

УДК 621.396.96

Я.О. Белевщук, В.О. Василець, Д.Ю. Свистунов, А.В. Поляков

Харківський університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, Харків

РОЗРАХУНОК ЕФЕКТИВНОЇ ПОВЕРХНІ РОЗСІЯННЯ МОДЕЛІ ПУНКТУ БОЙОВОГО УПРАВЛІННЯ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ЗЕНІТНОЇ РАКЕТНОЇ БРИГАДИ “ПОЛЯНА-Д4”

Розроблена модель поверхні пункту бойового управління автоматизованої системи управління зенітної ракетної бригади “Поляна-Д4”. Наведені основні співвідношення для розрахунку ефективної поверхні розсіювання пункту бойового управління. Проведені розрахунки радіолокаційних характеристик пункту бойового управління, зокрема, когерентна, некогерентна, середня та медіанна ефективна поверхня розсіювання, гістограма амплітудного множника відбитого сигналу для горизонтальної та вертикальної поляризації. Зроблені висновки відносно використання отриманих результатів.

Ключові слова: радіолокаційні характеристики, ефективна поверхня розсіювання.

Вступ

Постановка проблеми і аналіз літератури. На озброєнні зенітних ракетних бригад стоять пункти бойового управління (ПБУ), які призначені для управління бойовими діями зенітно-ракетного дивізіону при відбитті нальотів засобів повітряного нападу противника і вирішення розрахункових задач в процесі організації бойових дій бригади [1]. Живучість, а значить, і бойова ефективність ПБУ 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 розсіювання (ЕПР) ПБУ (машини МП06) автоматизованої системи управління (АСУ) зенітної ракетної бригади “Поляна-Д4” присвячена ця стаття.

Мета роботи – розробка моделі ПБУ АСУ “Поляна-Д4”, розрахунок і аналіз радіолокаційних характеристик (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 прий-

мальної і передавальної антен відповідно. Передбачається, що зондування проводиться плоскою монохроматичною електромагнітною хвилею одичної амплітуди.

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

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

Моделювання поверхні ПБУ АСУ “Поляна-Д4”. Зовнішній вигляд ПБУ АСУ “Поляна-Д4” представлений на рис. 1. Відповідно до конструкції ПБУ для проведення розрахунків РЛХ була створена модель його поверхні, яка представлена на рис. 2.



Рис. 1. ПБУ АСУ “Поляна-Д4”

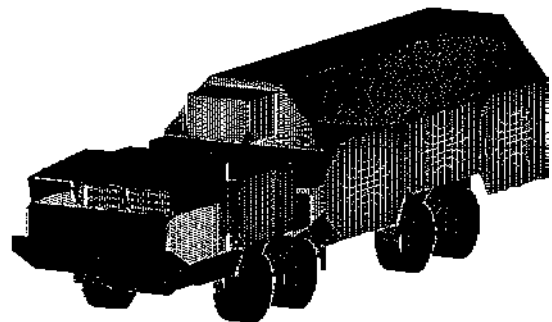


Рис. 2. Модель ПБУ АСУ “Поляна-Д4”

Поверхня апроксимована за допомогою ділянок 91 еліпсоїдів. Злами поверхні були промодельовані за допомогою 97 прямих крайкових ділянок розсіювання.

РЛХ моделі ПБУ АСУ “Поляна-Д4” 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). Сухий суглинок.

На рис. 3 приведена кругова діаграма ЕПР ПБУ АСУ “Поляна-Д4”.

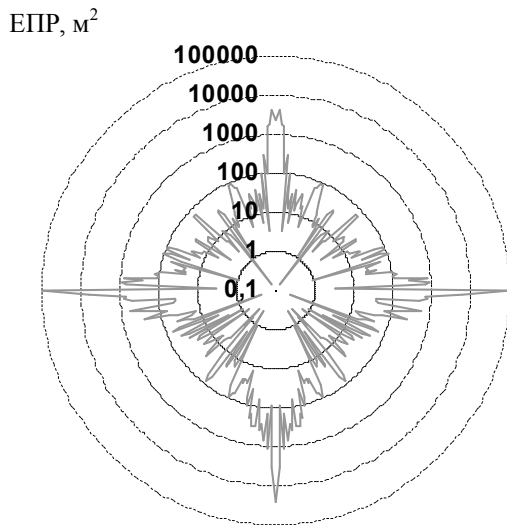


Рис. 3. Кругова діаграма ЕПР моделі ПБУ АСУ “Поляна-Д4”

На рис. 4 приведена кругова діаграма некогерентної ЕПР (НЕПР) ПБУ АСУ “Поляна-Д4”.

