

Для їх відображення використовується елемент *Waveform Graph*. На графіку відображаються напірні характеристики.

Графіки будуються так: з масиву «Q1» та «H1» приходять дані у елемент *Bundle*, що формує відповідні координати.

Зрозуміло, що стенд не є ідеальним. У зв'язку з малими довжиною та діаметром трубопроводів, потік рідини має турбулентний характер, що приводить до вторинних низькочастотних явищ.

З метою компенсації помилок вимірювання, використовується поліноміальна апроксимація та сплайн інтерполяція (елемент *General Polynomial Fit*, який формує окрему криву). І на завершальному етапі - об'єднуються усі провідники за допомогою *Build Array* та виводяться на елемент *Waveform Graph*.

Висновки. Обрана структура лабораторного стенда та розроблено програмне забезпечення для керування насосною установкою. Програмна система керування дозволяє в автоматичному режимі будувати напірно-витратні та енергетичні характеристики насоса, проводити курс лабораторних робіт для закріплення теоретичних знань, отриманих студентами на лекціях та придбання навичок експлуатації обладнання, роботи із запірною-регулювальною, контрольно-вимірювальною й перетворювальною апаратурою насосної установки. Стенд має великі можливості модернізації і може використовуватися для проведення лабораторних робіт з різних дисциплін.

Список літератури

1. **Копытов Ю.В.** Экономия электроэнергии в промышленности: справочник / Ю.В. Копытов, Б.А. Чуланов. – М.: Энергия, 1978. – 120 с.
2. **Онищенко Г.Б.** Электропривод турбомеханизмов / Г.Б. Онищенко, М.Г. Юньков. – М.: Энергия, 1972. – 240 с.
3. **Черкасский В.М.** Насосы, вентиляторы, компрессоры / В.М. Черкасский. – М.: Энергоатомиздат, 1984. – 415 с.
4. **Шерстюк А.Н.** Насосы, вентиляторы, компрессоры: учеб. пособие для вузов / А.Н. Шерстюк. – М.: Высшая школа, 1972. – 344 с.
5. **Шевчук С.П.** Насосні, вентиляторні та пневматичні установки: підручник / С.П. Шевчук, О.М. Попович, С.М. Світлицький. – К.: НТТУ «КПІ», 2010. – 308 с.
6. **Ильинский Н.Ф.** Энергосбережение в центробежных машинах средствами электропривода / Н.Ф. Ильинский // Вестник МЭИ. – 1995. – №1.
7. **Тревис Дж.** LabVIEW для всех / Джеффри Тревис. – Пер. с англ. Клушин Н. А. – М.: ДМК Пресс; Прибор-Комплект, 2005. – 544 с.
8. **Федосов В.П., Нестеренко А.К.** Цифровая обработка сигналов в LabVIEW: учеб. пособие / под ред. В. П. Федосова. – М.: ДМК Пресс, 2007. – 456 с.
9. **Батоврин В.К.** LabVIEW: практикум по электронике и микропроцессорной технике / В.К. Батоврин, А.С. Бессонов, В.В. Мошкин. – М.: ДМК Пресс, 2005. – 182 с.
10. **Суранов А.Я.** LabVIEW 7: справочник по функциям / А.Я. Суранов. – М.: ДМК Пресс, 2005. – 512 с.
11. **Пейч Л.И.** LabVIEW для новичков и специалистов / Л.И. Пейч, Д.А. Точилин, Б.П. Поллак. – М.: Горячая линия – Телеком, 2004. – 384 с.

Рукопис подано до редакції 04.04.15

УДК 528.8: 622.831.6

В.М. ЗДЕЩИЦ¹, д-р техн. наук, проф., М.В. ШОЛОХ, канд. техн. наук, доц.,
М.П. СЕРГЄЄВА, Криворізький національний університет

