

## **„УЯВНА” ЕФЕКТИВНА ПОВЕРХНЯ РОЗСПОВАННЯ БЕЗЛУННИХ КАМЕР НАДВИСОКИХ ЧАСТОТ, МЕТОДИКА ЇЇ ВИЗНАЧЕННЯ ТА ЗМЕНШЕННЯ**

С.В. Орехов<sup>1</sup>, С.В. Нечитайло<sup>2</sup>, К.В. Садовий<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Харківський університет Повітряних Сил,

<sup>2</sup>Об'єднаний науково-дослідний інститут ЗС України, Харків)

*У роботі розглядається одна з основних радіотехнічних характеристик безлуних камер надвисоких частот – «уявна» ефективна поверхня розсіювання безлуної камери. Приводяться методики визначення «уявної» ефективної поверхні розсіювання безлуної камери надвисоких частот. Викладаються рекомендації, щодо зменшення «уявної» ефективної поверхні розсіювання безлуної камери, з метою підвищення точності вимірювання характеристик розсіювання різних радіолокаційних об'єктів у безлуній камері надвисоких частот.*

***«уявна» ефективна поверхня розсіювання, безлуна камера, характеристики розсіювання, радіолокаційні об'єкти***

**Постановка проблеми та аналіз літератури.** Для атестації безлуних камер (БЛК) надвисоких частот (НВЧ) і зручності їхнього порівняння використовуються наступні радіотехнічні характеристики: коефіцієнт безлуновості  $K_B$  і „уявна” ефективна поверхня розсіювання (ЕПР) БЛК  $\sigma_K$  [1, 2]. Основною характеристикою БЛК НВЧ, призначених для виміру характеристик розсіювання радіолокаційних цілей, є їх „уявна” ЕПР  $\sigma_K$ . Під „уявною” ЕПР БЛК розуміють ЕПР еталонного розсіювача (наприклад, кулі), поміщеного на місці випробуваного розсіювача (на відстані  $R$  від приймально-передавальної антенної системи вимірювальної установки) та маючого таку ЕПР, що створює у прийомній антени таку ж щільність потоку потужності, яку створюють усі відбиті від внутрішньої поверхні БЛК хвилі [2].

„Уявну” ЕПР БЛК  $\sigma_K$  можливо визначити використовуючи модифікований метод безпосереднього виміру розсіяної потужності [3]. Даний метод дозволяє вимірити коефіцієнт безлуновості БЛК  $K_B$ , у загальному випадку пропорційний коефіцієнту відбиття матеріалу, що радіопоглинає, яким облицьована БЛК НВЧ, і рівний [3]:

$$K_B = \left( \frac{\sigma_K}{\sigma_M} \right) \cdot \left( \frac{R_M}{R_{\text{БЛК}}} \right)^4, \quad (1)$$

де  $\sigma_K$  і  $R_{\text{БЛК}}$  – еквівалент ЕПР площі БЛК („уявна” ЕПР БЛК), що відбиває сигнал у напрямку головного пелюстка прийомної антени і відстань від цієї площі до передавальної і приймальної антен, відповідно;  $\sigma_M$  – ЕПР металевого листа розташованого в напрямку головного пелюстка прийомної антени на відстані  $R_M$  від її.

Вимірний даним методом коефіцієнт безлуновості БЛК Харківського університету Повітряних Сил (ХУПС), при довжині хвилі електромагнітних коливань  $\lambda \approx 3,2$  см, склав:  $K_B = 50$  дБ. Отже виходячи з (1), „уявна” ЕПР БЛК  $\sigma_K$  складає приблизно  $0,00066 \text{ м}^2$  ( $R_{\text{БЛК}} = 6,5$  м;  $R_M = 8,5$  м;  $\sigma_M \approx 218 \text{ м}^2$ ).

**Мета статті.** Показати методику прямого визначення і шлях зменшення „уявної” ЕПР БЛК НВЧ, з метою підвищення точності виміру радіолокаційних характеристик розсіювання, об’єктів що досліджуються. Тому що, для того щоб уникнути помилок при вимірюваннях, величиною більш 1 дБ (що складає близько 26% по відношенню до ЕПР), необхідно, щоб ЕПР фону („уявна” ЕПР БЛК  $\sigma_K$ ) була менше 1/100 ЕПР досліджуваного розсіювача [4].

