

АМПЛІТУДНИЙ МЕТОД РОЗПІЗНАВАННЯ РУХОМОГО ОБ'ЄКТУ ТРЬОХКООРДИНАТНИМ СЕЙСМІЧНИМ ПРИЙМАЧЕМ СИГНАЛІЗАЦІЙНОГО ЗАСОБУ ОХОРОНИ

Потенційними засобами охорони тимчасової позиції спостереження можна вважати сигналізаційні сейсмічні технічні засоби охорони кордону (ТЗОК), основу яких становить один або декілька сейсмоприймачів (СП) або сейсмодатчиків, що є складовою сейсмічного засобу охорони позиції. Для охорони тимчасової позиції достатньо застосувати один СП, радіус виявлення рухомого об'єкту (РО) – людини, який у сучасних засобах становить 30-50 м, а транспортного засобу – на порядок більше.

Допускаємо, що спостерігач, наряд, як джерело завад знаходиться в радіусі до 2-3 м від СП. В такому випадку потужний або слабкий, періодичний або неперіодичний сигнал, завада буде накладатися на періодичний сигнал від РО. При цьому, очевидно спектри сигналів завади і РО будуть перекриватися, враховуючи те, що ґрунту властива низькочастотна фільтрація сейсмічного сигналу. Сигнал від одного і того ж РО змінює свій спектр, що реєструється СП при зміні відстані до РО. Отже, по суті на час змішування сигналу від завади, що розміщується поблизу СП і від РО втрачається ефективність застосування таких ознак розрізнення корисного сигналу, як його періодичність, спектральна відмінність.

Отже, виникає нове завдання у пошуку дієвої ознаки розрізнення сигналу від РО, що розміщується в ближній зоні виявлення трьохкоординатного СП сигналізаційного засобу охорони за амплітудою сигналів. Вирішення даного завдання вбачається із застосуванням трьохкоординатного СП, який у літературі ще отримав назву векторно-фазовий СП, трьохкомпонентний СП, трифон. Такі СП достатньо давно застосовують у геодезії, гідролокації, але у засобах охорони вони почали застосовуватися відносно недавно, наприклад, у системах охорони: Периметр-3 (Україна, 2017 р.), Тарантула (Ізраїль, 2012 р.), РС-Н (Росія, 2015 р.).

Ключові слова: технічні засоби охорони кордону, сейсмоприймач, рухомий об'єкт.

J.A. BABIY

The National Academy of State Border Guard Service of Ukraine named after Bohdan Khmelnytsky

AMPLITUDE RECOGNITION METHOD OF MOVING OBJECTS TRIPLE-GRID SEISMIC RECEIVER EXTINGUISHING MEANS OF PROTECTION

Potential means for the protection of a temporary position of observation may be considered as signaling seismic technical means of border protection, the basis of which is one or more seismic receivers or seismic sensors, which is a component of the seismic means of protection of the position. To protect a temporary position it is enough to apply one seismic sensor, the radius of detection of a moving object - a person who in modern means is 30-50 m, and a vehicle - an order of magnitude more.

Suppose that an observer, clothing, as a source of interference is within a radius of 2-3 m from the seismic sensor. In this case, a powerful or weak, periodic or non-periodic signal, noise will be imposed on a periodic signal from the moving object. In this case, obviously the spectra of signals of interference and moving object will overlap, given that the ground is characterized by low-frequency seismic filtration. The signal from one and the same moving object changes its spectrum, which is recorded by the seismic receiver when changing the distance to the moving object. Thus, in essence, at the time of mixing the signal from the noise placed near the seismic receiver and from the moving object, the effectiveness of the use of such Signs of distinguishing a useful signal, as its frequency, spectral difference.

Consequently, a new task arises in the search for an effective sign distinguishing a signal from a moving object placed in the near-range detection zone of a three-coordinate seismic receiver signaling means for protecting the amplitude of signals. The solution of this problem is seen with the use of a three-coordinate seismic receiver, which in the literature is still called the vector-phase seismic receiver, a three-component seismic receiver, trifon. Such seismic detectors have long been used in geodesy, navigation, but in the means of protection they began to apply relatively recently, for example, in the protection systems: Perimeter-3 (Ukraine, 2017), Tarantula (Israel, 2012), RS-N Russia, 2015).

Keywords: technical means of border protection, seismic receiver, moving object.