ВИЗНАЧЕННЯ НЕОДНОРІДНОСТЕЙ ТА ПОРОЖНЕЧ В ГІРСЬКОМУ МАСИВІ

Розглянуто теоретичні положення математичного моделювання маркшейдерсько-геодезичних напівавтоматичних систем для визначення неоднорідностей та порожнеч в напружено-деформованому гірському масиві, породи в загальному випадку якого є структурними середовищами, компоненти яких володіють різними пружними властивостями. Міцні гірські породи при нарузі, що не перевищує межі пружності, поведуться як однорідні пружні середовища, повністю поновлюючи свої розміри і форму після зникання деформуючих сил. Обґрунтовано, що по мінливості швидкості розповсюдження акустичних хвиль можна судити і про мінливість міцності гірського масиву при видобуванні корисної копалини. Хвилі, що розповсюджуються через гірську породу, несуть з собою певну енергію. Інтенсивність пучка при розповсюдженні через середовище зменшується по експоненті в результаті поглинання і по ступеню ослаблення інтенсивності пучка можна судити про мінливість міцності породи. Поперечний перетин рудного тіла обмежений, тому, вимірявши часовий інтервал між приходом прямої хвилі і відбитою на межі розділу сере-

довищ з різною міцністю визначається швидкість розповсюдження сейсмічної хвилі. Запропоновано метод спектрально-сейсмічного профілювання для отримання перерізу товщі гірського масиву на підставі зареєстрованого спектру сейсмічного сигналу. При цьому використовується відповідність значень власних частот гармонійних складових сейсмічного сигналу потужностям геологічних структур. На спектрально-сейсмічному профілі проявляються межі між породами, що розрізняються по міцності, ослабленості механічного контакту і тріщинуватості. Інтерпретація експериментальних даних дозволяє згідно виявленим властивостям шару-резонатора, його коливальний процес використовувати тільки при безпосередньому контакті сейсмоприймача з цим шаром. За допомогою вейвлет-перетворення будь-який процес, що змінюється в часі, відображається на вісі частот в спектральному вигляді. Перерахунок за допомогою формули спектральної сейсмічної розвідки дозволяє провести вісь глибин, і тоді спектрограма набуває сенсу перерізу. Виконано оцінку стану геомеханічних процесів в породах біля виробленого простору з використанням спектрально-сейсмічного профілювання.

Проблема та її зв'язок з науковими та практичними завданнями. Гірські породи в загальному випадку є структурними середовищами, компоненти яких володіють різними пружними властивостями. Міцні гірські породи при нарузі, що не перевищує межі пружності, поводяться як однорідні пружні середовища, повністю поновлюючи свої розміри і форму після зникання деформуєчих сил. У таких гірських породах пружні параметри знаходяться по співвідношенням, наведених [3-5]. Оскільки пружні характеристики гірських порід залежать, у свою чергу, від мінералогічного складу, структури, пористості, вологості і інших чинників, то швидкість розповсюдження пружних хвиль в породах з мінливістю кожного з цих чинників також змінюється. На цьому факті й побудовано метод визначення міцності шляхом спектрально-сейсмічного зондування гірської породи.

Аналіз досліджень та публікацій. Вимірювальні напівавтоматичні системи для просторового визначення стійкості гірського масиву, місцезнаходження і спостереження за виробленим простором при підземному способі видобування корисних копалин з родовища, покладу, рудного тіла або ділянки та маркшейдерського забезпечення визначення і зйомки доступних і недоступних гірничих пустот розглянуто в [1-3], розроблено математичне моделювання волоконно-оптичних систем. За основу розроблення таких напівавтоматичних систем взято вивчення процесу формування виробленого простору з урахуванням фізико-механічних властивостей гірських порід під впливом підповерхового способу проведення гірничих робіт для гірничо-геологічних умов Кривбасу [12-14]. Вибрано оптимальні варіанти створення напівавтоматичної системи для вимірювання доступних і недоступних гірничих пустот на основі спектрально-сейсмічного профілювання гірського масиву з використанням волоконно-оптичних технологій.

Постановка завдання. Швидкість розповсюдження акустичних хвиль зростає із збільшенням вмісту твердих компонентів в породі, тобто із збільшенням міцності породи. По мінливості швидкості можна судити і про мінливість міцності гірського масиву при видобуванні корисної копалини [8-11]. Хвилі, що розповсюджуються через гірську породу, несуть з собою певну енергію. Розповсюдження через середовище інтенсивність пучка зменшується в результаті поглинання по експоненті і по ступеню ослаблення інтенсивності пучка можна судити про мінливість міцності породи. Поперечний перетин рудного тіла обмежений, тому, вимірявши часовий інтервал між приходом прямої хвилі і відбитою на межі розділу середовищ з різною міцністю визначається швидкість розповсюдження сейсмічної хвилі. Частота ν_0 -це власна частота, якою характеризуються гармонійні затухаючі коливання, що виникають в результаті ударної дії на пластину-резонатор товщини h . Тобто коливальний процес спектрально пов'язаний з розмірами досліджуваного об'єкту і може використовуватися при визначенні геологічної будови масиву гірських порід. Урахування цього ефекту визначає будову апаратури, програму спектрального перетворення сигналу і перерахунку власних частот у відповідні потужності [1-3].

