

## МОНІТОРИНГ СЕЙСМОНЕБЕЗПЕЧНИХ РАЙОНІВ ЗАСОБАМИ СЕЙСМІЧНОГО ГРУПУВАННЯ

д.т.н., проф. Д.В. Голкін, к.т.н. О.І. Солонець, к.т.н. О.С. Бутенко,  
Ю.О. Гордієнко

*В статті проведено оцінку спрямованих властивостей Української сейсмічної групи для проведення моніторингу сейсмонезбезпечних районів на території України*

**Постановка проблеми.** Останні руйнівні землетруси на Земній кулі знову й знову доводять необхідність проведення якісного моніторингу сейсмонезбезпечних джерел з метою своєчасного попередження про можливу катастрофу або навіть її прогнозу. Аналіз сейсмічної обстановки на території України та суміжних держав вказує на актуальність вирішення задачі моніторингу сейсмонезбезпечних районів Криму та Карпат, а також району гір Вранча (Румунія) з глибокофокусними землетрусами, наслідки яких відчутні майже на всій території України.

На сьогодні проведення якісного дистанційного моніторингу сейсмонезбезпечних джерел неможливе без застосування засобів сейсмічного групування. Основним елементом сейсмічного групування на території України є Українська сейсмічна група (PS-45 за міжнародною класифікацією). Однак досі не проведено досліджень спрямованих властивостей PS-45 при контролі конкретних сейсмонезбезпечних районів.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Дослідження можливостей засобів сейсмічного групування щодо надання інформації про джерела сейсмічного збурення розглянуті у роботах [1, 2]. Зокрема, в роботі [1] з позицій загальної методології проведено оцінку спрямованих властивостей сейсмічної групи при поданні її в якості аналога решітки пасивних приймачів. Проблеми моніторингу сейсмонезбезпечних районів торкається публікація [3]. Запропоновано варіант контрольно-діагностичної системи моніторингу сейсмічної обстановки на території України та суміжних держав. Саме на цей варіант будуть спиратись подальші дослідження.

**Метою статті** є оцінка можливості проведення моніторингу сейсмонезбезпечних районів на території України та суміжних держав на підставі спрямованих властивостей засобів сейсмічного групування.

**Основний матеріал дослідження та аналіз результатів.** Викорис-

тання спрямованих властивостей засобів сейсмічного групування засноване на формуванні діаграми спрямованості сейсмічної групи за допомогою часових затримок  $\tau_{ik}$  для кожного з  $k$  напрямків та подальшого підсумовування (рис. 1). На вхід кожного з  $N$  каналів прийому надходить послідовність  $S_i$  цифрованої інформації, а на виході схеми отримується сумарний сигнал  $F_k$ . Така схема відома в радіолокації як найпростіший пристрій для вимірювання сигналу та визначення напрямку його розповсюдження [4].

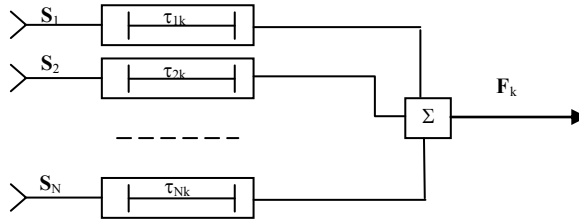


Рис. 1. Система формування діаграми спрямованості сейсмічної групи

Наведена схема реалізується алгоритмічно та входить до блоку формування діаграми спрямованості сейсмічної групи (рис. 2). При формуванні діаграми спрямованості у  $k$ -му напрямку часові затримки знаходяться з виразу

$$\tau_{ik} = \frac{d_i(\Theta_k) \sin \epsilon_k}{V},$$

де  $\Theta_k$ ,  $\epsilon_k$  – азимут та кут виходу сейсмічної хвилі на поверхню, що відраховується від нормалі до площини групи;  $V$  – швидкість сейсмічної хвилі;  $d_i(\Theta_k)$  – перераховані на кут  $\Theta_k$  відстані від елементів сейсмічної групи з прямокутними координатами  $(x_i, y_i)$  до її умовного центра

$$d_i(\Theta_k) = x_i \cos\left(\frac{3\pi}{2} - \Theta_k\right) + y_i \sin\left(\frac{3\pi}{2} - \Theta_k\right).$$

Запропоноване рішення дозволяє реалізувати систему моніторингу сейсмонезбезпечних районів, варіант якої наведено на рис. 2. Саме завдяки використанню сейсмічного групування є змога виділяти сейсмічні сигнали малої інтенсивності, які можуть бути в тому числі передвісниками руйнівних землетрусів.

Для конкретних сейсмонезбезпечних районів становить значний інтерес визначення спрямованих властивостей Української сейсмічної групи.

