

С.В. Щербина, Київ  
А.І. Фещенко, Київ  
О.А. Владимирський, Київ  
І.П. Криворучко, Київ  
А.П. Іващенко, Київ  
О.В. Адаменко, Київ

## СЕРТИФІКОВАНА АВТОМАТИЗОВАНА ЦИФРОВА СИСТЕМА ОЦІНКИ СТАНУ БЕЗПЕКИ РІЗНИХ ОБ'ЄКТІВ

**Abstract.** We propose to use a metrologically certificated calibration device and 24-bits four channels ADC system for transformation analogue values of the acceleration to the digital form for estimation the state of danger in the areas of active technogeneous processes and in the areas of real natural events. The results the testing of working model digital system for measurement of the acceleration in the real part of field Kryvoy Rog had been shown.

### Актуальність

Зростання інтенсивності техногенних процесів по здобичі корисних копалин в нашій країні приводить до значного зростання кількості незворотних процесів у навколишньому середовищі, що може задати значних збитків економіці нашої країни. Наприклад, значний технічний вибух для забезпечення здобичі корисних копалин у кар'єрі поблизу м. Сквиря, що був проведений у 2016 році, привів до значних руйнівних вібрацій багатой кількості будинків майже у всіх селищах, що розташовані поблизу м. Сквиря на відстанях від 1 до 3 кілометрів.

Поблизу м. Макарів також проводиться видобуток у кар'єрі дуже корисного граніту і де трапляється значна кількість міцних вибухів, дим та викиди значної кількості від яких забруднюється навколишнє середовище [1].

Поблизу м. Макарів існує також міжнародна система реєстрації сейсмічних явищ різного походження – техногенних або натуральних, яка фіксує багато вибухів та інших подій у різних інших точках нашої країни. [2].

Найбільш небезпечною зоною по видобутку корисних копалин в нашій країні є спеціальна структура “КривБасс”, що розташована поруч з м. Кривий Ріг. За багато років видобутку руди у цьому місті сталося багато небезпечних подій настільки значного походження, що деякі з них привели до загибелі кількох жителів цього міста (рис. 1 а, рис. 1 б).

У м. Київ на дорогах та у небезпечних зонах розташування будівельних конструкцій різного призначення від житлових до промислових варіантів їх призначень теж трапляються не менш небезпечні події, що пов'язані зі зміною рівня натуральної підземної води або від каналізаційних або водопровідних підтоплень, які виникають в силу завершення терміну їх

© С.В. Щербина, А.І. Фещенко, О.А. Владимирський, І.П. Криворучко,

використовування або від небезпечних зовнішніх впливів, що можуть бути пов'язані з неліцензованим сучасним будівництвом. (рис. 2 а, рис. 2 б) [3, 4].



Рис. 1. Провал у області видобутку руди, що стався від підземного вибуху з масою вибухівки понад 50 тон, що стався поблизу м. Кривий Ріг (а); провал кінцевої частини міста Кривий Ріг, де частина будинків потрапила у зону провалу (б)



Рис. 2. Провал дороги в районі Севастопольської площі (м. Київ) [3]; незаконне будівництво в історичному центрі Києва руйнує пам'ятки архітектури [4]

### Постановка задачі

Оптимальним варіантом для забезпечення ефективного вирішення цих проблем може бути встановлення та використання спеціальних сучасних

сертифікованих автоматизованих систем контролю та моніторингу небезпечних об'єктів та зон, які завдяки наданим сучасним властивостям зможуть допомогти вирішити ці питання. Окрім того, всі ці сертифіковані автоматизовані системи контролю та моніторингу повинні відповідати вимогам ДБН В.2.5-76:2014 [5].

### Вирішення задачі

Для знаходження оптимальних варіантів вирішення цих проблем розроблено спеціальну систему реєстрації для отримання цифрової інформації. До складу експериментальної системи увійшли: вібродатчик для вимірювання прискорення, розроблений на основі використання п'єзоелектричного акселерометру ТО-8 з вбудованим внутрішнім підсилювачем 66332 AP21, попереднього зовнішнього підсилювача, розроблені в Інституті геофізики ім. С.І. Субботіна НАН України і 4-х каналний блок цифрового реєстратора розроблений в Інституті проблем моделювання в енергетиці ім. Г.Є.Пухова НАН України.

В системі реєстрації (рис. 3) реалізовано 3 інформаційні канали (вібро сигнали за трьома взаємно перпендикулярними осями) і еталонний канал. В якості зовнішнього накопичувача використовується PC-сумісний мобільний комп'ютер (ноутбук). У блоці вимірювання застосовані технічні рішення, які одержані раніше при розробці апаратно-програмної системи моделювання – експериментальної системи активно-пасивного низькочастотного діагностування стану трубопроводів РАСТР-1М [6]. Основні технічні характеристики системи реєстрації наведені в табл. 1.