**Методика визначення та зменшення „уявної” ЕПР БЛК НВЧ.** Відзначимо, що вимірювання коефіцієнта безлуновості БЛК НВЧ  $K_B$  модифікованим методом безпосереднього виміру розсіяної потужності проводився з використанням безперервного, монохроматичного зонduючого сигналу. З метою зменшення „уявної” ЕПР БЛК  $\sigma_K$  було запропоновано використовувати ЛЧМ сигнал, який має високу розрізняльну здатність  $\Delta R = 0,75$  м ( $\Delta f = 200$  МГц, де  $\Delta f$  – девіація зонduючого ЛЧМ сигналу). Застосування даного зонduючого сигналу повинне привести до зменшення аналізованого об’єму навколо досліджуваного об’єкта. Отже, віддзеркалення від задньої стінки БЛК, її стелі і підлоги, що не попадають в аналізований об’єм можуть бути відселектовані, що у свою чергу приведе до зменшення впливу фонові складові на точність вимірювання радіолокаційних характеристик розсіювання проведених у БЛК НВЧ, тобто „уявна” ЕПР  $\sigma_K$  БЛК буде зменшена. Девіація зонduючого сигналу, що визначає розрізняльну здатність ЛЧМ сигналу, вибиралася таким чином, щоб об’єкти, які досліджуються знаходилися в одному об’єму, що розрізняється (реально вибирали  $\Delta R \approx 2L$ , де  $L$  – максимальний розмір радіолокаційного об’єкта, що може досліджуватися в даній БЛК НВЧ, у нашому випадку  $L_{\text{max}} \leq 0,32$  м). Так як ширина спектру зон-

дуючого ЛЧМ сигналу, в цьому випадку, недостатня для розрізнення центрів розсіювання складних цілей, що досліджуються, то віддзеркалений від цілі сигнал буде представляти собою суму сигналів, віддзеркалених від усіх блискучих точок об'єкту, що досліджується. Тобто, сигнал на виході амплітудного детектору вимірювального комплексу буде являти собою вузькополосне колювання з середньою частотою, що характеризує відстань до об'єкту дослідження, спектральна щільність потужності якого прямо пропорційна ЕПР цілі.

Дослідження проводилися за допомогою експериментального вимірювального комплексу, який існує в БЛК ХУПС. Вимірювання „уявної” ЕПР БЛК  $\sigma_K$  проводилися за методикою, розробленою в [2].  $\sigma_K$  визначалася разом з опором, на якій було розташовано розсіювач, що досліджувався, компенсація фонових складових (шум приймача, шум БЛК) при цьому не проводилася в зв'язку з їхньої малістю. Виміри проводилися за допомогою двох еталонних металевих сфер діаметром 0,1 і 0,125 м.

При проведенні експерименту еталонна сфера закріплювалася на опорі зі здвигом на кілька довжин хвиль від осі обертання поворотного пристрою. При обертанні опори фаза сигналу, відбитого від сфери, проходить усі значення від 0 до  $2\pi$  стосовно фази сигналу, відбитого від внутрішньої поверхні камери. Інтерференційні криві залежності амплітуди прийнятого сигналу, відбитого еталонними сферами, від кутового положення поворотного пристрою представлені на рис. 1 (тонка лінія – еталонна сфера діаметром 0,125 м, жирна лінія – еталонна сфера діаметром 0,1 м).