Викладення матеріалу та результати. Призначення методу спектрально-сейсмічного профілювання-дати переріз товщі гірського масиву на підставі зареєстрованого спектру сейсмічного сигналу. При цьому використовується відповідність значень власних частот ν_0 гармонійних складових сейсмічного сигналу потужностям h геологічних структур. На *ССП - перерізах* проявляються межі між породами, що розрізняються по міцності, ослабленості механічного контакту, тріщинуватості і т.ін. Логіка інтерпретації експериментальних даних полягає в тому, що, згідно виявленим властивостям шару-резонатора, його коливальний процес можна виявити тільки при безпосередньому контакті сейсмоприймача з цим шаром. За допомогою вейвлет-перетворення будь-який процес, що змінюється в часі, може бути зображено на вісі частот у спектральному вигляді. Перерахунок за допомогою основної формули спектральної сейсмічної

розвідки [3] дозволяє провести вісь глибин (h), і тоді спектрограма набуває сенсу перерізу. Відмінність по величині добротностей гармонійних складових сейсмічного сигналу відповідає відмінності характеру зчеплення порід по кожній з меж. Найбільш чіткі частотні межі свідчать про найменше зчеплення між породами або дільницю підвищеної порушеності гірського масиву. У таких породах розповсюдження поздовжніх і поперечних пружних хвиль задовольняє таким рівнянням

$$(K_{T+Ж} + \frac{4}{3}G)\nabla^2\Theta = [(1-k_{II})\rho_T + k_{II}\rho_{Ж}] \frac{\partial^2\Theta}{\partial t^2} \quad (1)$$

$$G\nabla^2\omega = [(1-k_{II})\rho_T + k_{II}\rho_{Ж}] \frac{\partial^2\omega}{\partial t^2} \quad (2)$$

де Θ і ω - відповідно, дивергенція і ротор вектора зсуву; ρ_T і $\rho_{Ж}$ - густина твердого і рідкого середовищ; G - модуль зсуву твердих компонентів породи; $K_{T+Ж}$ - модуль всебічного стискування породи, що визначається з рівняння

$$\frac{1}{K_{T+Ж}} = \frac{k_{II}}{K_{Ж}} + \frac{1-k_{II}}{K_T}$$

k_{II} - пористість породи.

Звідси швидкості поздовжніх c_L і поперечних хвиль c_T дорівнюють

$$c_L = \sqrt{\frac{K_{T+Ж} - \frac{4}{3}G}{(1-k_{II})\rho_T + k_{II}\rho_{Ж}}}, \quad (3)$$

$$c_T = \sqrt{\frac{G}{(1-k_{II})\rho_T + k_{II}\rho_{Ж}}}. \quad (4)$$

Таким чином, по сейсмограмі можна трьома незалежними способами визначити швидкість розповсюдження сейсмічної хвилі, а разом з цим і контролювати міцність гірської породи. Проведені нами експерименти дозволили з'ясувати принципову можливість використання сейсмічної апаратури на базі цифрового осцилографа, що запам'ятовує, для визначення міцності цілика рудного родовища, покладу, рудного тіла або дільниці корисних копалин. Надалі, на підставі отриманих даних, розроблена методика оцінки оптимальної кількості і місцеположення вибухових свердловин залежно від міцності гірського масиву. Для реєстрації горизонтальних коливань нами використовувалися сейсмічні датчики $CG1-10$ і $CG-10$, а датчики $CB-10Ц$ для реєстрації вертикальних коливань. З метою метрологічної атестації комплект сейсмічної апаратури калібрувався на вібростолі [1-3]. Визначався коефіцієнт перетворення швидкості механічних коливань K в напругу. Спостерігається залежність коефіцієнта перетворення K від частоти f . Функціональна залежність коефіцієнта перетворення K від частоти f і величина достовірності апроксимації кривої (R^2) приведені на графіках.

