



УКРАЇНА

(19) UA (11) 57660 (13) A

(51) 7 G01P3/42

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ  
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІОПИС  
ДО ДЕКЛАРАЦІЙНОГО ПАТЕНТУ  
НА ВИНАХІДвидається під  
відповідальність  
власника  
патенту

(54) СПОСІБ ВИМІРУ РАДІАЛЬНИХ ШВИДКОСТЕЙ ЦІЛЕЙ

1

(21) 2002097728

(22) 27.09.2002

(24) 16.06.2003

(46) 16.06.2003, Бюл. № 6, 2003 р.

(72) Головін Олексій Олександрович, Слюсар Ва-  
дим Іванович(73) ЦЕНТРАЛЬНИЙ НАУКОВО-ДОСЛІДНИЙ  
ІНСТИТУТ ОЗБРОЄННЯ ТА ВІЙСЬКОВОЇ  
ТЕХНІКИ ЗБРОЙНИХ СИЛ УКРАЇНИ

(57) 1. Спосіб виміру радіальних швидкостей цілей, що полягає в періодичному випроміненні імпульсних сигналів, здійсненні над прийнятими луна-сигналами операції аналого-цифрового перетворення (АЦП), формуванні вимірювальної вибірки шляхом багаторазового відбору однойменних відліків цифрових напруг сигналів, отриманих у різні періоди випромінення, здійсненні для виміру швидкості цілі зваженого підсумовування в межах сформованої зазначеним чином вимірювальної вибірки однойменних відліків сигналів, отриманих у різні періоди випромінення, який відрізняється тим, що визначення швидкості цілі проводять шляхом виміру періодичного зсуву у часі сигналів в сформованій вимірювальній вибірці, який виникає протягом N зондувань внаслідок руху цілі.

2. Спосіб за п.1, який відрізняється тим, що визначення швидкості цілі здійснюють за виразом:

$$V = \frac{d \cdot \Delta t \cdot c}{2T}$$

де: T - період повторення зондувальних імпульсів, c - швидкість світла, d - періодичний зсув у часі сигналів в сформованій вимірювальній вибірці внаслідок руху цілі, оцінений в періодах дискретизації АЦП,  $\Delta t$  - період дискретизації АЦП.

3. Спосіб за пп.1, 2, який відрізняється тим, що операції АЦП луна-сигналів передують їх амплітудне детектування.

4. Спосіб за пп.1, 2, який відрізняється тим, що після операції АЦП луна-сигналів здійснюють їх цифрове детектування, наприклад, шляхом відкидання знакового розряду.

5. Спосіб за пп.3, 4, який відрізняється тим, що зважене підсумовування однойменних відліків сигналів, отриманих у різні періоди випромінення, здійснюють за виразом:

2

$$F = \frac{\left[ \sum_{s=0}^{S-1} \sum_{n=0}^{N-1} U_{sn} k(s + \tilde{z} - nd) \right]^2}{\sum_{s=0}^{S-1} \sum_{n=0}^{N-1} k(s + \tilde{z} - nd)^2}$$

де: N - кількість імпульсів у вибірці, S - протяжність вимірювальної вибірки у відліках АЦП, s - номер відліку АЦП, n - номер імпульсу,  $U_{sn}$  - напруга sn-го відліку АЦП, d - величина періодичного зсуву у часі сигналів в сформованій вимірювальній вибірці протягом N зондувань внаслідок руху цілі,

$$k(s + z - n \cdot d) = \begin{cases} k(s + z - n \cdot d), & \text{при } n \cdot d \leq s + z < M + n \cdot d \\ 0, & \text{при } n \cdot d > s + z \geq M + n \cdot d \end{cases}$$

- нормована до свого максимуму дискретна функція обвідної n-го імпульсу в s-м за номером відліку вимірювальної вибірки,

M - тривалість імпульсів у періодах дискретизації АЦП,

z - зсув першого з задіяних для виміру відліків АЦП відносно останнього імпульсу в пачці,

при цьому оцінку величини періодичного зсуву d здійснюють шляхом перебору можливих значень z та d з заданим кроком до досягнення функцією F максимуму максимумом.

