

УДК 621.396.96

ФЕДОТОВ Б.М., старший науковий співробітник, кандидат технічних наук,
старший науковий співробітник

КОВТУН В.І., інженер

ОЦІНКА ВПЛИВУ КРИВИЗНИ ФРОНТУ ХВИЛІ НА ТОЧНІСТЬ ВИМІРЮВАННЯ ФУНКЦІЇ ВІДБИТТЯ В ЛОКАТОРАХ З СИНТЕЗОВАНОЮ АПЕРТУРОЮ

Стаття присвячена оцінці впливу кривизни фронту хвилі зондувального сигналу на точність виміру функції відбиття в радіолокаційних станціях з синтезованою апертурою. Цей вплив обумовлений тим, що прийняті сигнали фіксуються для кожного каналу дальності, а фактично вимірюються відбиті сигнали від кільцевого сектору, краї якого виходять за межі прямокутного інтервалу синтезування апертури

Ключові слова: синтезована апертура, розрізнення по нахиленій дальності, ефективна площа відбивання, елемент розрізнення

Відомий метод вирівнювання фронту хвилі зондувальних сигналів [1], знімає структурне обмеження на добуток розрізняювальних координат. Максимальна дальність дії радіолокаційної станції з синтезованою апертурою (РСА) при цьому визначається енергетикою станції та дорівнює [2]

$$R_H \leq \sqrt[3]{\frac{P_{cp} d_e^2 d_r \sigma_{уд. \min}}{4\pi \lambda W \kappa_{ш} k T \eta}} \delta x \delta r, \quad (1)$$

де P_{cp} – середня потужність випромінювання передавача РСА; λ – довжина хвилі зондувального сигналу; W – шляхова швидкість носія РСА; $\kappa_{ш}$ – коефіцієнт шуму приймача; k – постійна Больцмана; T – температура в градусах Кельвіна; η – необхідне значення коефіцієнта розрізнення; δx , δr – розрізнення за шляховою і нахильною дальністю; d_e , d_r – вертикальний і горизонтальний розмір антени РСА; $\sigma_{уд. \min}$ – поверхня з мінімальною питомою ефективною площею відбиття. Якість отриманого радіолокаційного зображення визначається вибраним відношенням сигнал/шум. В РСА коефіцієнт розрізненості η вибирається для поверхні Землі з мінімальною питомою ефективною площею відбиття (ЕПВ) фону

місцевості. Цим на максимальній дальності дії забезпечується задана якість отриманого радіолокаційного зображення, яка визначається ймовірністю правильного виявлення цілі і хибної тривоги, що відповідає необхідній точності вимірювання енергії відбитого сигналу від елемента розрізнення РСА.

Суть полягає в тому, що рівняння дальності дії РСА отримане з базового рівняння дальності виявлення цілі оглядової РЛС. Вибравши рівень квантування вимірюваного сигналу рівним потужності сигналу, який приймається від поверхні з мінімальною відбиваючою здатністю $\Delta P_{с.изм} = P_{с.мин}$, отримуємо вибрану точність вимірювання сигналу відбитого від елемента розрізнення $\delta x \cdot \delta r$ з мінімальною питомою ЕПВ.

Обмеження на сумісне розрізнення за шляховою і нахильною дальністю виникають із вимоги, щоб зміни дальності під час руху цілі у поперечному напрямку в межах променя були менше половини тривалості імпульсу. У іншому випадку відбивання від цілі не будуть розташовуватися у межах одного й того ж елемента розрізнення по дальності. Геометрична інтерпретація цього обмеження полягає в тому, що ціль (блискауча точка) розташована на вісі каналу нахиленої дальності і допустимий кут синтезування апертури визначається кривизною фронту хвилі зондованого сигналу і розрізняювальною здатністю за нахиленою дальністю (рис. 1).