У натурному експерименті сейсмометрична апаратура розміщувалася на горизонті мінус 1180 м на відстані 28 м від чотирьох вибухових накладних зарядів по 750 г вибухової речовини кожен. Час затримки вибухів один від одного складав 0,1-0,5 с. Запуск осцилографа здійснювався від датчика вертикальних коливань. Поріг запуску-40 мВ по фронту наростаючого сигналу. Чутливість по вертикалі-200 мВ/поділку. Отримано сейсмограми приведено на рис. 1-3. З осцилограм видно, що максимальна швидкість коливання породи виникла в районі відмітки 0,15 с. Час приходу максимальної по амплітуді хвилі дорівнював 152 мс. За даними промислових досліджень відмінність в приході поздовжньої хвилі (X) склало 8 мс, а поперечної (Y)-4 мс. Це підтвердило висновок про те, що по різниці швидкостей можна визначити пористість (міцність) гірської породи по формулах (3) і (4). Порівнюючи форму сигналу з датчиків можна зробити висновок про наявність відбитих від межі розділу середовищ з міцністю $f=5-7$ (рудне тіло) і $f=8-12$ (граніт) сигналів, розділених 8 мс. При швидкості розповсюдження сейсмічної хвилі 4 км/с межа рудного тіла знаходиться на відстані 25 м від прямої, що сполучає епіцентр вибуху - точку спостереження (місце установки датчика поперечних хвиль) [11-13].

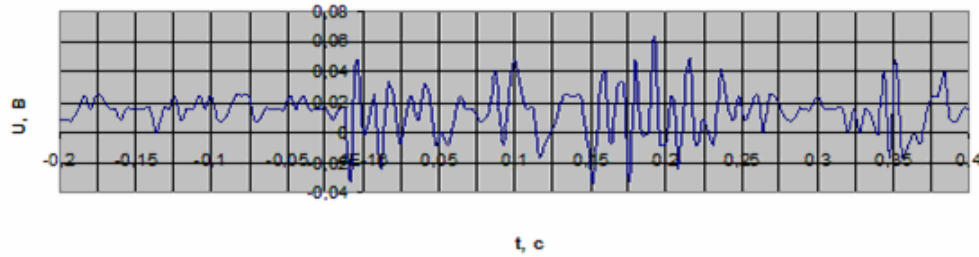


Рис. 1. Сейсмограма вертикальні Z-коливання

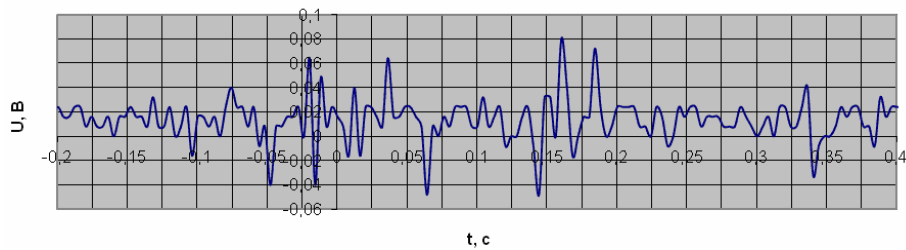


Рис. 2. Сейсмограма горизонтальні X-коливання

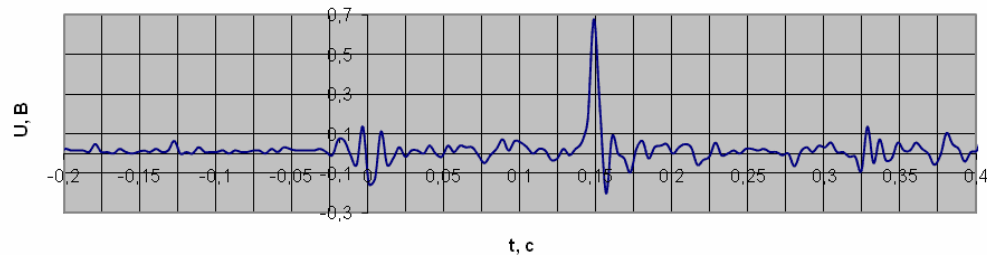


Рис. 3. Сейсмограма горизонтальні Y- коливання

Фонові вимірювання сейсміки (рис. 4; 5) показали, що максимальні значення коливань породи при роботі перфоратора на відмітці мінус 1152 м складають 0,048 В по вертикалі і 0,06 В по горизонталі.

При відключеному перфораторі, відповідно, 0,04 В і 0,072 В. Отже, для збільшення точності вимірювань необхідно збільшити кількість вибухової речовини до 1-2 кг.

