
ТЕХНІЧНІ НАУКИ

УДК 355.457

Юлія БАБІЙ,
кандидат технічних наук,
Національна академія Державної прикордонної служби України
імені Богдана Хмельницького, м. Хмельницький

УДОСКОНАЛЕННЯ ПРИНЦИПУ ПЕРЕВІРКИ ДОСТОВІРНОСТІ ВИЗНАЧЕННЯ КООРДИНАТ РУХОМОГО ОБ'ЄКТА СЕЙСМІЧНИМ ПРИЙМАЧЕМ

У статті удосконалено принцип перевірки достовірності визначення координат рухомого об'єкта сейсмічним приймачем, сутність якого полягає у встановленні достовірності оцінок координат рухомого об'єкта при віднесенні їх до визначеного сектора зони виявлення. Це дозволило звузити сектор зони виявлення вдвічі, що тотожно зменшенню рівня хибних тривог, а також застосувати положення принципу при суттєвих значеннях коефіцієнта суперпозиції сейсмічних сигналів.

Ключові слова: рухомий об'єкт, визначення місцеположення, дальність виявлення, сейсмоприймач, пеленг.

Постановка проблеми у загальному вигляді. Агресивна геополітика, прийняття нової доктрини щодо вдосконалення концепції,
© Бабій Ю.

форм, методів і засобів збройної боротьби, заснованої на бойовій і інформаційній перевазі збройних сил США і НАТО, розширили коло завдань, що стоять перед російськими збройними силами [1]. Саме так, незадовго до початку воєнних подій на сході і півдні України, обґрунтовується російськими ученими потреба у створенні сейсмічного пеленгатора рухомого об'єкта (РО).

Аналіз останніх досліджень і публікацій, в яких започатковано вирішення даної проблеми та на які опирається автор. У публікації [1] зазначається, що на сьогодні імовірність великомасштабних воєн невелика, при цьому зростає загроза розв'язання локальних воєн і військових конфліктів з використанням звичайних засобів збройної боротьби. У цих умовах особливу важливість набувають сучасні види озброєння і військової техніки, у тому числі засоби виявлення.

Отже, актуальним є використання високоінформативних засобів, здатних вирішувати завдання не тільки виявлення, а й визначення місцеположення (ВМП) РО. При цьому важливим є автономне функціонування засобів виявлення, здатних ефективно ВМП РО на пересіченій та закритій місцевостях. Результати аналізу ринку таких засобів дозволяють виділити такий клас засобів розвідки, виявлення, охорони, в яких чутливий елемент реєструє сейсмічні хвилі, що виникають під впливом РО. Загалом сейсмічні засоби за функціональними можливостями можна класифікувати на засоби виявлення РО, засоби ВМП РО.

Виклад основного матеріалу. На сьогодні не достатньо тільки виявляти РО, яким може бути не тільки правопорушник (ПП) кордону, а й окремі групи бойовиків, що переміщуються в пішому порядку або на транспортних засобах [1], необхідне ВМП РО з метою недопущення несанкціонованого доступу до окремої позиції спостереження або автоматичного спрацювання засобу ураження, наприклад, сейсмічного пеленгатора, що використовується для управління підривом боєприпасів як з наведеною, так і з круговою зоною ураження [1].

Визначення місцеположення може здійснюватись з видачею просторових XYZ, площинних XY координат РО, тобто, точне ВМП або з указанням лінії, напрямку, сектору можливого перебування РО, наближене ВМП [2]. Достовірність даних ВМП РО є важливою характе-

ристикую засобу охорони. Факторами, що суттєво впливають на забезпечення достатнього рівня достовірності даних ВМП РО, є: суперпозиція різних типів сейсмічних хвиль, що виникають під впливом РО на ґрунт; неоднорідність середовища розповсюдження; методи здійснення координатометрії РО.

Результатом впливу даних факторів може бути суттєва різниця у визначенні однієї або декількох координат РО і навіть грубі промахи через неоднозначність у ВМП. Тому важливою науковою задачею є удосконалення принципу перевірки достовірності визначення координат РО сейсмічним приймачем, що забезпечить відбраковування хибних координат.