6. Спосіб за пп.1, 2, який відрізняється тим, що операції аналого-цифрового перетворення луна-сигналів передують формування квадратурних складових сигналів шляхом аналогового перемноження прийнятого сигналу та опорного.

7. Спосіб за пп.1, 2, який відрізняється тим, що після аналого-цифрового перетворення луна-сигналів формують їх квадратурні складові у цифровому вигляді.

8. Спосіб за п.7, який відрізняється тим, що формування квадратурних складових сигналів здійснюють за допомогою дискретного перетворення Гільберта у режимі ковзаючого вікна над заданою кількістю відліків, яка залежить від порядку фільтра Гільберта.

9. Спосіб за пп.6-8, який відрізняється тим, що зважене підсумовування однойменних відліків сигналів, отриманих у різні періоди випромінення, здійснюють за виразом:

(13) A

(11) 57660

(19) UA

$$F_M = \frac{\left[ \sum_{s=0}^{S-1} \sum_{n=0}^{N-1} U_{sn}^c k^c(s + \bar{z} - n\bar{d}) \right]^2}{\sum_{s=0}^{S-1} \sum_{n=0}^{N-1} [k^c(s + \bar{z} - n\bar{d})]^2} + \frac{\left[ \sum_{s=0}^{S-1} \sum_{n=0}^{N-1} U_{sn}^s k^s(s + \bar{z} - n\bar{d}) \right]^2}{\sum_{s=0}^{S-1} \sum_{n=0}^{N-1} [k^s(s + \bar{z} - n\bar{d})]^2}$$

де  $N$  - кількість імпульсів у вибірці,  $S$  - протяжність вимірювальної вибірки у відліках АЦП,  $s$  - номер відліку АЦП,  $n$  - номер імпульсу,  $U_{sn}^c$ ,  $U_{sn}^s$  - квадратні складові напруги  $sn$ -го відліку АЦП,  $d$  - величина періодичного зсуву у часі сигналів в сформованій вимірювальній вибірці протягом  $N$  зондувань внаслідок руху цілі,

$$k^{c(s)}(s + z - n \cdot d) = \begin{cases} k^{c(s)}(s + z - n \cdot d), & \text{при } n \cdot d \leq s + z < M + n \cdot d \\ 0, & \text{при } n \cdot d > s + z \geq M + n \cdot d \end{cases}$$

- нормована до свого максимуму дискретна функція обвідної  $n$ -го імпульсу в  $s$ -м за номером відліку вимірювальної вибірки,  $M$  - тривалість імпульсів у періодах дискретизації АЦП,  $z$  - зсув першого з задіяних для виміру відліків АЦП відносно останнього імпульсу в пачці, при цьому оцінку величини періодичного зсуву  $d$  здійснюють шляхом перебору можливих значень  $z$  та  $d$  з заданим кроком до досягнення функцією  $F_M$  максимуму максимумом.

Винахід відноситься до галузі радіолокації і може бути застосований для виміру швидкості цілей при некогерентних зондуючих сигналах.

Відома значна кількість способів виміру радіальних швидкостей цілей, що спираються на одержання оцінки доплеровського зсуву частоти луна-сигналів в багатоканальному вимірювачі. Зокрема, сутність способу [1] полягає в застосуванні  $M$  частотних каналів з узгодженими фільтрами, частотне рознесення між якими вибирають, виходячи із заданої розрізняювальної здатності зондувального сигналу по доплеровській частоті. Оцінку частоти Доплера грубо роблять по номеру каналу (фільтра) з максимальною амплітудою вихідної напруги. Для підвищення точності оцінювання використовують напругу на виходах трьох і більше частотних каналів, причому оцінку частоти фіксують по максимуму огинаючої вихідних напруг обраних частотних каналів.