Подальші дослідження (рис. 6), дали можливість визначити і величину поздовжньої швидкості в гірському масиві потужністю 15 м.

Датчик вертикальних коливань № 1 встановлювали на відстані 5 м від шпурового заряду вибухової речовини (800 г) на одному з горизонтів, поряд з осцилографом, на 15 м глибині розміщувався датчик вертикальних (поздовжніх) коливань № 2 і датчик горизонтальних коливань № 3, тобто різниця ходу для сейсмічної хвилі складала 10 м.

Запуск осцилографа здійснювався від сигналу датчика № 1. Як видно на сейсмограмі, часовий інтервал між приходом сигналів склав 1,6 мс, що відповідає швидкості розповсюдження хвилі 6250 м/с (при міцності породи $f=10-12$).

Постановка вимірювань при міцності породи $f=5-7$ (руда мартитова).

Вибух вибухової речовини масою 1,4 кг був здійснений на горизонті мінус 1130 м. Координати епіцентру вибуху (-9,5; 10,5; 0) щодо точки перетину осей 99 (вісь X) і 900 (вісь Y).

Сейсмічні датчики і осцилограф розміщувалися на горизонті мінус 1152 м на відстані 31 м - датчик вертикальних коливань № 1 і на відстані 33 м - датчик № 2 вертикальних коливань і датчик № 3 горизонтальних коливань [3,10,11].

Координати датчика № 1 (-22; 22; 22), датчика № 2 (-17; 23; 22). Пуск осцилографа здійснювався від датчика вертикальних коливань № 1.

Поріг запуску -20 мВ по фронту наростаючого сигналу. Чутливість по вертикалі - 200 мВ/поділку.

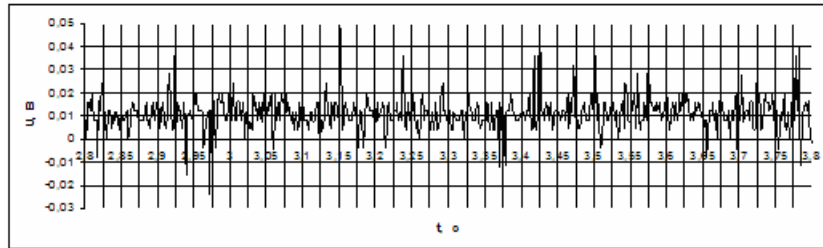


Рис. 4. Сейсмограма вертикальних фонових Z-коливання

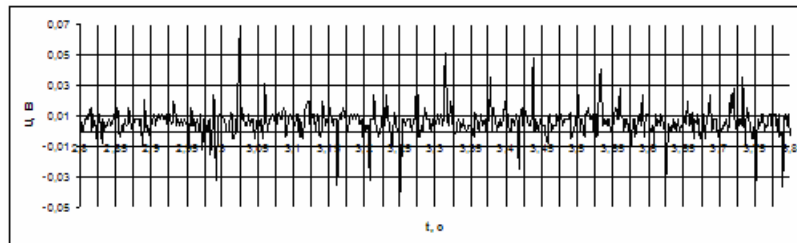


Рис. 5. Сейсмограма горизонтальних фонових X-коливання

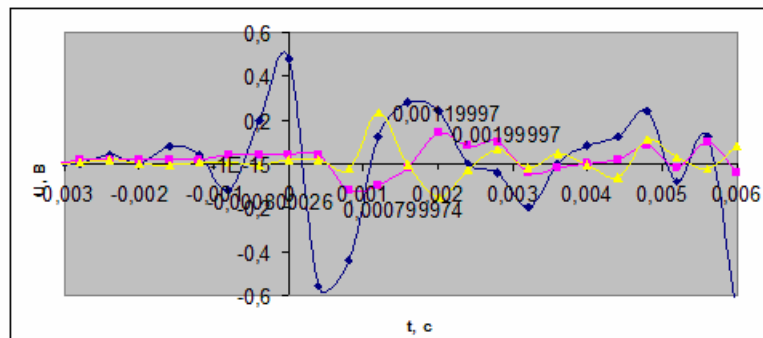


Рис. 6. Сейсмограма дослідження гірського масиву на шахті «Октябрьская»

Отримано в дослідженні сейсмограми приведено на рис. 7. З осцилограм видно, що максимальна швидкість коливання породи ($0,125$ м/с) виникла в районі датчика № 1. Час приходу максимальної по амплітуді хвилі $14,6$ мс. Сейсмограма, що підсумовує (рис. 7), відмінність в приході вертикальної хвилі (поздовжньої) на датчики № 1 і № 2 склало $2,4$ мс, що відповідає швидкості руху $0,84$ м/с. Часовий інтервал між імпульсом датчика вертикальних сейсмічних коливань $D1$, розташованим на відстані $2,5$ м від вибуху $1,5$ кг вибухової речовини і імпульсом датчика вертикальних сейсмічних коливань $D2$, розташованим на відстані 36 м від вибуху склав величину $\Delta\tau=7,0$ мс (рис. 8).