При вирішенні задачі ВПМ РО за допомогою обробки результатів амплітудно-фазових вимірювань сигналів трьохкоординатного сейсмоприймача (СП), що лежить в основі методів сейсмічного пеленгування РО, окрім істинного пеленгу, отримують й інші рішення. Проте у літературі питанню щодо вибору з множини рішень одного, відповідного реальному місцеположенню РО належної уваги не приділяється. Більшість авторів указують на необхідність залучення додаткової інформації (ап'юріорної або від інших систем про можливе місцеположення об'єкта, допускаючи при цьому низьку точність) [3; 4] або здійснюють усереднення отриманих оцінок пеленга [5]. Розглянемо загальні положення щодо порядку визначення пеленга однопозиційним трьохкоординатним СП. Відповідно до поляризаційного методу обробки сейсмічних сигналів положення векторів сейсмічних хвиль у точці прийому визначається їх проєкціями на площини прямокутної системи координат ХУ, ZX, ZУ або проєкціями на горизонтальну ХУ і радіальну ZR площину. Кутове положення проєкцій векторів поздовжніх і поперечних сейсмічних хвиль у прямокутній системі координат для одного координатного кута можна визначити для горизонтальної площини щодо осі У, використовуючи вихідні сигнали трьохкоординатного СП [6]:

$$\alpha_1 = \arctg \frac{U_x(it_0)}{U_y(it_0)},$$

де α_1 – пеленг РО для одного координатного кута; $U_x(it_0)$, $U_y(it_0)$ – значення напруги реалізації сигналу в момент вибірки it_0 для X, Y горизонтальних каналів

обробки, відповідно; i – номер вибірки; t_0 – інтервал вибірок дискретних значень реалізації аналогового сигналу.

Перевірка достовірності значень пеленга РО здійснюється за діючим принципом розподілу пеленгів, за чотирма координатними кутами із врахуванням умов, табл. 1 [6].

Характеристика спрямованості горизонтальних датчиків СП являє собою дві вісімки, що перетинаються під кутом 90 градусів. Це приводить до неоднозначності відліку пеленга з отриманням можливого протилежного $\alpha_1 + 180$ значення пеленга при застосуванні тільки функції арктангенса та узагальненого розподілу значень пеленга для всіх координатних кутів за діючим принципом, табл. 1.

Таблиця 1

Узагальнений діючий принцип перевірки достовірності визначення координат рухомого об'єкта сейсмічним приймачем

Координатний кут, піввісь	Значення пеленга РО, α	Умова відповідності знаків значень напруги реалізації горизонтальних сигналів
піввісь ОУ	0	$U_x(i t_0) = 0, U_y(i t_0) > 0$
I	α_1	$U_x(i t_0) > 0, U_y(i t_0) > 0$
піввісь ОХ	$\pi / 2$	$U_x(i t_0) > 0, U_y(i t_0) = 0$
II	$\pi - \alpha_1$	$U_x(i t_0) > 0, U_y(i t_0) < 0$
піввісь – ОУ	π	$U_x(i t_0) = 0, U_y(i t_0) < 0$
III	$\pi + \alpha_1$	$U_x(i t_0) < 0, U_y(i t_0) < 0$
піввісь – ОХ	$3/2 \pi$	$U_x(i t_0) < 0, U_y(i t_0) = 0$
IV	$-\alpha_1$	$U_x(i t_0) < 0, U_y(i t_0) > 0$

Примітка. Вісь ОУ орієнтується в напрямку на північ або у бік сторони спостереження.

Недоліками даного принципу перевірки достовірності визначення координат РО сейсмічним приймачем є: широкий сектор розрізнен-

ня пеленгів, що становить 90 градусів; не враховано інформативність вертикальної складової сейсмічного сигналу при визначенні сектору відбору істинних координат або розрізнення пеленгів, або ймовірного знаходження РО; недостатня ефективність принципу при суперпозиції різних типів сейсмічних хвиль, що виникають під впливом РО на ґрунт.

Зменшити удвічі сектор розрізнення пеленгів можливо за умови врахування додатково абсолютних значень напруги реалізацій горизонтальних сигналів. У такому разі кожен координатний кут ділиться на два сектори, і загалом отримуємо 8 секторів, що вдвічі зменшує величину сектора відбору істинних координат до 45 градусів, рис. 1. Якщо синтезувати характеристику спрямованості СП з горизонтальних і вертикального датчиків шляхом комбінування кругової і двох вісіркоподібних діаграм спрямованості СП, то у фронтальному напрямку чутливість збільшується, оскільки сигнали складаються в однаковій фазі, а в тиловому напрямку чутливість зменшується – сигнали взаємно віднімаються, тому що їх фази протилежні. У результаті формується кардіоїдна діаграма спрямованості [6, 7]:

$$F(\alpha_1 - ig) = \frac{(1 + \cos(\alpha_1 - ig))^2}{(1 + \cos(\alpha_1 - ig))^2 + 4K \sin(\alpha_1 - ig)^2}, \quad (2)$$

де $F(\alpha_1 - ig)$ – функція кардіоїдної діаграми спрямованості; α_1 – пеленг РО для одного координатного кута; i – номер вибірки; g – крок кутового зміщення діаграми спрямованості, град.; $K = 30 \dots 300$ – коефіцієнт, що визначає вибірковість функції у напрямку на РО.