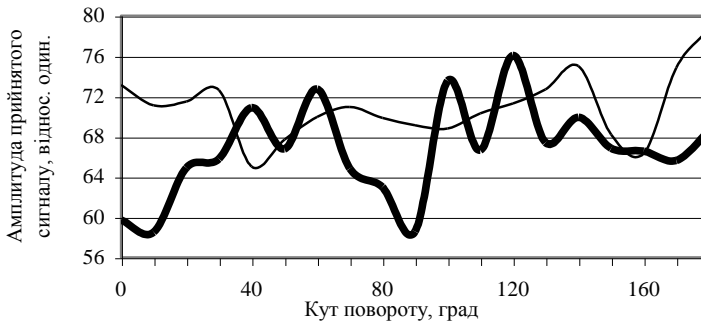


Рис. 1. До визначення „уявної” ЕПР БЛК

Максимальні значення цієї кривої відповідають полю  $U_{\max}$ , отриманому при додаванні „поля камери”  $\sqrt{\sigma_K}$  і „поля від еталонної сфери”  $\sqrt{\sigma_{CF}}$ , і рівні  $U_{\max} = \sqrt{\sigma_K} + \sqrt{\sigma_{CF}}$ ; мінімальні значення відповідають

полю  $U_{\min} = \sqrt{\sigma_{\text{СФ}}} - \sqrt{\sigma_{\text{К}}}$ . Обчислюючи відношення напруги поля у максимумі і мінімумі інтерференційних кривих, які будуть виражатися так:

$$W = \frac{U_{\max}}{U_{\min}} = \frac{\sqrt{\sigma_{\text{СФ}}} + \sqrt{\sigma_{\text{К}}}}{\sqrt{\sigma_{\text{СФ}}} - \sqrt{\sigma_{\text{К}}}},$$

і знаючи величину ЕПР еталонної сфери, визначаємо „уявну” ЕПР БЛК:

$$\sigma_{\text{К}} = \sigma_{\text{СФ}} \cdot \left( \frac{W-1}{W+1} \right)^2.$$

Середнє для двох знайдених значень  $i$  є шукана величина  $\sigma_{\text{К}} \approx 0,00012 \text{ м}^2$ . Отримана в ході вимірів величина  $\sigma_{\text{К}}$  більш ніж у п'ять разів менше розрахункової. Це пов'язано з тим, що аналізований об'єм, що розрізняється, менше, ніж уся безлунна камера, а отже, менше і величина фонові складової в даному обсязі.

**Висновки.** Застосування в експериментальних вимірювальних комплексах на базі БЛК НВЧ, створених для дослідження характеристик розсіювання різних радіолокаційних об'єктів, ЛЧМ – сигналу, що має високу розрізнявальну здатність по дальності, дозволяє зменшити „уявну” ЕПР  $\sigma_{\text{К}}$  БЛК, що, у свою чергу, дозволить підвищити точність вимірів, які проводяться у БЛК (особливо в діапазоні малих значень ЕПР досліджуваних об'єктів), тому що для того щоб уникнути помилок при вимірюваннях, величиною більш 1 дБ (що складає біля 26% по відношенню до ЕПР), необхідно, щоб ЕПР фону („явна” ЕПР БЛК  $\sigma_{\text{К}}$ ) була менше 1/100 ЕПР розсіювача [4].

## ЛІТЕРАТУРА

1. Майзельс Е.Н., Торгованов В.А. Измерение характеристик рассеяния радиолокационных целей. – М.: Сов. радио, 1972. – 232 с.
2. Мицмакер М.Ю., Торгованов В.А. Безэховые камеры СВЧ. – М.: Радио и связь, 1982. – 128 с.
3. Каменский Э.Ф., Леонов И.Г., Максютя Д.В., Наконечный В.С., Нечитайло С.В., Орехов С.В., Побережный А.А. Безэховая камера СВЧ сантиметрового диапазона и методика определения ее основных характеристик // Системы обработки информации. – Х.: ХВУ. – 2000. – Вып. 4 (30). – С. 72 – 78.
4. Справочник по радиолокации / Под ред. М. Скольника. Нью-Йорк, 1970. Пер. с англ. (в четырех томах) под общ. ред. К.Н. Трофимова. Т. 1. Основы радиолокации. Под ред. Я.С. Ицхоки. – М.: Сов. радио, 1976. – 456 с.

Надійшла 12.05.2005

**Рецензент:** доктор технических наук, профессор А.В. Кобзев,  
Харьковский университет Воздушных Сил.