Різниця ходу між ними склала величину $33,5$ м. Отже, швидкість розповсюдження поздовжньої хвилі в породі міцністю $f=6-8$ склала величину 4786 м/с. Часовий інтервал між імпульсом датчика вертикальних сейсмічних коливань $D1$, розташованим на відстані $2,5$ м від вибуху $1,5$ кг вибухової речовини і імпульсом датчика вертикальних сейсмічних коливань $D3$, що розташовані на відстані 34 м склав величину $\Delta\tau=6,2$ мс.

Різниця ходу між ними склала величину $31,5$ м. Швидкість розповсюдження поздовжньої хвилі в породі міцністю $f=8-10$ склала величину 5080 м/с.

За даними, отриманими в дослідіх була визначена залежність швидкості м/с 3680 ; 4786 ; 5080 ; 6250 розповсюдження поздовжніх хвиль від міцності породи $4-6$; $6-8$; $8-10$; $10-12$ [4-7].

Для оцінки стабільності отримання методом спектрально-сейсмічного профілювання спектральної інформації було зареєстровано 10 спектрограмми на одній і тій же реперній точці 13.

На рис. 9 всі 10 спектрограм представлено на одній діаграмі.

Стабільність спектрограм спектрально-сейсмічного профілювання гірського масиву в точці № 13 не визиває сумніву.

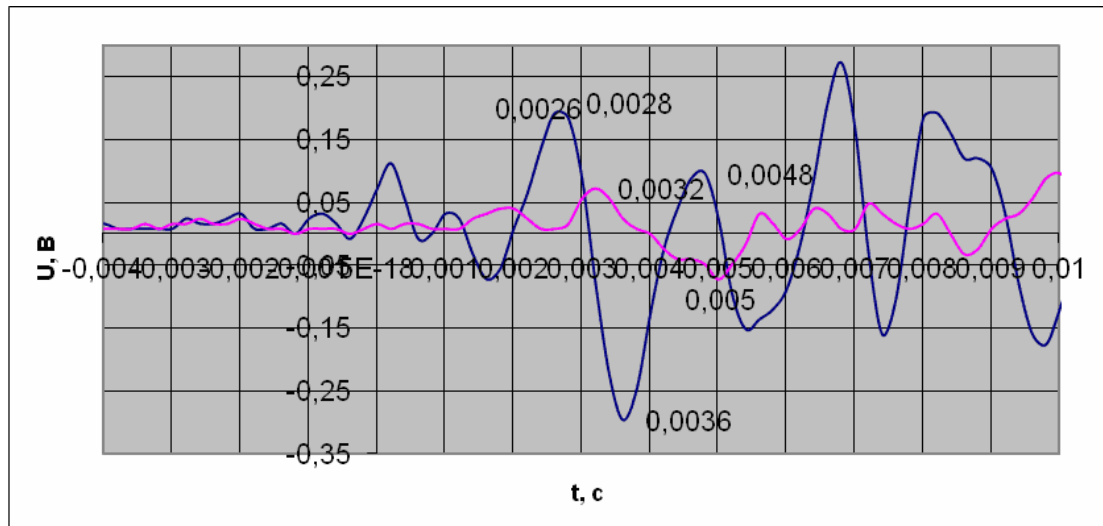


Рис. 7. Сейсмограми гірського масиву зареєстровані датчиками № 1 і № 2 на горизонті мінус 1132 м.

