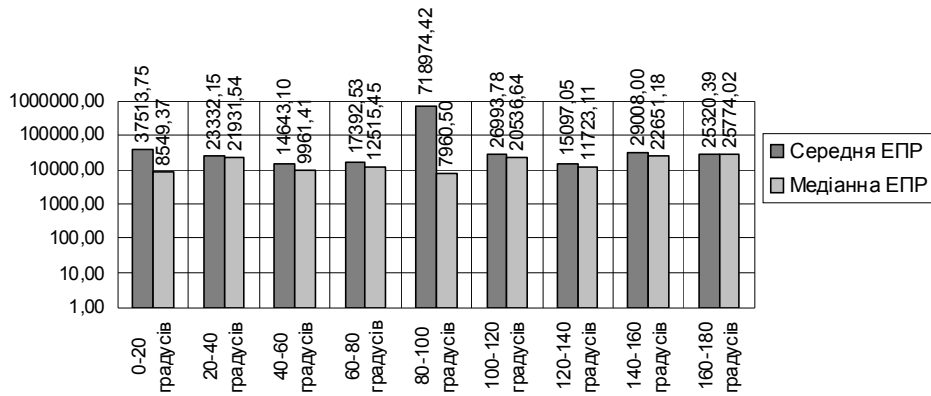


Рис. 6. Середні та медіанні ЕПР для двадцятиградусних діапазонів азимутів опромінення

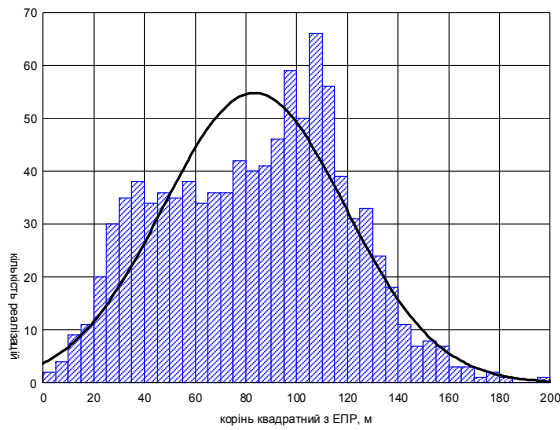


Рис. 7. Гістограма амплітудного множника (квадратного кореня з ЕПР) відбитого сигналу

На рис. 12 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 нормального закону розподілу ймовірності з функцією щільності:

$$F(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi} \sigma} \exp\left(-\frac{(x - \mu)^2}{2\sigma^2}\right), \quad (4)$$

де $\mu = 32,48$; $\sigma = 13,90$.

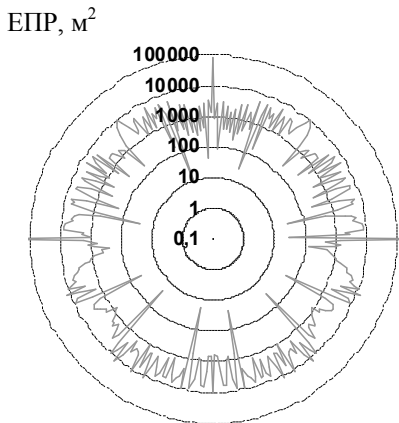


Рис. 8. Кругова діаграма ЕПР моделі ПУ 5П85С

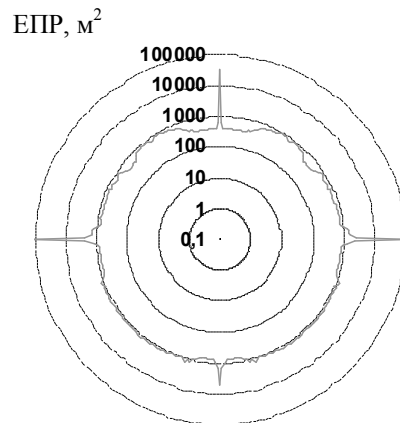


Рис. 9. Кругова діаграма НЕПР моделі ПУ 5П85С

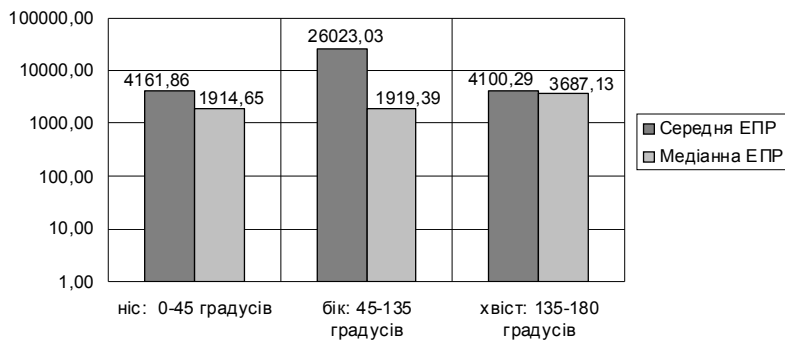


Рис. 10. Середні та медіанні ЕПР для головних діапазонів азимутів опромінення (фронт, бік, тил)