Недоліком даного способу є необхідність встановлення чималої кількості фільтрів і детекторів огинаючої, що збільшує габарити апаратури, а також обмеженість точності виміру.

Відомий спосіб виміру радіальної швидкості за допомогою відслідковуючого вимірювача дальності [2]. Сутність даного способу полягає у вимірі дальності, що змінюється в часі, шляхом зняття сигналу неузгодженості з дискримінатора та подальшого його диференціювання. Недоліком даного способу є низька точність виміру при значних прискореннях цілей та зривах автоматичного супроводження цілей по дальності.

Відомий спосіб виміру швидкості цілей "недоплеровським методом" [3]. Сутність способу полягає у випромінюванні двох коротких імпульсів у різні моменти часу і визначенні дальності до цілі  $d_1$  при першому зондуванні та  $D_2$  - при другому. З урахуванням відомого часу між послідовними імпульсами  $T$ , радіальну швидкість цілі знаходять за формулою

$$V_r = \frac{D_1 - D_2}{T} \quad (1)$$

Однак, забезпечення високої точності виміру швидкості даним способом пов'язане з необхідніс-

тю досягнення значного відношення сигнал-шум у кожному з зондувань.

Серед відомих способів виміру швидкості цілей найбільш близьким за своєю сутністю до винаходу, що заявляється, є цифровий спосіб виміру швидкості шляхом оцінки регулярного доплеровського зсуву частоти відбитих сигналів [4].

Сутність операцій способу-прототипу полягає в періодичному випроміненні імпульсних сигналів, здійсненні над прийнятими луна-сигналами операції аналого-цифрового перетворення, формуванні вимірювальної вибірки шляхом багаторазового відбору однойменних відліків цифрових напруг сигналів, отриманих у різні періоди випромінення, здійсненні для виміру швидкості цілі зваженого підсумовування в межах сформованої зазначеним чином вимірювальної вибірки однойменних відділків сигналів, отриманих у різні періоди випромінення, причому зважене підсумовування виконується за допомогою дискретного перетворення Фур'є (ДПФ) з подальшим вибором частотних каналів, в яких амплітуда сигналу перевищила поріг виявлення, та оцінкою по ним доплеровського зсуву частоти за методом максимальної правдоподібності.

Зазначений спосіб-прототип дозволяє істотно підвищити точність виміру швидкості. Однак, спосіб-прототип потребує високої когерентності сигналів і втрачає свою точність при великих швидкостях цілей за умов тривалого накопичення сигналів

З урахуванням сказаного, технічне завдання, що вирішується заявленим винаходом, полягає у підвищенні точності виміру швидкості цілей шляхом застосування цифрового методу виміру періодичного зсуву у часі сигналів, який виникає внаслідок руху цілі на протязі багатьох зондувань.

Сутність заявленого винаходу полягає в періодичному випроміненні імпульсних сигналів, здійсненні над прийнятими луна-сигналами операції аналого-цифрового перетворення, формуванні вимірювальної вибірки шляхом багаторазового відбору однойменних відліків цифрових напруг сигналів, отриманих у різні періоди випромінення, здійсненні для виміру швидкості цілі зваженого підсумовування в межах сформованої зазначеним

чином вимірювальної вибірки однойменних відліків сигналів, отриманих у різні періоди випромінення, причому, на відміну від прототипу, заявлений спосіб відрізняється тим, що визначення швидкості цілі проводять шляхом виміру періодичного зсуву у часі сигналів в сформованій вимірювальній вибірці, який виникає на протязі  $N$  зондувань внаслідок руху цілі.