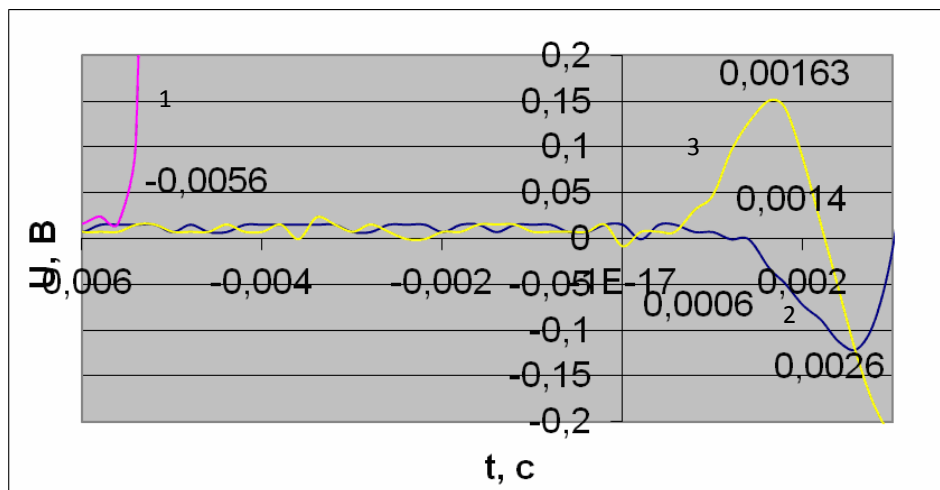


Рис. 8. Сейсмограма дослідження: 1 - датчик № 1; 2 - датчик № 2; 3 - датчик № 3

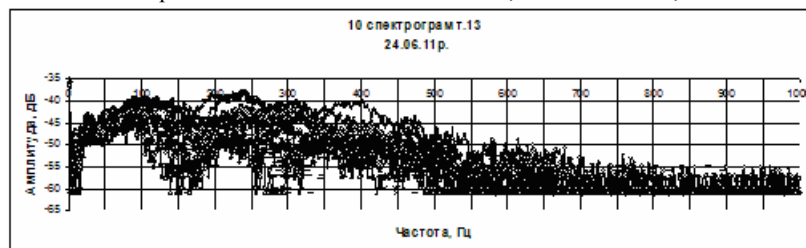


Рис. 9. Спектрально-сейсмічне профілювання гірського масиву в точці № 13

Висновки та напрямок подальших досліджень. Методика спектрально-сейсмічного профілювання напружено-деформованого гірського масиву дозволяє визначати швидкість поперечних і поздовжніх хвиль і контролювати міцність гірського масиву. Врахування цього факту дає можливість оптимізувати технологію вибухових робіт, а також вимірювати міцність породи. Метод спектрального сейсмічного профілювання дозволяє будувати перерізи напружено-деформованого гірського масиву з вказівкою глибини залягання неоднорідностей. Перманентні вимірювання дозволять контролювати стан напружено-деформованого гірського масиву, попереджаючи про можливі провали. Необхідно удосконалити методику в частині створення сейсмічних приймачів, а також в частині програмного забезпечення обробки експериментів.

Список літератури

1. Здешиц В.М., Сидоренко В.Д. Сучасна техніка виявлення підземних порожнеч / Вісник Криворізького технічного університету. - Кривий Ріг: КТУ. - Вип. 29, 2011. - С. 59-64.