При значенні $(\alpha_1 - ig) = 0$ функція $F(\alpha_1 - ig) = 1$, тобто синтезований кут ig умовного обертання кардіоїди співпадає з пеленгом РО, а максимум діаграми спрямованості вказує напрям на РО. При ідеальних умовах пеленгації, за відсутності факторів зменшення її достовірності, для всіх дискретних відліків при пересуванні РО в радіальному напрямку значення пеленга $\alpha = const$ РО буде постійним. Тоді при незначному рівні суперпозиції сейсмічних сигналів, перевірку достовірності значень пеленга РО доцільно здійснювати за удосконаленим принципом перевірки достовірності визначення координат РО сейсмічним приймачем з розподілом значень пеленга РО за 8 секторами при врахуванні умов табл. 2.

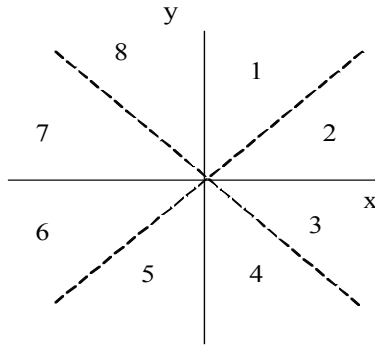


Рис. 1. Сектори відбору істинних координат РО при застосуванні трьохкоординатного СП

Алгоритм перевірки на достовірність такий:

визначають пеленг РО для одного координатного кута α_1 за формулою (1);

визначають функцію характеристики спрямованості трьохкоординатного СП за формулою (2), якщо $F(\alpha_1 - ig) = 1$, тобто якщо виконується рівність 3-го стовпчика табл. 2, то виконують наступний пункт;

визначають номер сектора, порівнюючи пеленг функції характеристики спрямованості $\alpha = \alpha_1 = ig$ з величиною відповідного сектора у першому стовпчику табл. 2;

визначають номер сектора за знаками і абсолютними значеннями напруги реалізацій горизонтальних сигналів, відповідно 4-му і 5-му стовпчику табл. 2;

порівнюють значення номерів секторів системи координат, які визначені за пп. 3. і 4. При співпаданні номерів пеленг РО $\alpha = \alpha_1 = ig$ вважають істинним.

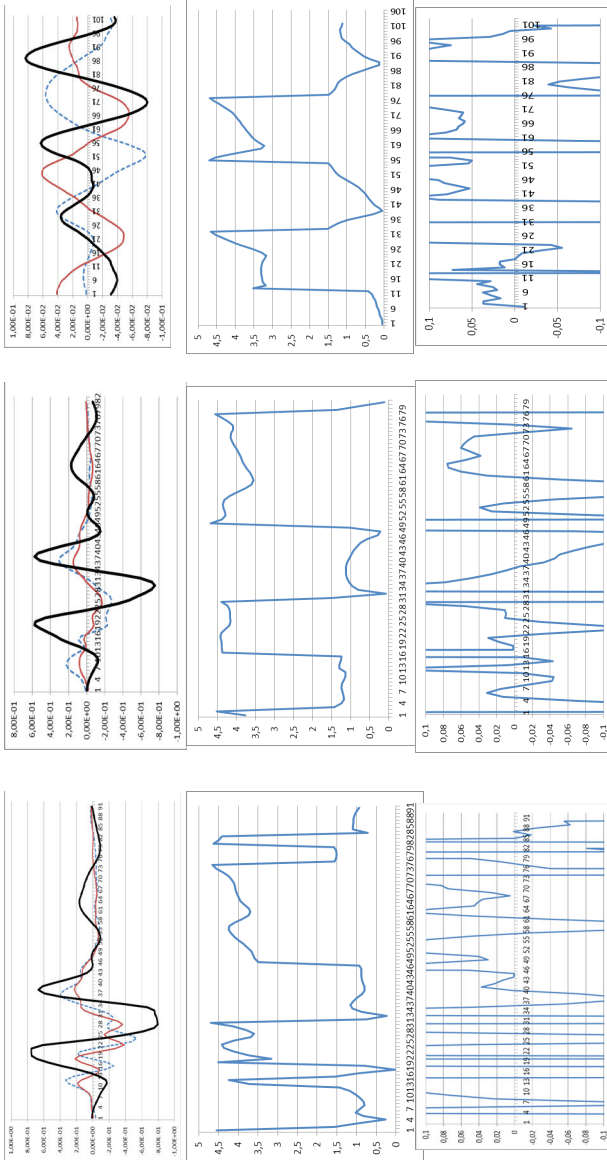
Розглянутий варіант удосконаленого принципу перевірки достовірності визначення координат РО сейсмічним приймачем забезпечує зменшення сектора розрізнення пеленгів до 45 градусів. Ураховано також параметри вертикальної складової сейсмічного сигналу, але через суттєву суперпозицію складових сейсмічних хвиль отримати