Визначення швидкості цілі може здійснюватись за виразом:

$$V = \frac{d \cdot \Delta t \cdot c}{2T} \quad (2)$$

де  $T$  - період повторення зондувальних імпульсів,  $c$  - швидкість світла,  $d$  - періодичний зсув у часі сигналів в сформованій вимірювальній вибірці внаслідок руху цілі, оцінений в періодах дискретизації АЦП,  $\Delta t$  - період дискретизації АЦП.

Подальші варіанти конкретної реалізації заявленого способу різняться залежно від особливостей первинної обробки сигналів, зокрема застосування для виміру швидкості цілей луна-сигналів у вигляді відео- чи радіоімпульсів.

Так, один з варіантів заявленого способу може відрізнитись тим, що операції аналого-цифрового перетворення луна-сигналів передують їх амплітудне детектування. Інший варіант може передбачати виконання після операції аналого-цифрового перетворення луна-сигналів їх цифрового детектування, наприклад, шляхом відкидання знакового розряду.

В обох цих випадках, має місце застосування для виміру швидкості цілей луна-сигналів у вигляді відеоімпульсів. Тому подальший варіант операцій над ними відрізняється тим, що зважене підсумування однойменних відліків сигналів, отриманих у різні періоди випромінення, здійснюють за виразом:

$$F = \frac{\left[ \sum_{s=0}^{S-1} \sum_{n=0}^{N-1} U_{sn} k(s + \tilde{z} - n\tilde{d}) \right]^2}{\sum_{s=0}^{S-1} \sum_{n=0}^{N-1} [k(s + \tilde{z} - n\tilde{d})]^2} \quad (3)$$

де  $N$  - кількість імпульсів у вибірці,  $S$  - протяжність вимірювальної вибірки у відліках АЦП,  $s$  - номер відліку АЦП,  $n$  - номер імпульсу,  $U_{sn}$  - напруга  $sn$ -го відліку АЦП,  $d$  - періодичний зсув у часі сигналів в сформованій вимірювальній вибірці внаслідок руху цілі, оцінений в періодах дискретизації АЦП,

$$k(s + z - n \cdot d) = \begin{cases} k(s + z - n \cdot d), & \text{при } n \cdot d \leq s + z < M + n \cdot d \\ 0, & \text{при } n \cdot d > s + z \geq M + n \cdot d \end{cases} \quad (4)$$

нормована до свого максимуму дискретна функція огинаючої  $n$ -го імпульсу в  $s$ -м за номером відліку вимірювальної вибірки,

$M$  - тривалість імпульсів у періодах дискретизації АЦП,

$z$  - зсув першого з задіяних для виміру відліків АЦП відносно останнього імпульсу в пачці,

оцінку ж величини періодичного зсуву  $d$  здійснюють шляхом перебору можливих значень  $z$  та  $d$

з заданим кроком до досягнення функцією  $F$  (3) максимуму максимумом.

Слід звернути увагу, що в заявленому способі зважене підсумування однойменних відліків сигналів, отриманих у різні періоди випромінювання, виконують за аналогією із синтезом нульового частотного фільтра в процедурі швидкого перетворення Фур'є, передбаченої способом - прототипом (фіг.), де  $d$  - періодичний зсув у часі сигналів в сформованій вимірювальній вибірці внаслідок руху цілі, оцінений в періодах дискретизації АЦП  $z$  - зсув першого з задіяних для виміру відліків АЦП відносно останнього імпульсу в пачці.

При цьому задаються лінійною моделлю руху цілі в межах інтервалу спостереження. Швидкість цілі вважають постійною. Фактори, що впливають на рух цілі, такі як тип цілі, можливості маневрування, точність керування, неоднорідність середовища, у якій відбувається політ, не враховують.

Припускають, що зазначені імпульси мають однакову, описувану аналітичною функцією, відому форму згинаючої, і на інтервалі прийому сигнальної пачки період їхнього повторення  $d$  залишається незмінним. Також вважають, що приймальний тракт вносить зневажливо малі нелінійні перекручування.

