

*Дяченко Д.В., канд. техн. наук, доц., НУЦЗУ,
Гордієнко Ю.О., канд. техн. наук, інж., ГЦСК ДКАУ,
Гузенко В.А., канд. техн. наук, нач. каф., НУЦЗУ*

ВИЯВЛЕННЯ СЕЙСМІЧНОГО СИГНАЛУ ВІД ЗЕМЛЕТРУСУ З ОСЕРЕДКОМ У ПІДКОНТРОЛЬНІЙ СЕЙСМОАКТИВНІЙ ЗОНІ ЗА РЕЗУЛЬТАТОМ АНАЛІЗУ ПЕРШОГО ВСТУПУ

(представлено д-ром фіз.-мат. наук Яковлевим С.В.)

У роботі розглядається спосіб виявлення сейсмічного сигналу від землетрусу з осередком у підконтрольній сейсмоактивній зоні за результатами аналізу першого вступу без врахування особливостей форми сейсмічного сигналу та розрахунку коефіцієнту лінійності сейсмічного запису, що дозволяє використовувати даний підхід у реальному режимі часу

Ключові слова: сейсмічні спостереження, оперативне оповіщення про землетрус

Постановка проблеми. До надзвичайних природних явищ, які можуть відбуватись на території України та призвести до надзвичайної ситуації, відносяться землетруси. Наслідки сильних землетрусів можуть призвести до аварій та катастроф, а також екологічних та соціально-політичних наслідків. Однією з установ, що здійснює контроль сейсмічної обстановки за допомогою технічних засобів, є Головний центр спеціального контролю (ГЦСК) Державного космічного агентства України (ДКАУ).

До завдань, які виконує ГЦСК в рамках інформаційного забезпечення Системи цивільного захисту, належить оперативне оповіщення про землетруси з осередками на території України, а також за її межами, наслідки від яких можуть являти собою небезпеку для України. При цьому стає актуальним завдання підвищення оперативності оповіщення про факт землетрусу.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. На теперішній час питанню підвищення оперативності оповіщення про землетрус приділяється досить значна увага [1-3]. Так, в роботі [1] обґрунтовано фізичні засади можливості упередження максимального сейсмічного ефекту від землетрусів потен-

ційно небезпечного класу з осередками у ближній зоні та проведено оцінку часу упередження мережею сейсмічних спостережень ГЦСК для різних регіонів України від землетрусів у зоні Вранча (Румунська частина Карпат). В роботах [2,3] розглядалась можливість використання апріорної інформації про форму сейсмічного сигналу. Однак отримання апріорної інформації про особливості хвильових форм від події у певному районі не завжди можливе. Крім того, на форму сейсмічного сигналу від землетрусу, на відміну від сигналів вибухового походження, впливають ряд чинників: таких як напрямок розповсюдження землетрусу повздовж розлому, орієнтація розлому відносно напрямку на пункт спостереження (ПС) та інші [4].

В роботі [5] для виявлення сейсмічних сигналів від подій з осередком у певній зоні за результатами аналізу першого вступу запропоновано використовувати апарат поляризаційного аналізу, суть якого полягає у використанні поляризаційних властивостей сигналу та шуму. Траєкторія часток ґрунту при проходженні *P*-хвилі має форму сильно витягнутого еліпсоїду, а для фону – близька до кругової [4]. При цьому для *P*-хвилі кутове положення великої півосі еліпсоїду відповідає кутовому положенню осередку сейсмічної події відносно ПС. Виявлення сейсмічного сигналу з підконтрольної сейсмоактивної зони (САЗ) реалізовано шляхом пошуку ділянки сейсмічного запису, які мають високий коефіцієнт лінійності *G*, при цьому кутове положення головної півосі еліпсоїду відповідає кутовому положенню підконтрольної САЗ відносно ПС, як

$$\Psi(n) = G(n) \cdot \cos \Theta(n), \quad (1)$$

де $G(n)$ – поточне значення коефіцієнту лінійності; $\Theta(n)$ – значення кута між головною півоссю еліпсоїду та кутовим положенням САЗ відносно ПС; n – номер ділянки запису.