значення пеленга з точністю, наприклад, у декілька десятків градусів неможливо, що видно з рис. 2, де подано графіки зміни пеленга РО за удосконаленим варіантом принципу перевірки достовірності визначення координат РО.

Таблиця 2

**Удосконалений принцип перевірки достовірності
визначення координат РО сейсмічним приймачем
при незначному рівні суперпозиції сигналів**

Номер N і величина сектора системи координат, піввісь	Значення пеленга РО, α	Функція характеристики спрямованості трьохкоординатного СП $F(\alpha_1 - ig) = 1$	Умова відповідності знаків значень напруги реалізацій горизонтальних сигналів	Умова відповідності абсолютних значень напруги реалізацій горизонтальних сигналів
піввісь ОУ	0	так	$U_x(it_0) = 0, U_y(it_0) > 0$	-
1,]00-450[	α_1	так	$U_x(it_0) > 0, U_y(it_0) > 0$	$|U_x(it_0)| < |U_y(it_0)|$
2,]450-900[	α_1	так	$U_x(it_0) > 0, U_y(it_0) > 0$	$|U_x(it_0)| > |U_y(it_0)|$
піввісь ОХ	$\pi/2$	так	$U_x(it_0) > 0, U_y(it_0) = 0$	-
3,]900-1350[	$\pi - \alpha_1$	так	$U_x(it_0) > 0, U_y(it_0) < 0$	$|U_x(it_0)| > |U_y(it_0)|$
4,]1350-1800[	$\pi - \alpha_1$	так	$U_x(it_0) > 0, U_y(it_0) < 0$	$|U_x(it_0)| < |U_y(it_0)|$
піввісь -ОУ	π	так	$U_x(it_0) = 0, U_y(it_0) < 0$	-
5,]1800-2250[	$\pi + \alpha_1$	так	$U_x(it_0) < 0, U_y(it_0) < 0$	$|U_x(it_0)| < |U_y(it_0)|$
6,]2250-2700[	$\pi + \alpha_1$	так	$U_x(it_0) < 0, U_y(it_0) < 0$	$|U_x(it_0)| > |U_y(it_0)|$
піввісь -ОХ	$3/2 \pi$	так	$U_x(it_0) < 0, U_y(it_0) = 0$	-
7,]2700-3150[	$-\alpha_1$	так	$U_x(it_0) < 0, U_y(it_0) > 0$	$|U_x(it_0)| > |U_y(it_0)|$
8,]3150-3600[	$-\alpha_1$	так	$U_x(it_0) < 0, U_y(it_0) > 0$	$|U_x(it_0)| < |U_y(it_0)|$



в

б

а

Рис. 2. Графіки трьох імпульсів (крюків людини) на різній відстані від СП:

а – сейсмічний імпульс від РО поблизу СП (верхні графіки – направа сигналу каналу Z (широка лінія), каналу X (пунктирна лінія), каналу Y (вузька лінія); середній графік – зміна пеленга РО; нижній графік – зміна різниці сусідніх пеленгів РО; б – сейсмічний імпульс від РО, що знаходиться посередній зони виявлення СП; в – сейсмічний імпульс від РО, що знаходиться в кінці зони виявлення СП

Форма сигналу СП вертикальної складової каналу Z через вплив суперпозиції сигналів та інших факторів лише наближено нагадує форму імпульсу Ріккера або функції Берлаге [3; 6], горизонтальні складові, каналів X, Y також мають суттєві відмінності від косинусоїдного сигналу (верхній рядок, рис. 2). У результаті спостерігається суттєва варіація пеленга РО, як поруч з СП, так і на віддаленні від нього, середня стрічка рис. 2. У роботі [6] рівень суперпозиції сигналів запропоновано визначати за виразом:

$$K_s = \frac{m-n}{m} 100 \% , \quad (3)$$

де m – загальна кількість відліків одного сейсмічного сигналу (кроку людини);
 n – кількість відліків, для яких відсутня дія суперпозиції.