У даній задачі в якості невідомих розглядають величини  $d$  і  $z$ . Для синтезу процедури їх знаходження було застосовано метод найменших квадратів [5].

Відповідна вихідна сума квадратів нев'язань усіх рівнянь системи мала вигляд:

$$F = \sum_{s=0}^{S-1} \sum_{n=0}^{N-1} \{U_{sn} - \tilde{a}k(s + z - n\tilde{d})\}^2 \rightarrow \min \quad (5)$$

де  $a$  - амплітуда сигналів.

Мінімум  $F$  забезпечується при цілком визначеній оцінці  $\tilde{a}$ . Цю оцінку знаходять шляхом диференціювання (5) по зазначеній невідомій і прирівнюванням до нуля її похідної:

$$\tilde{a} = \frac{\sum_{s=0}^{S-1} \sum_{n=0}^{N-1} U_{sn} k(s + \tilde{z} - n\tilde{d})}{\sum_{s=0}^{S-1} \sum_{n=0}^{N-1} [k(s + \tilde{z} - n\tilde{d})]^2} \quad (6)$$

Для знаходження оцінок  $\tilde{z}$  і  $\tilde{d}$  можна перейти до модифікованої, згідно [5], функції правдоподібності. Для цього доданки, що входять у (5) зводять у квадрат і розкривають дужки.

$$F = \sum_{s=0}^{S-1} \sum_{n=0}^{N-1} (U_{sn})^2 - 2\tilde{a} \sum_{s=0}^{S-1} \sum_{n=0}^{N-1} U_{sn} k(s + \tilde{z} - n\tilde{d}) + \sum_{s=0}^{S-1} \sum_{n=0}^{N-1} [\tilde{a}k(s + \tilde{z} - n\tilde{d})]^2 \quad (7)$$

Мінімізація  $F$  забезпечується при максимальному значенні доданку зі знаком "мінус" у виразі (7). ому модифікована функція правдоподібності з урахуванням отриманої оцінки (6) буде мати вид:

$$F_M = \frac{\left[ \sum_{s=0}^{S-1} \sum_{n=0}^{N-1} U_{sn} k(s + \tilde{z} - n\tilde{d}) \right]^2}{\sum_{s=0}^{S-1} \sum_{n=0}^{N-1} [k(s + \tilde{z} - n\tilde{d})]^2} = \max. \quad (8)$$

Як вже зазначалось, шукані оцінки  $\tilde{z}$  і  $\tilde{d}$  знаходять з (8) шляхом перебору з заданим кроком їхніх можливих значень до досягнення функцією

$F_M$  максимуму максиморум.

Підставивши отримане значення  $\tilde{d}$  у вираз (2) отримують точне значення радіальної швидкості цілі.

У випадку застосування для виміру швидкості цілей луна-сигналів у вигляді радіоімпульсів варіант виконання заявленого способу може відрізнитись тим, що операції аналого-цифрового перетворення луна-сигналів передують формування квадратурних складових сигналів шляхом аналогового перемноження прийнятого сигналу та опорного. У цьому випадку після формування квадратурних складових сигналів здійснюють їх аналого-цифрове перетворення, а подальші операції над прийнятими сигналами виконують у цифровій формі.

Інший варіант реалізації заявленого способу відрізняється тим, що після аналого-цифрового перетворення луна-сигналів формують їх квадратурні складові у цифровому вигляді. При цьому формування квадратурних складових сигналів може здійснюватись за допомогою дискретного перетворення Гільберта у режимі ковзаючого вікна над заданою кількістю відліків, яка залежить від порядку фільтра Гільберта.