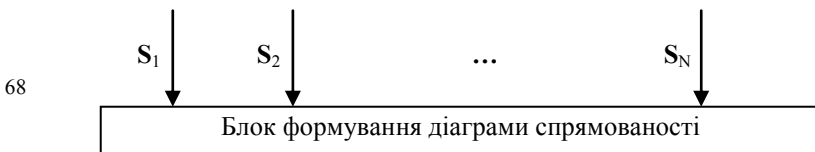


Рис. 2. Система моніторингу сейсмонебезпечних районів

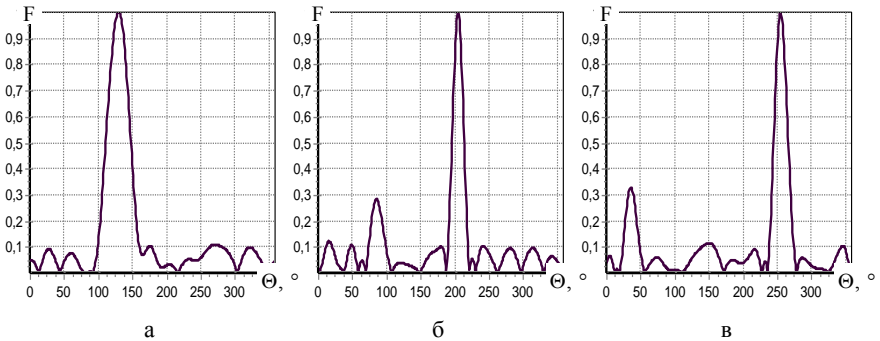


Рис. 3. Форми нормованої діаграми спрямованості PS-45 при моніторингу сейсмонебезпечних районів

Саме для неї на рис. 3 наведено реалізації діаграми спрямованості при моніторингу районів Криму (а), Вранча (б) та Карпат (в).

Очевидно, що при моніторингу району Криму, на відміну від інших розглянутих випадків, ширина діаграми спрямованості дещо більша, хоча й рівень бічних пелюсток є найменшим. За останньою характеристикою найбільш програє випадок контролю району Карпат. З рис. 3 (в) бачимо, що рівень бічного пелюстка з азимуту 36 градусів складає майже

третину вихідного ефекту підсумовування. Усі наведені залежності пов'язані в першу чергу з топологією сейсмічної групи [1].

**Висновки.** Таким чином, запропонована система моніторингу сейсмонезбезпечних районів на території України та суміжних держав дозволить виявляти сейсмічні сигнали – передвісники руйнівних землетрусів завдяки використанню сейсмічного групування. Подальші дослідження пов'язані з оптимізацією форми діаграми спрямованості сейсмічної групи (звуження головного пелюстка, зниження рівня бічних) за рахунок вагових коефіцієнтів.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Пастушенко Н.С., Солонец А.И. Направленные свойства сейсмической группы как аналога решетки пассивных приемников // Радиотехника: Всеукр. межвед. науч.-техн. сб. – Х.: ХГТУРЭ. – 2000. – Вып. 116. – С. 60 – 63.
2. Гуков В.М., Пастушенко Н.С., Терещенко И.В., Солонец А.И., Федотов В.П. О возможности использования сети ГЦСК в интересах вооруженных сил // Збірник наукових праць ХВУ. – Х.: ХВУ. – 2001. – Вып. 4 (34). – С. 123 – 125.
3. Гордиенко Ю.А., Грабар И.Г., Шапка В.Н. Возможный вариант создания контрольно-диагностической системы мониторинга сейсмической обстановки в ближней зоне // Зб. наук. праць ЖВІРЕ. – Ж.: ЖВІРЕ. – 2004. – Вып. 7. – С. 88 – 95.
4. Даджон Д.Э. Основы цифровой обработки сигналов в решетках // ТИИЭР. – 1977. – Т. 65, № 6. – С. 99 – 107.

Надійшла 30.07.2004

**ГОЛКІН Дмитро Васильович**, доктор техн. наук, професор, професор Харківського університету Повітряних Сил. Область наукових інтересів – математичне моделювання, космічні системи, геофізика.

**СОЛОНЕЦЬ Олексій Іванович**, канд. техн. наук, ст. викладач Харківського університету Повітряних Сил. В 1997 році закінчив Харківський військовий університет. Область наукових інтересів – математичне моделювання, геофізика.

**БУТЕНКО Ольга Станіславівна**, канд. техн. наук, ст. викладач Харківського університету Повітряних Сил. В 1985 році закінчила Харківський інститут радіоелектроніки. Область наукових інтересів – математичне моделювання, космічні системи, геофізика.

**ГОРДІЄНКО Юрій Олексійович**, заст. начальника відділу наукового та методичного забезпечення Головного центру спеціального контролю Національного космічного агентства України. В 1997 році закінчив ЖВІРЕ ім. С.П. Корольова. Область наукових інтересів – математичне моделювання, геофізика.

---