В роботі [6] для визначення значення коефіцієнту лінійності *G* запропоновано реалізація процедури поляризаційної фільтрації (ПФ) для всіх можливих напрямків приходу сейсмічної хвилі як

$$P(\alpha, \gamma) = \sum_{i=1}^N g_i \cdot G^{\alpha\gamma}, \quad (2)$$

де g_i – поточне значення зміщення ґрунту $g_i = \{n_i, e_i, z_i\}$; N – розмір ділянки сейсмічного запису, для якого розраховується функції $P(\alpha, \gamma)$; $G^{\alpha\gamma}$ – напрямком для якого проводиться ПФ $G^{\alpha\gamma} = \{x, y, z\}$, де координати x, y, z пов’язані з азимутом α та кутом виходу γ як [5]

$$x = \cos(\gamma) \cdot \cos(\alpha), \quad y = \cos(\gamma) \cdot \sin(\alpha), \quad z = \sin(\gamma). \quad (3)$$

Розподіл функції $P(\alpha, \gamma)$ являє собою еліпсоїд ступінь лінійності якого визначається як

$$G = 1 - \frac{\min P(\alpha, \gamma)}{\max P(\alpha, \gamma)}. \quad (4)$$

Реалізація моніторингу підконтрольної САЗ за даним підходом потребує значних обчислювальних затрат, насамперед для визначення коефіцієнту лінійності G , що ускладнює його використання у реальному режимі часу.

Постановка завдання та його вирішення. Метою роботи є розробка способу обробки вимірювальних даних трикомпонентної сейсмічної станції, який дозволить виявляти сейсмічні сигнали з певного району за результатами аналізу першого вступу в оперативному режимі (в режимі реального часу).

Для виявлення сейсмічних сигналів від подій з осередками у заданому районі пропонується ввести функцію $Y(k)$, яка визначає відношення коливання ґрунту, спрямованого за напрямком, що відповідає кутовому положенню підконтрольного району відносно ПС, до повного зміщення ґрунту для прийнятої реалізації, як

$$Y(n) = \frac{\hat{p}(\alpha, \gamma, n)}{\hat{q}(n)}, \quad (5)$$

де $\hat{p}(\alpha, \gamma, n)$ – показник спрямованості коливань за необхідним напрямком, що визначається як

$$\hat{p}(\alpha, \gamma, n) = \sum_{i=1}^N g_i \cdot G^{\alpha\gamma}, \quad (6)$$

g_i – поточне значення зміщення ґрунту на каналах трикомпонентної сейсмічної станції $g_i = \{n_i, e_i, z_i\}$; G^{ay} – напрямок, для якого проводиться ПФ $G^{ay} = \{x, y, z\}$; $\hat{q}(n)$ – повне зміщення ґрунту для прийнятої реалізації

$$\hat{q}(k) = \sum_{i=1}^N \sqrt{n_i^2 + e_i^2 + z_i^2}, \quad (7)$$

N – тривалість ділянки сейсмічного запису.

На рисунках 1-2 приведено результати обробки сейсмічних сигналів від землетрусів з осередками на території Румунії (1.05.2011р., $M=4.8$) та Туреччини (23.10.2011р., $M=7.1$): а) – хвильові форми сейсмічних сигналів (вертикальна складова); б) – значення коефіцієнту лінійності G , розрахованої за виразами (2-4); в) – поточне значення вирішальної функції $\Psi(n)$; г) – поточне значення вирішальної функції $Y(n)$. Значення показників розраховувались для вибірок розміром $N=40$, що відповідає 1 с, при частоті дискретизації $f_d=40$ Гц.