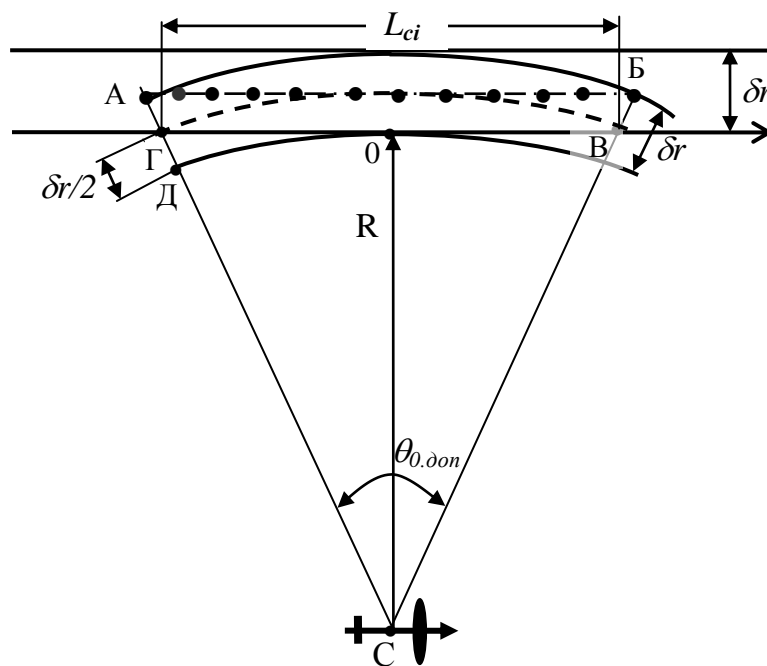


Рис. 1. Інтерпретація обмеження на добуток розрізняювальних координат

В той же час представлення відбитих сигналів від елементів розрізнення у вигляді блискаучих точок, розташованих у центрі розрізняювального елемента РСА, обумовлений сферичністю фронту хвилі, не дозволяє оцінити вплив сусідніх каналів на точність виміру енергії відбитих сигналів.

Для оцінки точності виміру енергії відбитого сигналу від елемента розрізнення на інтервалі синтезування, використаємо модель відбиття, яка заснована на понятті питомої ЕПВ.

При такій моделі енергія відбиття від елемента розрізнення каналу нахиленої дальності буде зменшуватися від середини до країв синтезованої апертури (рис. 2).

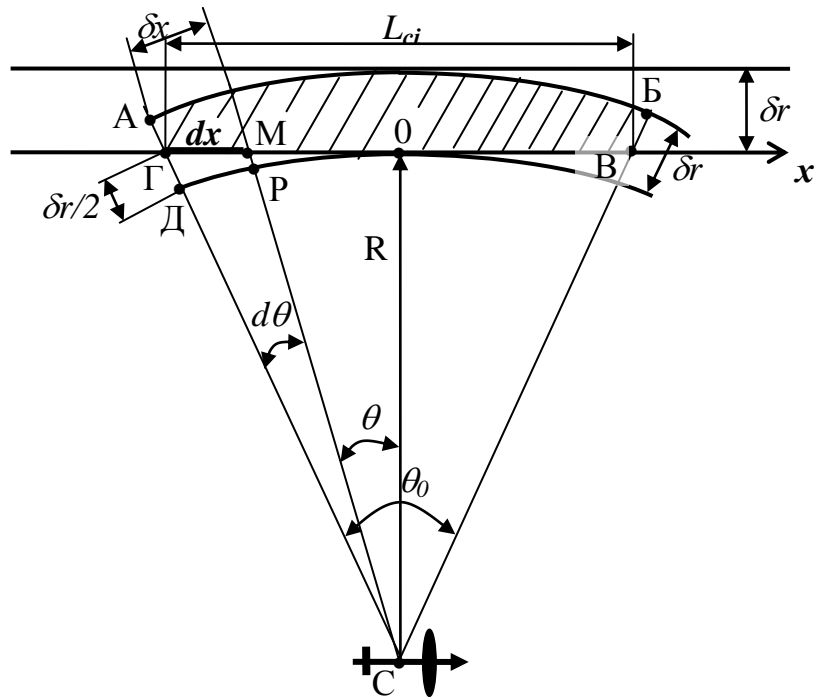


Рис. 2. Пояснення процесу синтезування апертури в i -му каналі дальності

Зміна відбитого сигналу від елемента розрізнення на інтервалі синтезування призводить до розширення ДС синтезованої антени [3].

З іншого боку кривизна фронту хвилі призводить до прийому відбитого сигналу від частини елемента розрізнення сусіднього каналу нахиленої дальності, що є завадою при вимірі відбиваючої здатності розрізняювального елемента.

При цьому питання впливу сигналів від сусідніх каналів нахиленої дальності, обумовлених сферичністю фронту хвилі зондувальних сигналів, у науковій літературі не розглянуте.