В усіх випадках, коли має місце застосування для виміру швидкості цілей луна-сигналів у вигляді радіоімпульсів, подальший варіант операцій заявленого способу відрізняється тим, що зважене підсумовування однойменних відліків сигналів, отриманих у різні періоди випромінення, здійснюють за виразом:

$$F_M = \frac{\left[ \sum_{s=0}^{S-1} \sum_{n=0}^{N-1} U_{sn}^c k^c(s+z-nd) \right]^2}{\sum_{s=0}^{S-1} \sum_{n=0}^{N-1} k^c(s+z-nd)^2} + \frac{\left[ \sum_{s=0}^{S-1} \sum_{n=0}^{N-1} U_{sn}^s k^s(s+z-nd) \right]^2}{\sum_{s=0}^{S-1} \sum_{n=0}^{N-1} k^s(s+z-nd)^2} \quad (9)$$

де  $N$  - кількість імпульсів у вибірці,  $S$  - протяжність вимірювальної вибірки у відліках АЦП,  $s$  - номер відліку АЦП,  $n$  - номер імпульсу,  $U_{sn}^c$ ,  $U_{sn}^s$  - квадратурні складові напруги  $sn$ -го відліку АЦП,  $d$  - величина періодичного зсуву у часі сигналів в сформованій вимірювальній вибірці на протязі  $N$  зондувань внаслідок руху цілі,

$$k^{c(s)}(s+z-n \cdot d) = \begin{cases} k^{c(s)}(s+z-n \cdot d), & \text{при} \\ n \cdot d \leq s+z < M+n \cdot d \\ 0, & \text{при} n \cdot d > s+z \geq M+n \cdot d \end{cases} \quad (10)$$

нормована до свого максимуму дискретна функція огибаючої  $n$ -го імпульсу в  $s$ -м за номером відліку вимірювальної вибірки,

$M$  - тривалість імпульсів у періодах дискретизації АЦП,

$z$  - зсув першого з задіяних для виміру відліків АЦП відносно останнього імпульсу в пачці,

оцінку ж величини періодичного зсуву  $d$  здійснюють шляхом перебору можливих значень  $z$  та  $d$  з заданим кроком до досягнення функцією  $F_M$  (9) максимуму максиморум.

Зазначений варіант виміру швидкості за допомогою луна-сигналів у вигляді радіоімпульсів є оптимальним з точки зору мінімізації середньоквадратичної похибки виміру. Підтвердженням тому є застосування для його синтезу методу найменших

квадратів. Зокрема, вихідна сума квадратів нев'язань усіх рівнянь системи, яка застосовувалась для синтезу вимірювальної процедури, має вигляд:

$$F = \sum_{s=0}^{S-1} \sum_{n=0}^{N-1} \left\{ U_{sn}^c - \tilde{a}^c k^c(s+z-nd) \right\}^2 + \sum_{s=0}^{S-1} \sum_{n=0}^{N-1} \left\{ U_{sn}^s - \tilde{a}^s k^s(s+z-nd) \right\}^2 \rightarrow \min \quad (11)$$

де  $a$  - амплітуда сигналів,  $k(s+z-n \cdot d)$  - дискретна функція огибаючої  $n$  імпульсу в  $s$ -м по номеру відліку вимірювальної вибірки,  $S$  - тривалість імпульсів у періодах дискретизації АЦП,  $s$  - номер відліку АЦП,  $N$  - кількість імпульсів у вибірці.

Мінімум  $F$  (11) забезпечується при цілком визначених оцінках  $\tilde{a}^c$  і  $\tilde{a}^s$ . Ці оцінки знаходять шляхом диференціювання (11) по зазначеним невідомим і прирівнюванням до нуля їхніх часткових похідних:

$$\tilde{a}^c = \frac{\sum_{s=0}^{S-1} \sum_{n=0}^{N-1} U_{sn}^c k^c(s+z-nd)}{\sum_{s=0}^{S-1} \sum_{n=0}^{N-1} k^c(s+z-nd)^2}; \quad \tilde{a}^s = \frac{\sum_{s=0}^{S-1} \sum_{n=0}^{N-1} U_{sn}^s k^s(s+z-nd)}{\sum_{s=0}^{S-1} \sum_{n=0}^{N-1} k^s(s+z-nd)^2}; \quad (12)$$