Незмінність пеленга сусідніх відліків сигналу є показником відліків, для яких відсутня дія суперпозиції. Рівень суперпозиції більший за 60 % вважається суттєвим для обробки сигналів [6]. Результати аналізу зміни різниці сусідніх пеленгів РО, нижній рядок, рис. 2, дозволяють зазначити таке:

для різних імпульсів (кроків) наближення різниці пеленгів суміжних вибірок сигналу до нульового рівня буде різним. Визначення критерію цього наближення очевидно потребує статистичної обробки даних;

суб'єктивна оцінка рівня суперпозиції сигналів як горизонтальність кривої зміни пеленга, середні графіки, рис. 2, або мінімальність різниці пеленгів на рівні, наприклад 0,001, дозволяє зазначити, що рівень суперпозиції отриманих сигналів становить 98–100 %.

За таких умов, що характерні для множини сигналів проведеного експерименту, доцільним є застосування статистичної обробки даних з урахуванням положень удосконаленого варіанта принципу перевірки достовірності визначення координат РО сейсмічним приймачем, а також даних публікації [8].

У даній роботі за ознаку визначення однозначного напрямку на РО прийнято залежність фази амплітуди сигналу кроку людини, прийнятого вертикальним датчиком від горизонтальних датчиків. Установлено, що для кожного сплеску сигналу з вертикального датчика

характерно або збіг по фазі зі сплеском сигналу горизонтального датчика, або затримка, або випередження по фазі залежно від координатного кута розташування РО. У разі накладення сплеску горизонтального датчика на сплеск вертикального кроку “повертали” знак плюс “+”, у разі випередження або затримки “повертався” знак мінус “-” в оцінці кута. Оскільки горизонтальних датчиків два, то кожному кроку відповідають два знака. Поки РО знаходиться в одному координатному куті, утвореному осями датчиків, знаки кроків не змінювалися [8]. Проте у роботі не зазначається порядок порівняння фаз сигналів сейсмічних імпульсів, кроків людини, до того ж наведені графіки у роботі [8] мають форму практично ідеальних сейсмічних сигналів з лише одним періодом коливань хвилі, що їх відрізняє від поданих на рис. 2, верхній рядок. Пояснення даній відмінності можна знайти у застосуванні нової елементної бази, сейсмічних молекулярно-електронних датчиків крутильного типу, які суттєво зменшують суперпозицію сигналів. Застосування таких датчиків потребує проведення окремого дослідження, проте підхід у відбракуванні хибних координат може бути трансформований у принципі перевірки достовірності визначення координат РО, що розробляється.

Співпадіння фази вертикальної складової сейсмічного сигналу з горизонтальними складовими як ознаки встановлення однозначності ВМП РО очевидно, тотожно співпадінню знаків відліків напруги сигналу каналу Z з каналами X, Y. Знакова функція застосовується в сейсмічних засобах охорони для обробки сигналів, зменшення рівня хибних тривог, установлення нових ознак виявлення корисного сигналу, наприклад, підрахунок кількості перетинів нульового рівня сейсмічним сигналом ототожнюється з правильним виявленням корисного сигналу [9].

Розглянемо далі порядок визначення координатного кута місцеположення РО за ознакою збіжності знаків відліків сейсмічних сигналів.

Уведемо показник збіжності знаків відліків каналів прийому сигналу вертикального Z з каналами X, Y:

$$U_{zx} = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m U_z(it_0) \cdot U_x(it_0), \quad U_{zy} = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m U_z(it_0) \cdot U_y(it_0), \quad (4)$$

де U_{zx} , U_{zy} – показник збіжності знаків відліків каналів прийому сигналу вертикального Z і горизонтального X, вертикального Z і горизонтального Y відповідно; $U_z(it_0)$, $U_x(it_0)$, $U_y(it_0)$ – значення напруги реалізації сигналу в момент вибірки it_0 для Z, X, Y каналів обробки, відповідно; i – номер вибірки; t_0 – інтервал вибірок дискретних значень реалізації аналогового сигналу; m – загальна кількість відліків одного сейсмічного сигналу (кроку людини).