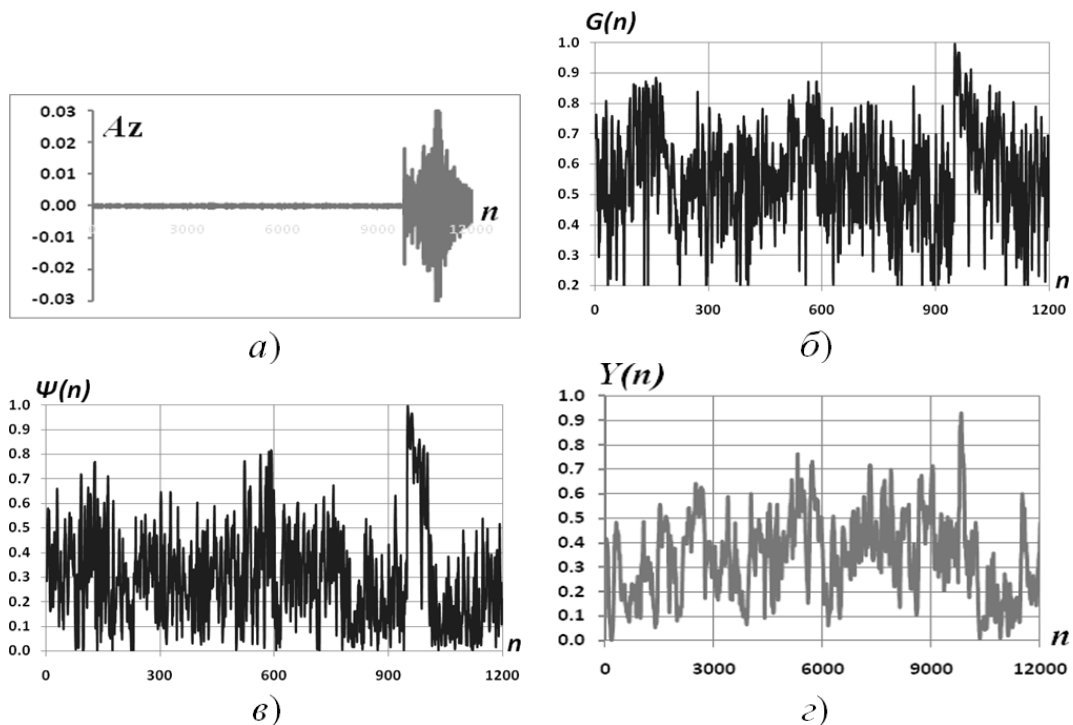


Рис. 1 – Виявлення сейсмічного сигналу від землетрусу з осередком у сейсмоактивній зоні Вранча (1.05.2011 р., $M=4.8$)

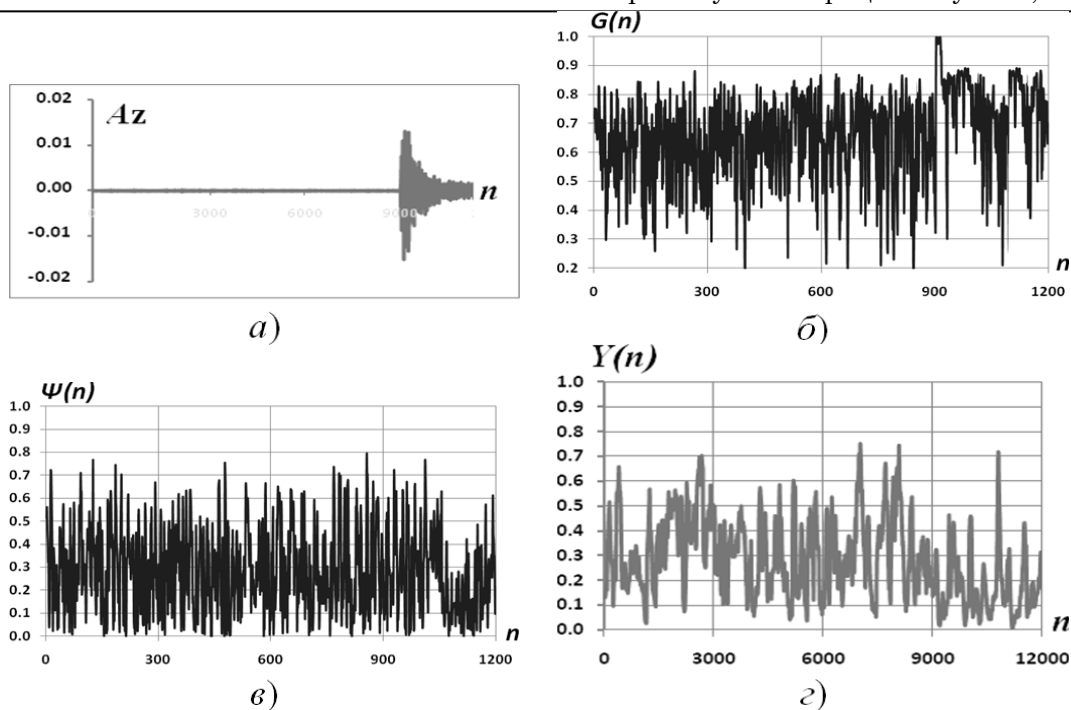


Рис. 2 – Виявлення сейсмічного сигналу від землетрусу з осередком на території Туреччини (23.10.2011 р., $M=7.1$)

Аналіз рисунків 1-2 показує, що використання запропонованого способу дозволяє виявляти сейсмічні сигнали за результатом аналізу першого вступу, при цьому виключити вплив сейсмічних сигналів від сейсмічних подій з інших районів.