Для знаходження оцінок  $\tilde{z}$  і  $\tilde{d}$  можна перейти до модифікованої, згідно [5], функції правдоподібності. Для цього доданки, що входять у (11), зводять у квадрат і розкривають дужки.

$$F = \sum_{s=0}^{S-1} \sum_{n=0}^{N-1} \left\{ U_{sn}^c \right\}^2 - 2\tilde{a}^c \sum_{s=0}^{S-1} \sum_{n=0}^{N-1} U_{sn}^c k^c(s+z-nd) + \sum_{s=0}^{S-1} \sum_{n=0}^{N-1} \left\{ \tilde{a}^c k^c(s+z-nd) \right\}^2 + \sum_{s=0}^{S-1} \sum_{n=0}^{N-1} \left\{ U_{sn}^s \right\}^2 - 2\tilde{a}^s \sum_{s=0}^{S-1} \sum_{n=0}^{N-1} U_{sn}^s k^s(s+z-nd) + \sum_{s=0}^{S-1} \sum_{n=0}^{N-1} \left\{ \tilde{a}^s k^s(s+z-nd) \right\}^2 \quad (13)$$

Мінімізація  $F$  (13) забезпечується при максимальному значенні доданків зі знаком "мінус" у виразі (13), тому модифікована функція правдоподібності з урахуванням отриманих оцінок (12) буде мати вид:

$$F_M = \frac{\left[ \sum_{s=0}^{S-1} \sum_{n=0}^{N-1} U_{sn}^c k^c(s+z-nd) \right]^2}{\sum_{s=0}^{S-1} \sum_{n=0}^{N-1} k^c(s+z-nd)^2} + \frac{\left[ \sum_{s=0}^{S-1} \sum_{n=0}^{N-1} U_{sn}^s k^s(s+z-nd) \right]^2}{\sum_{s=0}^{S-1} \sum_{n=0}^{N-1} k^s(s+z-nd)^2} = \max. \quad (14)$$

Шукані оцінки  $\tilde{z}$  і  $\tilde{d}$  знаходять з (14) шляхом перебору з заданим кроком їхніх можливих значень до досягнення функцією  $F_M$  максимуму максиморум.

Підставивши отримане значення  $\tilde{d}$  у вираз (2) отримують точне значення радіальної швидкості цілі.

Практична реалізація заявленого способу зводиться до застосування цифрового сигнального процесора чи програмованих матриць логічних елементів, наприклад, від фірми Xilinx, за допомогою яких мають виконуватись передбачені заявленим способом операції над отриманими в результаті аналого-цифрового перетворення відліками цифрових напруг сигналів. У якості АЦП можуть застосовуватись мікросхеми фірми Analog Devices.

Джерела інформації:

1. Кузьмин С.З. Цифровая радиолокация. Введение в теорию. - К.: "КВІЦ". - 2002. - С. 165.
2. Бакут П.А., Большаков И.А., Герасимов Б.М., Курикса А.А., Репин В.Г., Тартаковский Г.П., Широков В.В. Вопросы статистической теории радиолокации, т.1. - М.: Советское радио, 1964. - 1080с.
3. Свистов В.М. Радиолокационные сигналы и их обработка. - М.: Советское радио, 1977. - 448с.
4. Кузьмин С.З. Цифровая радиолокация. Введение в теорию.- К.: "КВІЦ". - 2002. - С.123-130. -

ПРОТОТИП.  
5. Варюхин В.А., Покровский В.И., Сахно В.Ф. Модифицированная функция правдоподобия в зада-

че определения угловых координат с помощью антенной решетки. Доклады АН СССР, 1983. - т. 270. - №5. - С.1092-1094.