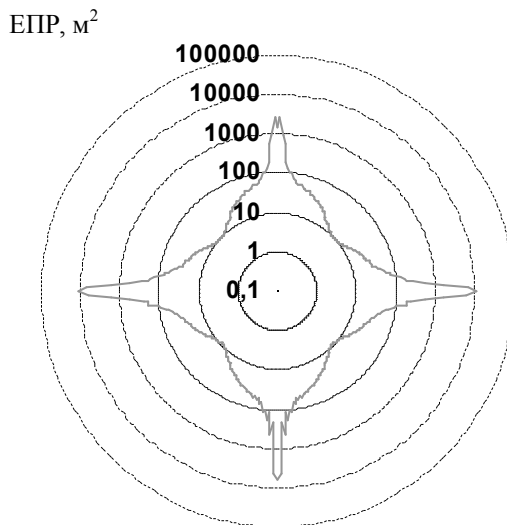


Рис. 4. Кругова діаграма НЕПР моделі ПБУ АСУ “Поляна-Д4”

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 ПБУ складає 712,1 м². Кругова медіанна ЕПР (значення ЕПР, яке використовується при розрахунках дальності виявлення об’єкта з ймовірністю 0,5) складає 24,74 м².

На рис. 5, 6 наведені середні та медіанні значення ЕПР (значення ЕПР, яке використовується при розрахунках дальності виявлення об’єкта з ймовірністю 0,5) для головних діапазонів азимутів опромінення (фронт, бік, тил) та для діапазонів у 20 градусів. Значення ЕПР наведені в квадратних метрах.

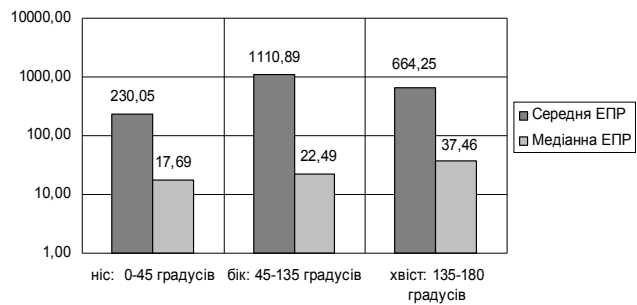


Рис. 5. Середні та медіанні ЕПР для головних діапазонів азимутів опромінення (фронт, бік, тил)

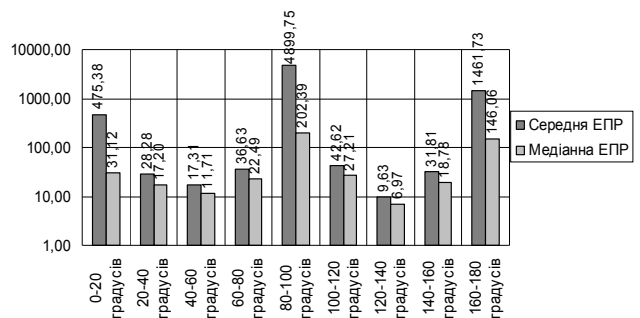


Рис. 6. Середні та медіанні ЕПР для двадцятиградусних діапазонів азимутів опромінення

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 логнормального закону розподілу ймовірності з функцією щільності:

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

де $\mu = 1,976$; $\sigma = 1,031$.

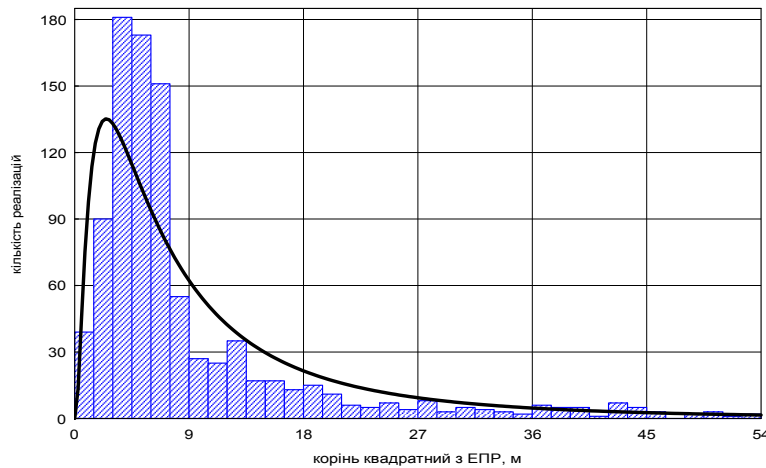


Рис. 7. Гістограма амплітудного множника (квадратного кореня з ЕПР) відбитого сигналу

Вертикальна поляризація. На рис. 8 приведена кругова діаграма ЕПР ПБУ АСУ “Поляна-Д4”.