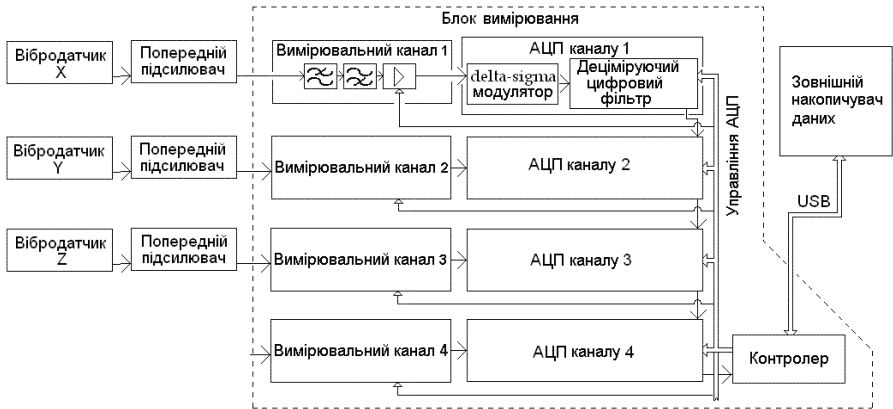


Рис. 3. Структура системи реєстрації

Після сумісного виготовлення спеціальних систем для отримання цифрової інформації необхідно проводити процедуру отримання метрологічних сертифікатів, які покажуть, що виготовлені пристрої відповідають метрологічним вимогам. Головною організацією у м. Київ, що

може забезпечити вирішення цих питань є ДП “УКРМЕТРТЕСТСТАНДАРТ” [7]. Завдяки вчасно та ефективно проведеній роботі по метрологічній калібровці відділ сейсмічної небезпеки Інституту геофізики НАН України отримав сертифікат на калібрувальний пристрій [8], який дозволяє проводити отримання спеціальних значень коефіцієнтів для перерахунку одиниць АЦП або вольтів у одиниці міжнародної метрологічної системи СІ метри для зміщення, метри за секунду для швидкості, метри за секунду у квадраті для прискорення. (рис. 4).

Таблиця 1

Технічні характеристики системи реєстрації

№	Параметр	Значення
1	Кількість вхідних каналів	4
2	Кількість одночасно реєстрованих сигналів	4
3	Число розрядів АЦП	24
4	Частота дискретизації вхідних сигналів	4,3 кГц
5	Формат записів результатів вимірювань в файли даних	Послідовність текстових файлів із записами тривалістю 1 хвилина
6	Електроживлення	зовнішнє джерело (акумулятор) 24 В, 1 А
7	Час безперервної роботи -	не обмежений, визначається параметрами зовнішнього джерела електроживлення
8	Габарити	270×215×105 мм
9	Температурний діапазон	-10...+50°C



Рис. 4. Калібрувальний пристрій під час проведення процедури отримання сертифікату від ДП “УКРМЕТРТЕСТСТАНДАРТ”

Після проведення важливої процедури отримання значень коефіцієнтів для перерахунку одиниць АЦП у метри за секунду у квадраті для прискорення, що використовується при контролі вибухів у м. Кривий Ріг була проведена реальна робота по використанню цієї системи в лабораторії та у реальних умовах поза межами технічного транспортного шуму цього міста. (рис. 5).

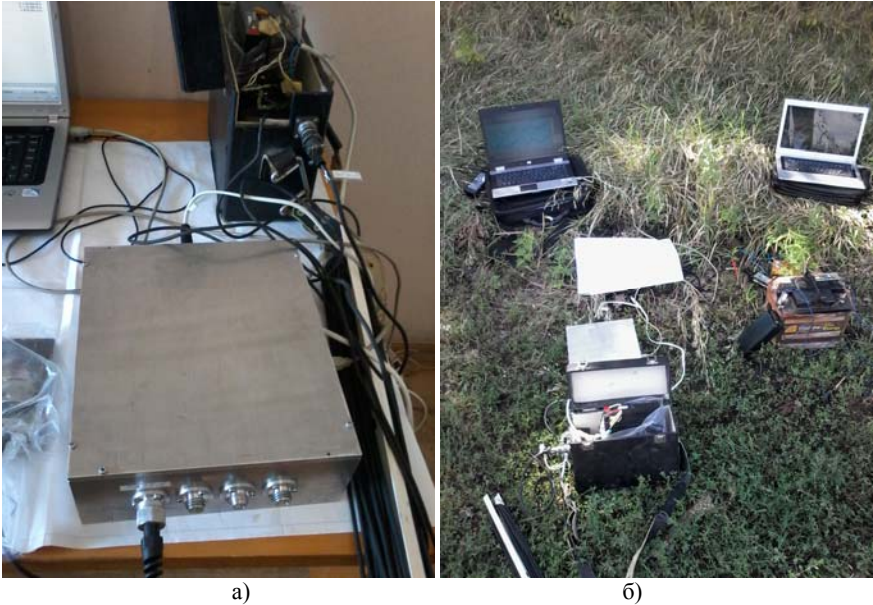


Рис. 5. Система для вимірювання прискорення:  
загальний вигляд (а), використання у реальних умовах (б)