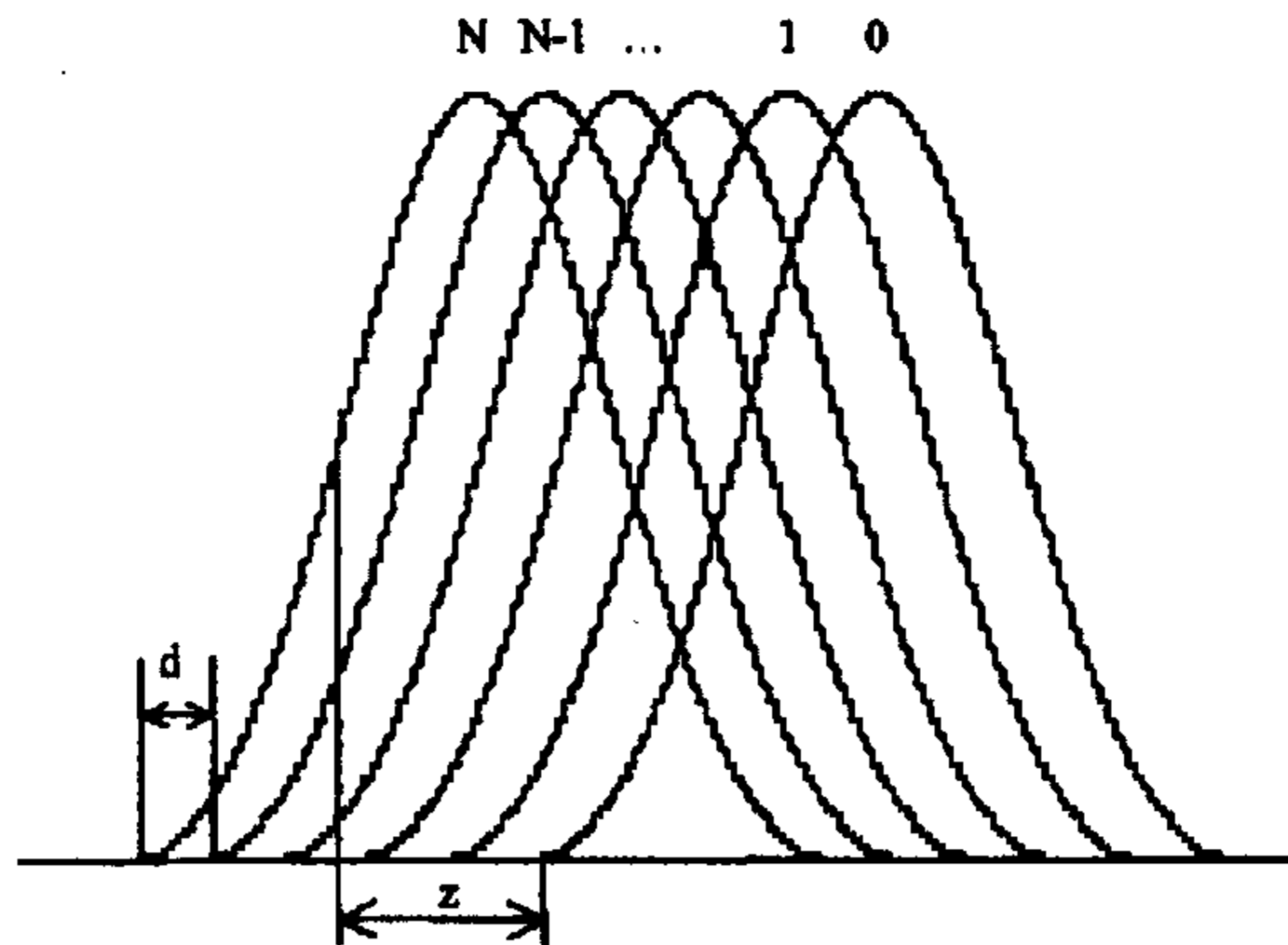


Fig.