Показник (4) приймає від’ємне значення при неспівпадінні знаків напруги реалізації сигналу каналу Z, з X, або з Y – каналом обробки, що тотожно згортці параметрів за модулем два.

Переміщення РО здійснюється по колу, графіки показника збіжності подано на рис. 3.

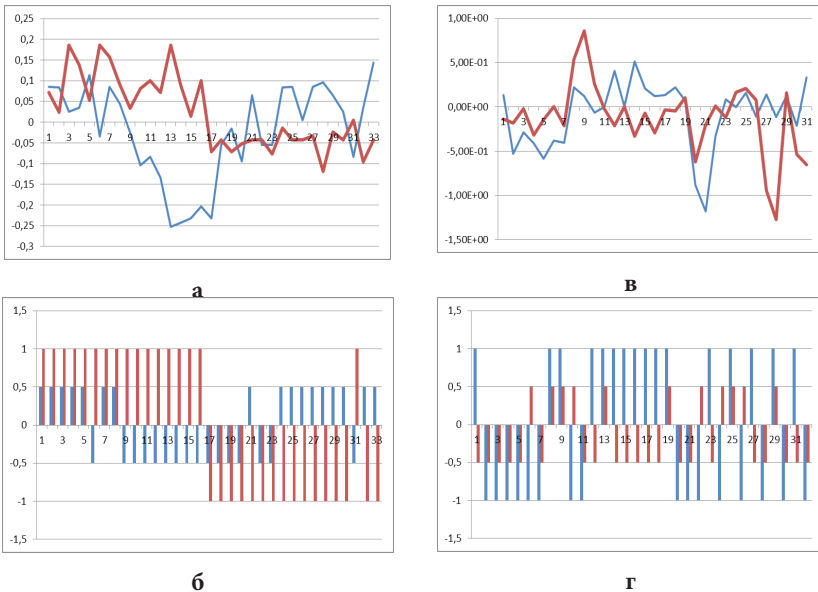


Рис. 3. Графіки і діаграми сигналів від РО, що переміщувався по колу:

а – графіки показника збіжності знаків відліків каналів прийому сигналу вертикального Z і горизонтального X (вузька лінія), вертикального Z і

горизонтального Y (широка лінія); б – діаграми показника збіжності знаків відліків каналів прийому сигналу вертикального Z і горизонтального X (висота ліній 0,5), вертикального Z і горизонтального Y (висота ліній 1); в – графіки зміни середнього арифметичного значення напруги прийнятого сейсмічного сигналу каналу X (вузька лінія), Y (широка лінія); г – діаграми зміни середнього арифметичного значення напруги прийнятого сейсмічного сигналу каналу X (вузька лінія), Y (широка лінія)

Примітка. При перевищенні нульового рівня значенню відліку присвоювався знак “+”.

Рис. 3, в і г наведено для порівняння отриманих результатів зміни показників збіжності знаків відліків каналів прийому сигналу.

$U_{zx} < 0,$	$U_{zx} > 0,$
$U_{zy} > 0.$	$U_{zy} > 0.$
IV	I
III	II
$U_{zx} < 0,$	$U_{zx} > 0,$
$U_{zy} < 0.$	$U_{zy} < 0.$

Рис. 4. Критерій визначення координатного кута за показником збіжності знаків відліків каналів прийому сигналу вертикального Z і горизонтального X , вертикального Z і горизонтального Y відповідно

Із даних діаграми рис. 3, б, що фактично є відображенням знаку зміни графіків показника збіжності рис. 3, а, можна стверджувати, що загалом для 1-8 імпульсів (кроки людини) знаки співпадають, тобто РО переміщувався у I квадранті. Імпульси 9–16 характерні для II квадранта, де значення Y позитивне, а X від’ємне.

Імпульси 17–23 – характерні для III квадранта, 24–33 – характерні для IV квадранта. Також очевидним є потреба у статистичній обробці декількох кроків РО для забезпечення достовірності даних.

Відбір хибних координат РО полягає у співставленні їх з умовами віднесення координат до відповідного координатного кута, рис. 4.

Перевірку достовірності значень пеленга РО доцільно здійснювати за удосконаленим принципом перевірки достовірності визначення координат РО сейсмічним приймачем з розподілом значень пеленга РО за 8 секторами при врахуванні суперпозиції сигналів і умов, табл. 3.