В процесі проведення польових робіт, що тривали майже одну годину були отримані записи прискорення у різних точках спостережень міста Кривий Ріг. Перед вивезенням системи для вимірювання прискорення у реальні польові умови було проведене лабораторне випробування цієї системи для фіксації різких подій типу удару.

Після прибуття у польові умови (рис. 6.) були отримані чисті цифрові записи, що потім були перераховані у прискорення, що було досягнуто за допомогою використання спеціального коефіцієнту, який дозволяє перетворювати одиниці АЦП у реальні фізичні значення.

### **Висновки**

Попередніми висновками проведених досліджень можуть бути наступні:  
– проведені дослідження показали, що представлена система для вимірювання прискорення у реальних умовах має можливість бути використаною у польових умовах з достатнім рівнем ефективності;

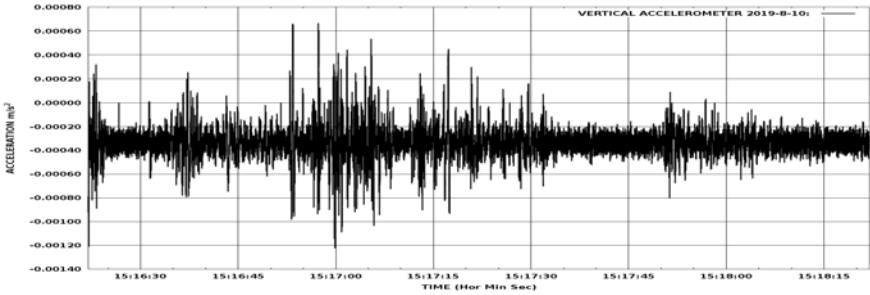


Рис. 6. Запис реального прискорення природного походження, що має природу натурального мікросейсмічного шуму поверхні землі

– провірена та відкалібрована система може бути також використана для моніторингу інших промислових або важливих міських споруд для оцінки стану цих об'єктів відповідно до вимог ДБН В.2.5-76:2014 [5];  
 – зміна давачів вимірювань прискорення на вимірювачі швидкості або зміщення дозволить отримати важливу інформацію, що має можливість приймати оперативні рішення відповідно до вимог ДБН В.2.5-76:2014 [5] у випадках фіксації небезпечних явищ різного походження.

1. У селі під Києвом людей понад десять років отруюють гранітним пилом (ВІДЕО) <http://mykyivregion.com.ua/2018/04/28/u-seli-pid-kiyevom-lyudej-ponad-desyat-rokiv-otruyuyut-granitnim-pilom-video>.
2. Мапа вибухів або подій іншого техногенного або натурального типу у нашій країні, що зафіксовані НЦСД Інституту Геофізики НАН України у 2011 році. <http://seismo.kiev.ua/GoogleMap/ExplOn2011>.
3. Провал дороги в районі Севастопольської площі. <https://www.rbc.ua/ukr/news/kievrovalilas-doroga-rayone-sevastopolskoy-1550561316.html>.
4. Монстри Андріївського узвозу: як незаконне будівництво в історичному центрі Києва руйнує пам'ятки архітектури. <https://styler.rbc.ua/ukr/zhizn/monstry-andreevskogo-spuska-nezakonnaya-stroyka-1510746287.html>.
5. ДБН В.2.5-76:2014. Автоматизовані системи раннього виявлення загрози виникнення надзвичайних ситуацій та оповіщення населення. <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0029858-14>.
6. *Владимирский А.А., Владимирский И.А., Криворучко И.П., Савчук Н.П.* Разработка модернизированной системы низкочастотного диагностирования состояния трубопроводов РАСТР-1М // Моделирование та інформаційні технології. Зб. наук. пр. ПІМЕ ім. Г.Є. Пухова НАН України. – Вип. 78. – К.: 2017. – С.40-45.
7. Державне підприємство "Укрметртестстандарт". <http://wiki.1551.gov.ua/pages/viewpage.action?pageId=14385387>.
8. *Лісовий Ю.В., Феценко А.І.* Лазерний калібрувальний пристрій. Заявка № U201901993 від 28.02.2019.

<http://doi.org/10.5281/zenodo.3610638>

Поступила 22.08.2019р.