Зазвичай трьохкоординатні сейсмодатчики (СП) представляють собою мікропроцесорний пристрій з трьома чутливими елементами (ЧЕ) типу геофонів, розміщених у взаємоортогональних осях з центром в системі координат XYZ. Всі три геофони мають косинусоїдні діаграми спрямованості. Геофони, вісі яких знаходяться у горизонтальній площині дають загальну проекцію діаграми спрямованості у вигляді двох взаємноперпендикулярних «вісімок» на горизонтальну площину. Геофон з вертикальнорозташованою віссю має проекцію діаграми спрямованості у вигляді кола на горизонтальну площину.

Варіювання амплітуди сигналу у трьох ЧЕ при розміщенні рухомого об'єкту (РО) поруч з СП найбільш детально описані у публікації [1].

Для дослідження зміни амплітуди сигналу, виявлення ознаки, за якою можна розрізнити сигнал, що надходить від джерела, розміщеного у ближній зоні, проведено експеримент із застосуванням трьохкоординатного СП типу ДСП-ВК-3.



Рис. 1. Загальний вигляд СП ДСП-ВК-3

Середнє арифметичне значення прийнятого сейсмічного сигналу, як стаціонарного ергодичного випадкового процесу, формується для вертикального і двох горизонтальних каналів обробки СП з дискретних вибірок реалізації аналогових сигналів відповідних каналів $U_k(t)$, $k = X, Y, Z$ [2].

$$\bar{U}_k = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N U_k(it_0), \quad k = X, Y, Z, \quad (1)$$

де \bar{U}_k - середнє арифметичне значення напруги прийнятого сейсмічного сигналу одним з типів каналів для окремого сейсмічного імпульсу (один крок людини, один поштовх від об'єкту); k - тип каналу (вертикальний Z , горизонтальні X, Y); N - загальна кількість вибірок сигналу; $U_k(it_0)$ - значення напруги реалізації сигналу в момент вибірки it_0 ; i - номер вибірки; t_0 - інтервал вибірок дискретних значень реалізації аналогового сигналу $U_k(t)$.

Загальна кількість вибірок сигналу окремого сейсмічного імпульсу для всіх каналів однакова і визначається моментами початку і кінця перевищення порогу амплітудою сигналу трьох каналів, а тривалість окремого сейсмічного імпульсу становить Nt_0 , рис. 2.

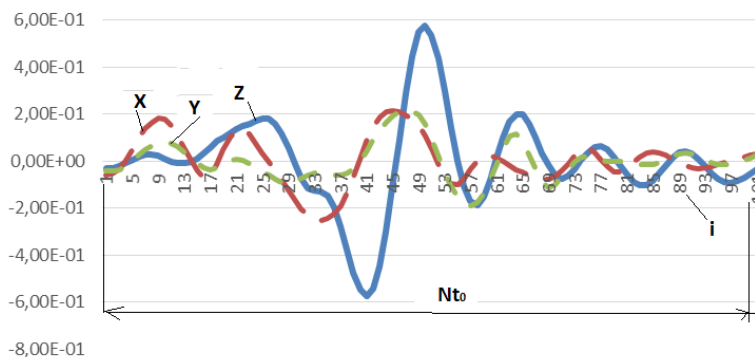


Рис. 2. Загальний вигляд окремого сейсмічного імпульсу, прийнятого вертикальним і горизонтальними каналами

Вихідні дані представлені в вигляді сейсмограм, рис. 1, - це відображення коливань земної поверхні. У такому вигляді аналізувати інформацію, оцінювати різні фізичні характеристики зафіксованої події досить важко.

Існують різні методи, спеціально призначені для обробки сигналів, які дозволяють виділяти певні ознаки, і, в подальшому, по ним робити аналіз записаної події [3]. Як правило, в більшості з цих методів на початковому етапі виконується наступний набір операцій:

1. З усієї сейсмограми виділяється частина, яка перевищує заданий поріг.
2. Для виділених даних послідовно застосовуються такі процедури як:
 - а) Швидке (дискретне) перетворення Фур'є;
 - б) Накладання характеристики певного фільтра, наприклад, фільтр Гаусса.
 - в) Зворотне перетворення Фур'є, для того, щоб отримати відфільтрований сигнал.

Далі застосовуються різні алгоритми для формування певної ознаки. Зокрема, можна легко знайти максимальну амплітуду коливання сигналу для різних типів хвиль і використовувати їх в якості дискримінаційної ознаки.