Таблиця 3

**Удосконалений принцип перевірки достовірності
визначення координат РО сейсмічним приймачем
при значному рівні суперпозиції сигналів**

Номер N і величина сектору системи координат, піввісь	Значення пеленга РО, α	Умова визначення координатного кута за показником збіжності знаків відліків каналів прийому сигналів	Умова відповідності знаків значень напруги реалізацій горизонтальних сигналів	Умова відповідності абсолютних значень напруги реалізацій горизонтальних сигналів
піввісь ОУ	0	-	$U_x(it_0) = 0, U_y(it_0) > 0$	-
1,]0°-45°[	α_1	$U_{zx} > 0, U_{zy} > 0$.	-	$|U_x(it_0)| < |U_y(it_0)|$
2,]45°-90°[	α_1	$U_{zx} > 0, U_{zy} > 0$.	-	$|U_x(it_0)| > |U_y(it_0)|$
піввісь ОХ	$\pi/2$	-	$U_x(it_0) > 0, U_y(it_0) = 0$	-
3,]90°-135°[	$\pi - \alpha_1$	$U_{zx} > 0, U_{zy} < 0$.	-	$|U_x(it_0)| > |U_y(it_0)|$
4,]135°-180°[	$\pi - \alpha_1$	$U_{zx} > 0, U_{zy} < 0$.	-	$|U_x(it_0)| < |U_y(it_0)|$
піввісь -ОУ	π	-	$U_x(it_0) = 0, U_y(it_0) < 0$	-
5,]180°-225°[	$\pi + \alpha_1$	$U_{zx} < 0, U_{zy} < 0$.	-	$|U_x(it_0)| < |U_y(it_0)|$
6,]225°-270°[	$\pi + \alpha_1$	$U_{zx} < 0, U_{zy} < 0$.	-	$|U_x(it_0)| > |U_y(it_0)|$
піввісь -ОХ	$3/2 \pi$	-	$U_x(it_0) < 0, U_y(it_0) = 0$	-
7,]270°-315°[	$-\alpha_1$	$U_{zx} < 0, U_{zy} > 0$.	-	$|U_x(it_0)| > |U_y(it_0)|$
8,]315°-360°[	$-\alpha_1$	$U_{zx} < 0, U_{zy} > 0$.	-	$|U_x(it_0)| < |U_y(it_0)|$

Алгоритм перевірки на достовірність координат (пеленга) РО такий: для визначених координат (пеленга) РО встановлюють відповідний сектор системи координат за 1-м стовпчиком табл. 3; застосову-

ють умову визначення координатного кута за показником збіжності знаків відліків каналів прийому сигналів для встановлення номеру координатного кута, стовпчик 3 табл. 3; визначають номер сектора з урахуванням умови відповідності абсолютних значень напруги реалізацій горизонтальних сигналів, стовпчик 5 табл. 3; порівнюють значення номерів секторів системи координат, які визначені за пп. 1 і 3. При співпадинні номерів пеленг РО вважають істинним.

Застосування даного принципу може спростити порядок визначення пеленга РО, що важливо у плані зменшення енергоспоживання і навіть часу обробки даних. Для цього достатньо визначити пеленг для одного координатного кута, а сектор за даними табл. 3, що дозволить внести поправку на пеленг РО відповідно до даних стовпчика 2 табл. 3. При цьому немає потреби у визначенні функції характеристики спрямованості трьохкоординатного СП за формулою (2). Також даний принцип може бути застосований при суттєвих значеннях коефіцієнта суперпозиції сейсмічних сигналів, для даних рис. 3 він становив не менше 98 %.

Висновки. У результаті вдосконалено принцип перевірки достовірності визначення координат рухомого об'єкта сейсмічним приймачем. Сутність принципу полягає у встановленні достовірності оцінок координат РО при віднесенні їх до визначеного сектора зони виявлення. Принцип відрізняється уведенням умови визначення координатного кута за показником збіжності знаків відліків каналів прийому сигналу вертикального Z і горизонтального X, вертикального Z і горизонтального Y, а також урахуванням додатково абсолютних значень напруги реалізацій горизонтальних сигналів. Це дозволило звузити сектор зони виявлення удвічі, що тотожно зменшенню рівня хибних тривог, а також застосувати положення принципу при суттєвих значеннях коефіцієнта суперпозиції сейсмічних сигналів.

Список використаної літератури

1. Ертулов Д. А. Обоснование построения сейсмического пеленгатора наземных целей / Д. А. Ертулов, А. В. Пшедромирский // Радиотехника, электроника и связь. РЭС-2011 : междунар. науч.-техн. конф., 5–8 июля

2011 г., Омск / Госкорпорация “Ростехнологии” и др. - Омск : Радиотехника, 2011. – 547 с.