2. **Здешиц В.М.** Визначення неоднорідностей та порожнеч в гірському масиві методом спектрального сейсмічного профілювання / **В.М. Здешиц, В.Д. Сидоренко, В.А. Сорокопуд, О.С. Намінат** // Вісник Криворізького технічного університету. - Кривий Ріг: КТУ. - Вип. 29, 2011. - С. 78-82.
3. **Здешиц В.М.** Виявлення підземних порожнеч в гірському масиві методом спектрального сейсмічного профілювання / **В.М. Здешиц, В.Д. Сидоренко** // Гірничий вісник. - 2013. - Кривий Ріг - Вип. 96. - С. 93-97.
4. Инструкция по наблюдениям за сдвижением горных пород и земной поверхности при подземной разработке рудных месторождений. / М-во. цветн. мет. СССР. Горное управление: Введена 03.07.86. - Разработана ВНИМИ, ВНИПИгорцвет. - М.: Недра, 1988. - 112 с.
5. Инструкция по производству маркшейдерских работ. - М.: Недра, 1987. - 240 с.
6. **Монахов А.В., Сазонов А.В., Шолох Н.В., Яковенко А.Л.** Развитие процесса сдвижения при отработке слепых рудных залежей в Криворожском бассейне // Вісник Криворізького технічного університету, 2011. - Кривий Ріг - Вип. 29. - С. 82-87.
7. Правила охраны сооружений и природных объектов от вредного влияния подземных горных работ в Криворожском железорудном бассейне. Ленинград: ВНИМИ, 1975. - 68 с.
8. **Сидоренко В.Д., Федоренко П.Й., Шолох М.В.** Автоматизація маркшейдерських робіт: Навчальний посібник. -2-е вид., перероб. і доп. Кривий Ріг: Мінерал, 2006. - 344 с.
9. **Сидоренко В.Д., Шолох Н.В.** Использование GPS-аппаратуры для наблюдений за сдвижением горных пород и земной поверхности в Кривбассе / Збірник доповідей науково-технічної конференції «Сталий розвиток гірничо-металургійної промисловості» 18-22 травня 2004 р., том 1, Кривий Ріг, КТУ, 2004. - С. 97-100.
10. **Шолох М.В.** Дослідження впливу близьких до поверхні пустот на експлуатацію залізорудних родовищ Кривбасу / **М.В. Шолох, К.С. Єлезов** // Вісник Криворізького технічного університету. - Кривий Ріг, 2011. - Вип. 28. - С. 39-43.
11. **Шолох Н.В.** Направления развития системы обработки маркшейдерско-геологической информации / Н.В. Шолох, А.Л. Топчий // Разработка рудных месторождений. - Кривой Рог, 2010. - Вып. 93. - С. 94-97
12. **Baranowski M.** Zastosowanie fotogrammetrii w miernictwie podziemnym / **M. Baranowski** // Prz. gorniczy. - 1974. - Vol. 30. - № 11. - P. 571-577.
13. **Herzinger C. M.** Ellipsometric determination of optical constants / **C.M. Herzinger, B. Johs, McGahan and J. A. Woollan.** - 1995. - 123 p.
14. Deeper open pits // International Mining. - № 10. - 2009. - P. 52-55.

Рукопис подано до редакції 01.04.15

УДК 691: 692: 620: 624.01

В.В. СУРГАЄВ, канд. техн. наук, доц., Криворізький національний університет

ЗАСТОСУВАННЯ КОНСТРУКЦІЙ ЗОВНІШНІХ ОГОРОДЖЕНЬ БУДІВЕЛЬ З ПІДВИЩЕНИМ ТЕПЛОЗАХИСТОМ

Виконано історичний огляд, проведено аналіз стану енергозбереження при будівництві і експлуатації промислових і громадських будівель, наведені проблемні питання в даному аспекті досліджень. У наш час у будівництві все більш широкое поширення отримують технології зниження тепловтрат огорожувальних конструкцій, з використанням теплоізоляційних матеріалів на мінеральній основі «Rockwool» і панелей «Сендвич», пінобетону, «теплої» цегли.

Прогрес у даній галузі пов'язаний також з постійним зростанням жорсткості вимог до теплової захищеності будинків і загальною тенденцією до зниження енергозатрат і енергозбереженням у будівництві і при експлуатації будинків. Вітчизняний рівень техніки, технології, теоретичні і прикладні знання про процес дозволяють стверджувати, що в будівництві будинків з підвищеним теплозахистом, случений перліт, термоперліт, неопор-бетон, лігноперліт і інші розглянуті матеріали, унікальні по своїх властивостях і сферам застосування, будуть затребувані в усе більшій мірі.

Проблема та її зв'язок з науковими та практичними завданнями. Прогрес науки й технології в ХХ столітті обумовив радикальний перехід до широкого використання викопних палив, а в якості теплоносіїв стали використовувати пару й гарячу воду. На початку минулого століття для нагрівання води й пари стали використовувати чавунні котли «Стребеля» і «Стреля», у системах опалення знайшли широке застосування чавунні радіатори. У 30-х роках ХХ-го століття з'явилися перші теплофікаційні установки, які вирішували місцеві завдання тепlopостачання. Масове житлове будівництво в СРСР відбувалося вже з урахуванням накопиченого з початку ХХ-го століття досвіду вирішення завдань тепlopостачання, широко застосовувалися гідравлічні елеватори, чавунні радіатори, водяні насоси, електроприводи, електродугове зварювання.

Починаючи з 30-х років ХХ-го століття, широке поширення отримали централізовані системи тепло- й електропостачання міст і селищ країни, вироблення й споживання енергії в передвоєнні роки в 10 разів перевищило дореволюційний рівень.