Застосовуючи інші алгоритми, можна побудувати велику кількість таких ознак. Однак, для задачі ідентифікації типу сейсмічного події, важливим є далеко не все. З найбільш інформативних можна виділити

такі ознаки, як відношення амплітуд S і P хвиль, або частка потужності S фази на високих (низьких) частотах по відношенню до потужності S фази у всій смузі частот. Але недоліком таких алгоритмів є потреба у тривалому статистичному накопиченні і обробці сигналів. У випадку засобу охорони час на прийняття рішення складає не більше декількох секунд.

При цьому, як відзначається у [4], оптимальна тривалість окремого сейсмічного імпульсу має становити 3,5 – 4 періоди коливань сейсмічного сигналу, що оптимізує відношення сигналу до шуму в каналі прийому. Тому, є очевидна потреба у пошуку нової ознаки для розрізнення РО.

Результати аналізу отриманих реалізацій сейсмічного сигналу трьохкоординатним СП ДСП-ВК-3, рис. 1, 2, дозволяють виділити перевищення амплітуди сигналу Z каналу вертикального геофону СП над сигналами X, Y каналів горизонтальних геофонів СП. Причому, дане перевищення характерне для основної частини тривалості сигналу від кроків людини.

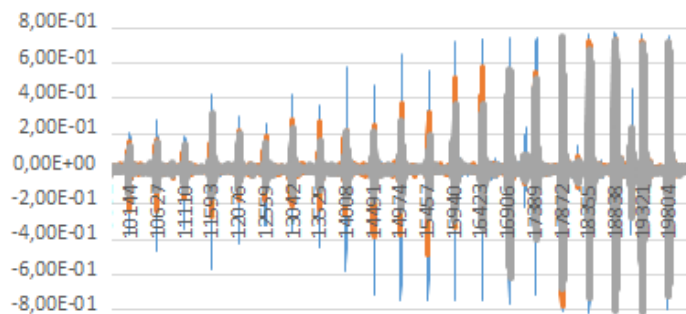


Рис. 3. Сейсмічний сигнал від кроків людини, яка рухається у напрямку на трьохкоординатний СП: тонка лінія – сигнал Z каналу вертикального геофону СП; широкі лінії - сигнал X, Y каналів горизонтальних геофонів СП

Зазначене потребувало подальшого дослідження характеру зміни амплітуди сигналів трьохкоординатного СП. Запропоновано порівнювати амплітуди сейсмічного сигналу вертикального каналу із середнім значенням амплітуд двох горизонтальних каналів окремого сейсмічного імпульсу за виразом:

$$K_a = \frac{|\overline{U}_z|}{(|\overline{U}_x| + |\overline{U}_y|) / 2}, \quad (2)$$

де K_a - коефіцієнт подібності амплітуд вертикального і горизонтальних каналів обробки сейсмічних сигналів.

Покрокове і згладжене значення коефіцієнта K_a для сигналу, отриманого від руху людини у напрямку СП, рис. 2, подано на рис. 3.

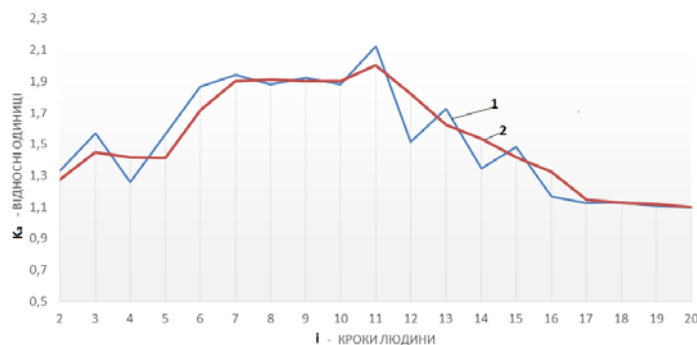


Рис. 3. Графіки покрокового і згладженого значення коефіцієнта порівняння вертикального і горизонтальних каналів прийому за амплітудою сейсмічного сигналу K_a для сигналу, отриманого від руху людини у напрямку СП: 1 – отримані значення коефіцієнта; 2 - згладжене значення коефіцієнта порівняння методом ковзкого середнього

Характерною особливістю отриманих графіків є наявність ділянки чутливої зони поблизу СП, де немає суттєвої відмінності між амплітудами вертикального і горизонтальних каналів обробки сейсмічних сигналів. Доцільно прийняти за критерій подібності амплітуд каналів обробки сейсмічних сигналів таке значення коефіцієнта порівняння вертикального і горизонтальних каналів прийому за амплітудою сейсмічного сигналу:

$K_a < 1,2$ - критерій подібності амплітуд вертикального і горизонтальних каналів обробки сейсмічних сигналів.