2. Лантвойт О. Б. Анализ методов і розробка нового технічного рішення визначення місцеположення об'єкта пасивними засобами локації / О. Б. Лантвойт, М. І. Лисий, І. М. Плосконос // Системи озброєння та військова техніка. – Харків. – 2010. – Вип.1 (21). – С. 170–174.

3. Крюков И. Н. Технические средства обнаружения. Теория и практика построения : монография / И. Н. Крюков. – М. : Радиотехника, 2014. – 216 с.

4. Магауенов Р. Г. Система охранной сигнализации: основы теории и принципы построения : учеб. пособие / Р. Г. Магауенов. – М. : Горячая линия – Телеком, 2004. – 367 с.

5. Гордієнко Ю. О. Визначення осередку сейсмічної події за результатом спостереження трикомпонентної сейсмічної станції / Ю. О. Гордієнко // Системи обробки інформації ; Житомирський військовий інститут імені С. П. Корольова. – 2016. – № 2 (139). – С. 186–189.

6. Разнатов В. Н. Селекция линейнополяризованных сейсмических волн / Разнатов В. Н. – М. : Радиотехника, 2011. – 172 с.

7. Алексеев В. А. Пеленгование цели векторно-фазовым сейсмоприемником / В. А. Алексеев, В. П. Демкин // Георазрез. – 2012. – Вип. № 4. – С. 7.

8. Агафонов В. М. Определение направления на движущийся объект с использованием сейсмического модуля, содержащего молекулярно-электронные датчики движения / В. М. Агафонов, К. А. Афанасьев, А. В. Яшкин // Теоретическая и прикладная механика : Труды МФТИ. – 2013. – Том 5, № 2. – С. 142–149.

9. Соколова Д. О. Непараметрическое обнаружение стохастических сигналов, основанное на пересечениях с “нулем” / Д. О. Соколова, А. А. Спектор // Вестник Томского государственного университета. Управление, вычислительная техника и информатика. – 2013. – № 1. – С. 138–146.

Рецензент – доктор технічних наук, доцент Лисий М. І.

Бабий Ю. А. Совершенствование принципов проверки надежности определения координат движущихся объектов сейсмическим приемником

В статье усовершенствован принцип проверки достоверности определения координат подвижного объекта сейсмическим приемником, сущность которого заключается в установлении достоверности

оценок координат подвижного объекта при отнесении их к определенному сектору зоны обнаружения. Это позволило сузить сектор зоны обнаружения вдвое, что тождественно уменьшению уровня ложных тревог, а также применить положения принципа при существенных значениях коэффициента суперпозиции сейсмических сигналов.

Ключевые слова: *движущийся объект, определение местоположения, дальность обнаружения, сейсмоприемник, пеленг*

Babiy Yu. Improving the principle of checking the distinction of defining coordinate of a mobile object with seismic reception

Aggressive geopolitics, the adoption of a new doctrine to improve the concept, forms, methods and means of armed struggle, based on the military and information superiority of the US and NATO armed forces, expanded the range of tasks facing the Russian Armed Forces. Exactly so, shortly before the beginning of military events in the East and South of Ukraine, the need for creating a seismic direction finder for a moving object is substantiated by Russian scientists.

Topical is the use of highly informative means capable of solving problems not only detection but also determining the location of a moving object. At the same time, it is important to have a self-contained functioning of detection facilities that can effectively determine the location of a moving object in cross-country and enclosed areas. The results of the analysis of the market of such means make it possible to distinguish such a class of means of reconnaissance, detection, protection in which a sensitive element registers seismic waves that arise under the influence of a moving object. In general, seismic means for functional capabilities can be classified into: means of detecting a moving object; means of determining the location of a moving object.

At present it is not enough to identify the moving object, which may not only be the border offender, but also separate groups of militants moving on foot or in vehicles, it is necessary to determine the location of the moving object in order to prevent unauthorized access to a separate observation position or the automatic triggering of a lesion, for example, a

seismic bombarder used to control the blasting of ammunition both in a directional and in a circular lesion area.

In the article, the principle of verifying the accuracy of determining the coordinates of a moving object by a seismic receiver is improved, the essence of which is to establish the validity of estimates of the coordinates of a moving object when referring them to a specific sector of the detection zone. This allowed the zone of detection to be reduced by half, which is identical to the level of false alarms, as well as to apply the principle of the principle at significant values of the superposition coefficient of seismic signals.

Keywords: *moving object, location determination, detection range, seismic receiver, radar.*