Метою даної статті є розгляд впливу на точність вимірювання енергії сигналів, відбитих від елемента розрізнення сусіднього елемента розрізнення по нахиленій дальності, в процесі синтезування апертури.

Суть полягає в тому, що при сферичному фронті хвилі, в процесі оптимальної обробки відбитих сигналів від кожного елемента розрізнення, до енергії прийнятої від елемента розрізнення каналу дальності додається четверта частини енергії відбитого сигналу від елемента розрізнення сусіднього каналу нахиленої дальності (див. рис. 2). Спектр цього сигналу квазірівномірний. В процесі оптимальної обробки цей завадний сигнал є подібним тепловому шуму.

При цьому точність виміру сигналу від елемента відбиття у каналі залежить від відношення енергії сигналу до щільності потужності шумів (у випадку, що розглядається, – від щільності завади сусіднього елемента сусіднього каналу дальності).

При дециметровому розрізненні ширина спектра зондувального сигналу 150 МГц . . . 1,5 ГГц.

Динамічний діапазон вхідних сигналів не перевищує 10^4 (див. табл. №1 [4]).

Таблиця 1

Поверхня	$\sigma_{уд}$			
	$\alpha = 10^0$		$\alpha = 30^0$	
	дБ	Відн. од.	дБ	Відн. од.
Водна поверхня	- 40	10^{-4}	- 37	$2 \cdot 10^{-4}$
Асфальт, бетон	- 32	$6 \cdot 10^{-4}$	- 29	$1,3 \cdot 10^{-3}$
Степ, суха трава	- 22	$6 \cdot 10^{-3}$	- 21	$8 \cdot 10^{-3}$
Степ, зелена трава	- 16	$2,5 \cdot 10^{-2}$	- 20	10^{-2}
Ліс	- 15	$3 \cdot 10^{-2}$	- 10	10^{-1}
Невеликі будови	- 10	10^{-1}	- 5	0,32

В таблиці 1 α – кут нахилення діаграми направленості до поверхні Землі.

Отже, відносна зміна вимірюваної енергії від елемента розрізнення не перевищує, для мінімально можливого значення величини відбиваючої поверхні Землі, значення

$$\frac{N_{ф. сос. кан. мак.}}{w_{ф. мин.}} = \frac{0,25\sigma_{уд. мак.}}{\Delta f_{зс} \cdot \sigma_{уд. мин.}} = \frac{0,25 \cdot 1}{0,15 \cdot 10^9 \cdot 10^{-4}} = 1,67 \cdot 10^{-5}, \quad (2)$$

де $N_{ф. сос. канн. мак.}$ – спектральна щільність сигналу сусіднього елемента сусіднього каналу нахиленої дальності; $w_{ф. мин.}$ – когерентно накопичена енергія від елемента розрізнення в процесі синтезування апертури антени; $\sigma_{уд. мак.}$ – максимально можливе значення питомої ефективної площі відбивання; $\sigma_{уд. мин.}$ – мінімально можливе значення питомої ефективної площі відбивання.

Таким чином, впливом сусіднього елемента розрізнення сусіднього каналу нахиленої дальності на точність виміру РСА функції відбиття можна знехтувати.

ЛІТЕРАТУРА

1. Патент №92116. Україна. МПК G01S 13/90. Спосіб синтезування апертури РЛС бокового огляду і пристрій для його здійснення / Федотов Б. М., Станкевич С. А., Пономаренко С. О. Власник патенту Державний науково-дослідний інститут авіації; – № а 2009 07223; заявл. 10.07.09; опубл. 27.09.10, Бюл. №18.
2. Федотов Б. Н./ Методика построения рабочих областей параметров “разрешающая способность – дальность действия” радаров с синтезированной апертурой/ Б. Н. Федотов, С. А. Станкевич// Радиоэлектронні і комп’ютерні системи, Харків: НАУ ХАІ, №1 (65). 2014.– С.7–13.
3. Федотов Б.Н./ Оценка влияния сферичности фронта волны на характеристики А.В. Небога, Т.Ю. Куровская./ Сучасні інформаційні технології у сфері безпеки та оборони.// К.: НУОУ, №2(8). 2010.– С. 40-43.
4. Радиолокационные станции воздушной разведки. / Под ред. Г.С. Кондратенкова. – М.: Воениздат, 1983.– 152 с.