ЕПР, м²

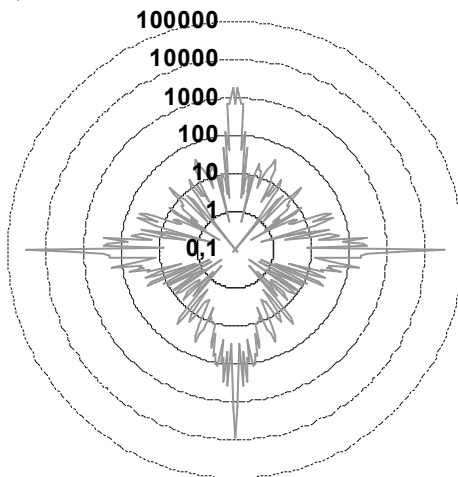


Рис. 8. Кругова діаграма ЕПР моделі ПБУ АСУ “Поляна-Д4”

На рис. 9 приведена кругова діаграма НЕПР ПБУ АСУ “Поляна-Д4”.

ЕПР, м²

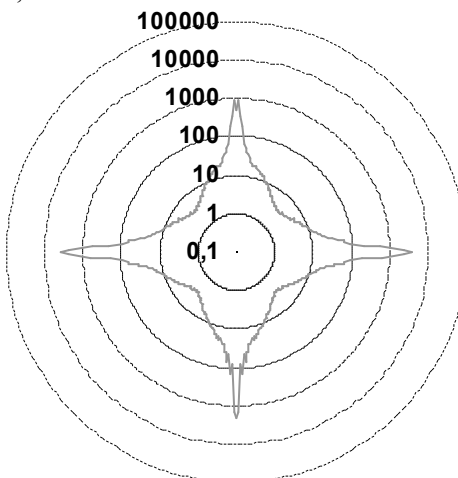


Рис. 9. Кругова діаграма НЕПР моделі ПБУ АСУ “Поляна-Д4”

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 ПБУ складає 255,1 м². Кругова медіанна ЕПР (значення ЕПР, яке використовується при розрахунках дальності виявлення об’єкта з ймовірністю 0,5) складає 9,79 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 квадратних метрах.

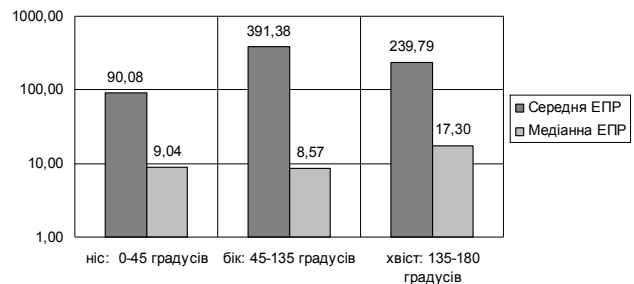


Рис. 10. Середні та медіанні ЕПР для головних діапазонів азимутів опромінення (фронт, бік, тил)

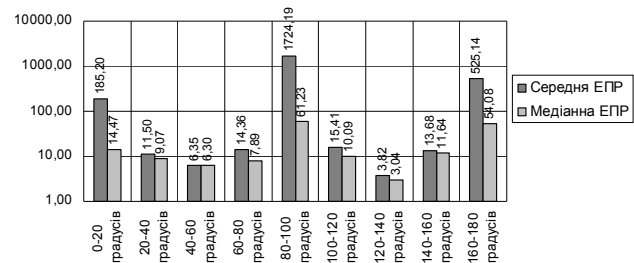


Рис. 11. Середні та медіанні ЕПР для двадцятиградусних діапазонів азимутів опромінення

На рис. 12 наведена гістограма амплітудного множника (квадратного кореня з ЕПР) відбитого сигналу для діапазону азимутів опромінення - 20...+20 градусів (опромінення з фронту).