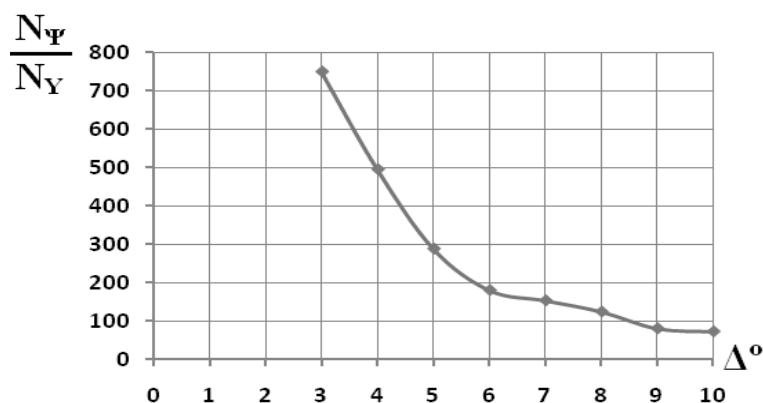


Рис. 3 – Залежність відношення кількості обчислювальних операцій за існуючим підходом N_{Ψ} та запропонованим N_Y в залежності від кроку за куту Δ°

Основною перевагою запропонованого способу є зменшення кількості обчислювальних операцій порівняно з існую-

чими. На рисунку 3 наведено залежність відношення кількості обчислювальних операцій, необхідних для визначення ступеня лінійності прийнятої реалізації сейсмічного запису за існуючими підходом N_{Φ} (1-4) та запропонованим N_{Ψ} (5-7) в залежності від кроку за кутом Δ° , для якого розраховується функція $P(a, \gamma)$.

Висновки. Таким чином, запропонований спосіб дозволяє здійснювати виявлення сейсмічного сигналу від землетрусу з осередком у підконтрольній сейсмоактивній зоні за результатами аналізу першого вступу без врахування особливостей форми сейсмічного сигналу та розрахунку коефіцієнту лінійності сейсмічного запису. Використання запропонованого способу потребує значно менше обчислювальних затрат у порівнянні з існуючими, що дає можливість його реалізації у режимі реального часу.

ЛІТЕРАТУРА

1. Гордієнко Ю.О. Сучасні інформаційно-комп'ютерні технології та мережа сейсмічних спостережень ГЦСК щодо упередження максимального сейсмічного ефекту від землетрусу в ближній зоні / Ю.О. Гордієнко, В.М. Каплаушенко // Вісник ЖДТУ. – №3 (38). – 2006. – С. 61-78.
2. Ващенко В.М. Аналіз першого вступу сейсмічного сигналу з метою оперативного оповіщення про землетруси / В.М. Ващенко, І.В. Толчонов, Ю.О. Гордієнко // Системи обробки інформації. – Х.: ХУ ПС, 2008. – Вип. 3 (70). – С. 25-28.
3. Гордієнко Ю.О. Особливості застосування апарата вейвлет-перетворення при ідентифікації сейсмоактивного району в ближній зоні / Ю.О. Гордієнко, О.І. Солонець, В.М. Шапка, М.М. Проценко // Збірник наукових праць ХУПС. – Х.: ХУПС, 2006. – Вип. 6 (12). – С. 104-106.
4. Кедров О.К. Сейсмические методы контроля ядерных испытаний / О.К. Кедров – М., Саранск: Тип. «Крас. Окт.», 2005. – 420 с.
5. Гордієнко В.О. Виявлення сейсмічних сигналів та визначення кутових характеристик їх джерел за результатами поляризаційної фільтрації / В.О. Гордієнко, Ю.О. Гордієнко, В.А. Кирилук // Вісник ЖДТУ. – № 1 (52). – 2010. – С. 67-71.

6. Гордієнко Ю.О. Виявлення сейсмічного сигналу від землетрусу в районі Вранча за поляризаційною ознакою/ Ю.О. Гордієнко // Збірник наукових праць ХУПС. – Х.: ХУПС, 2011. – Вип. 2 (28). – С. 170-173.

Дяченко Д.В., Гордиенко Ю.А., Самарин В.А.

Обнаружение сейсмического сигнала от землетрясения с очагом в подконтрольной сейсмоактивной зоне по результатам анализа первого вступления

В работе рассматривается способ обнаружения сейсмического сигнала от землетрясения с эпицентром в подконтрольной сейсмоактивной зоне по результатам анализа первого вступления без учета особенностей формы сейсмического сигнала и расчета коэффициента линейности сейсмической записи, что позволяет использовать данный подход в реальном режиме времени

Ключевые слова: сейсмические наблюдения, оперативное оповещение о землетрясении

Djachenko D.V., Gordienko J.A., Samarin V.O.

The detection of the seismic signal from the earthquake with a hearth in a seismically active zone that controlled by the analysis of the first entry

In this paper, a method of detecting seismic signal from the earthquake with its epicenter in the earthquake zone that controlled by the results of this first entry without regarding the features of the seismic signal shape and calculating the coefficient of linear seismic record is considered, allowing using this approach in the real time mode

Key words: seismic monitoring, early warning of an earthquake