Відповідно до графіка, рис. 3, критерію $K_a < 1,2$ відповідає зона чутливості СП поруч з місцем його встановлення і радіусом зони 3-3,5 м (4-5 кроків людини). Це означає, що при впливі рухомого об'єкту на ґрунт поруч із СП, в радіусі 3-3,5 м прийнятий сигнал вертикальним каналом не буде суттєво відрізнятися

від середнього значення горизонтальних каналів обробки, що можна розглядати як нову ознаку виявлення рухомого об'єкту поруч із трьохкоординатним СП, а також як ознаку фільтрації завад від джерела, розміщеного поруч із трьохкоординатним СП сигналізаційного засобу охорони.

Висновки: Отже, ознака виявлення рухомого об'єкту у ближній зоні дії трьохкоординатного СП сигналізаційного засобу охорони за амплітудою сигналів полягає у встановленій ступеня подібності амплітуд сигналів вертикального і горизонтальних каналів обробки сейсмічних сигналів. Подібність амплітуд визначається за запропонованим коефіцієнтом і критерієм порівняння вертикального і горизонтальних каналів прийому за амплітудою сейсмічного сигналу.

Література

1. С. В. Каляшин. Изменение спектрального состава поверхностной упругой волны в грунте / Каляшин С. В. // Международный университет “Дубна” . – Н.: Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука Сибирского отделения РАН (Новосибирск) , 2008. – Вып. № 1. – С. 35–38.
2. Атамалян Э. Г. Приборы и методы измерения электрических величин: Учебное пособие для студ. Вузov / Атамалян Э. Г. // – М.: Высш. шк., 1989. – 384 с.
3. Классификация сейсмических сигналов на основе нейросетевых технологий: [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.referatbank.ru/referat/download/ready/43461.html?code=32midb3e>. – Заголовок з екрану.
4. Крюков И. Н. Место территориально-распределенной радиотехнической системы охраны в системе технических знаний / И. Н. Крюков, С. С. Звездинский, В. А. Иванов, А. Я. Рябец. – М.: Радиотехника, 2006. – № 4. – С. 79–83.

References

1. S. V. Kalyashin. Izmenenie spektralnogo sostava poverhnostnoy uprugoy volny v grunte / Kalyashin S. V. // Mezhdunarodnyy universitet “Dubna” . – N.: Institut neftegazovoy geologii i geofiziki im. A.A. Trofimuka Sibirskogo otdeleniya RAN (Novosibirsk) , 2008. – Vip. # 1. – S. 35–38.
2. Atamalyan E. G. Pribory i metody izmereniya elektricheskikh velechin: Uchebnoe posobie dlya stud. Vuzov / Atamalyan E. G. // – M.: Vyssh. shk., 1989. – 384 s.
3. Klassifikatsiya seymicheskikh signalov na osnove neyrosetevykh tehnologiy: [Elektronniy resurs]. – Rezhim dostupu: <http://www.referatbank.ru/referat/download/ready/43461.html?code=32midb3e>. – Zagolovok z ekranu.
4. Kryukov I. N., Zvezhinskiy S. S., Ivanov V. A., Ryabets A. Ya. (2006), Place of geographically distributed radiosystem of protection in the system of technical knowledges [Mesto territorialno-raspredeleynoy radiotekhnicheskoy sistemy ohrany v sisteme tehnikeskikh znaniy], Radiotekhnika, No. 4, pp. 79–83.

Рецензія/Peer review : 16.4.2017 р.

Надрукована/Printed :26.6.2017 р.
Рецензент: д.т.н., доцент Лисий М. І.

Відомості про автора

Бабій Юлія Олександрівна, кандидат технічних наук, доцент кафедри зв'язку, автоматизації та захисту інформації, Національна академія Державної прикордонної служби України ім. Б. Хмельницького, м. Хмельницький, e-mail: julscorpio@gmail.com.

Yuliya Babiy, Ph.D., assistant professor of CAIS, The National Academy of State Border Guard Service of Ukraine named after Bohdan Khmelnytsky, Khmelnytsky, e-mail: julscorpio@gmail.com.