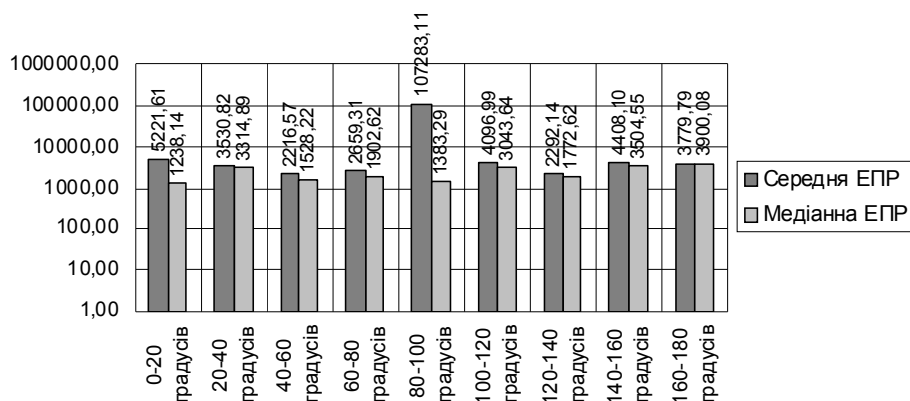


Рис. 11. Середні та медіанні ЕПР для двадцятиградусних діапазонів азимутів опромінення

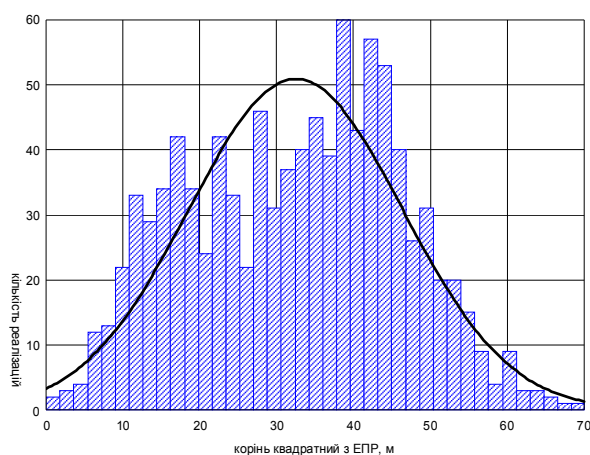


Рис. 12. Гістограма амплітудного множника (квадратного кореня з ЕПР) відбитого сигналу

ВИСНОВКИ

1. Розроблена модель поверхні ПУ 5П85С.
2. Проведені розрахунки ЕПР отриманої моделі поверхні ПУ 5П85С для всього азимутального діапазону і кута місця зондування 10° .
3. Результати розрахунків показали, що для горизонтальної поляризації зондуючого сигналу сере-

дня ЕПР ПУ 5П85Д складає $1015,7 \text{ м}^2$, кругова медіанна ЕПР складає $136,09 \text{ м}^2$, для вертикальної поляризації зондуючого сигналу – відповідно $152,08$ та $20,55 \text{ м}^2$.

4. Отримані результати можуть бути використані для модернізації розглянутого об'єкту та на етапах проектування перспективних зразків військової техніки схожої конфігурації з метою зниження їх радіолокаційної помітності.

Список літератури

1. Вестник ПВО. Зенитный ракетный комплекс С-300ПС [Електронний ресурс]. – Режим доступу до журналу: http://pvo.guns.ru/s300p/index_s300ps.htm.
2. Рассеяние электромагнитных волн воздушными и наземными радиолокационными объектами: монография / [О.И. Сухаревский, В.А. Василец, С.В. Кукобко, [и др.]; под ред. О.И. Сухаревского. – Х.: ХУПС, 2009. – 468 с.
3. Фундаментальные и прикладные задачи теории рассеяния электромагнитных волн / Ю.К. Сиренко, И.В. Сухаревский, О.И. Сухаревский, Н.П. Яшина; под ред. Ю.К. Сиренко. – Х.: Крок, 2000. – 344 с.

Надійшла до редколегії 5.09.2015

Рецензент: д-р техн. наук ст. наук. співр. В.К. Іванов, Інститут радіофізики та електроніки НАН України, Харків.

РАСЧЕТ ЭФФЕКТИВНОЙ ПОВЕРХНОСТИ РАССЕЯНИЯ МОДЕЛИ ПУСКОВОЙ УСТАНОВКИ 5П85С ЗЕНИТНОГО РАКЕТНОГО КОМПЛЕКСА С-300ПС

О.И. Сухаревский, В.А. Василец, Я.А. Белевшук, Г.Я. Криховецкий

Разработана модель поверхности пусковой установки 5П85С зенитного ракетного комплекса С-300ПС. Приведены основные соотношения для расчета эффективной поверхности рассеяния пусковой установки. Проведены расчеты радиолокационных характеристик пусковой установки, в частности, когерентная, некогерентная, средняя и медианная эффективная поверхность рассеяния, гистограмма амплитудного множителя отраженного сигнала для горизонтальной и вертикальной поляризации. Сделаны выводы относительно использования полученных результатов.

Ключевые слова: эффективная поверхность рассеяния, эллипсоид, поляризация.

CALCULATION OF EFFECTIVE SURFACE OF DISPERSION OF MODEL OF STARTING SETTING 5P85S OF ZENITHAL ROCKET COMPLEX S-300 PS

O.I. Sukharevsky, V.A. Vasilets, Y.A. Belevshchuk, H.Ya. Krikhoveckiy

The model of surface of the starting setting 5P85S of zenithal rocket complex S-300 PS is developed. Basic correlations for the calculation of effective surface of dispersion of the starting setting are resulted. The calculations of radio-location descriptions of the starting setting are conducted, in particular, coherent, non-coherent, middle and median effective surface of dispersion, histogram of peak multiplier of the reflected signal for horizontal and vertical polarization. Conclusions are done in relation to drawing on the got results.

Keywords: effective surface of dispersion, ellipsoid, polarization.