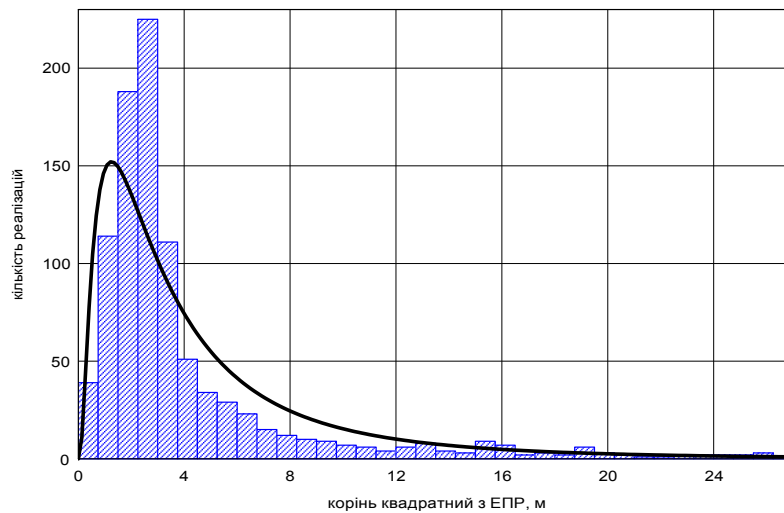


Рис. 12. Гістограма амплітудного множника (квадратного кореня з ЕПР) відбитого сигналу

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:

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

де $\mu = 1,167$; $\sigma = 0,970$.

Висновки

1. Розроблена модель поверхні ПБУ АСУ “Поляна-Д4”.
2. Проведені розрахунки ЕПР отриманої моделі поверхні ПБУ АСУ “Поляна-Д4” для всього азимутального діапазону і кута місця зондування 10° .
3. Результати розрахунків показали, що для горизонтальної поляризації зондуючого сигналу середня ЕПР ПУ 5П85Д складає $712,1 \text{ м}^2$, кругова медіанна ЕПР складає $24,74 \text{ м}^2$, для вертикальної поляризації зондуючого сигналу – відповідно $255,1 \text{ м}^2$ та $9,79 \text{ м}^2$.

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. Автоматизированные системы управления войск ПВО Сухопутных войск. Ч. 2. Устройство и применение автоматизированных систем управления: учебн. / В.П. Сорокин, В.В. Азаренков, Э.А. Кузьмин, А.И. Самбур и др.; под ред. Н.В. Филатова. – К.: ВА ПВО СВ, 1990. – 308 с.
2. Рассеяние электромагнитных волн воздушными и наземными радиолокационными объектами: монография / Под ред. О.И. Сухаревского. – Х.: ХУПС, 2009. – 468 с.
3. Фундаментальные и прикладные задачи теории рассеяния электромагнитных волн / Под ред. Ю.К. Сиренко. – Х.: Крок, 2000. – 344 с.

Надійшла до редколегії 14.10.2013

Рецензент: д-р техн. наук, проф. О.И. Сухаревский, Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків.

РАСЧЕТ ЭФФЕКТИВНОЙ ПОВЕРХНОСТИ РАССЕЯНИЯ МОДЕЛИ ПУНКТА БОЕВОГО УПРАВЛЕНИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ЗЕНИТНОЙ РАКЕТНОЙ БРИГАДЫ “ПОЛЯНА-Д4”

Я.А. Белевшук, В.А. Василец, Д.Ю. Свистунов, А.В. Поляков

Разработана модель поверхности пункта боевого управления автоматизированной системы управления зенитной ракетной бригады “Поляна-Д4”. Приведены основные соотношения для расчета эффективной поверхности рассеяния пункта боевого управления. Проведены расчеты радиолокационных характеристик пункта боевого управления, 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 POINT OF COMMAND AND CONTROL OF AUTOMATED CONTROL SYSTEM OF ANTI-AIRCRAFT MISSILE BRIGADE “POLYANA-D4”

Y.A. Belevshchuk, V.A. Vasilets, D.Yu. Svistunov, A.V. Polyakov

The model of surface of the point of command and control of automated control system of anti-aircraft missile brigade “Polyana-D4” is developed. Basic correlations for the calculation of effective surface of dispersion of the point of command and control are resulted. The calculations of radio-location descriptions of the point of command and control 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.