

3. Паламарчук Т.А. Особенности и теоретические предпосылки контроля процессов самоорганизации породного массива, ослабленного горной выработкой // Геотехническая механика. – Днепропетровск: ИГТМ НАН Украины. – 2000. – №23. – С. 156-159.

4. Усаченко Б.М., Кириченко В.Я., Шмиголь А.В. Охрана подготовительных выработок глубоких горизонтов шахт Западного Донбасса. – М.: ЦНИИЭИуголь, 1992. – 168 с.

5. Синергетические эффекты и волновая природа геомеханических процессов в углеродном массиве / Б.М. Усаченко, А.А. Яланский, Т.А. Паламарчук, В.В. Левит // Сб. науч. тр. НГАУ. – Днепропетровск: НГАУ. – 1998. – № 3. – Т. 3. – С. 58-61.

УДК 622.831

В.М. Сергієнко

МОЖЛИВОСТІ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ВДОСКОНАЛЕННЯ ВІБРОАКУСТИЧНОЇ АПАРАТУРИ З ОЦІНКОЮ ТРИВАЛОСТІ ПАКЕТА ВІЛЬНИХ КОЛИВАНЬ

Доказано, что в зонах пустот под плитой процесс свободных колебаний является более продолжительным. Представлены технические характеристики разработок автора для выявления пустот. Предложены направления совершенствования аппаратуры.

OPPORTUNITIES AND PROSPECTS OF UPGRADING VIBRATING-SONIC EQUIPMENT WITH AN ESTIMATION OF DURATION OF A TRAIN OF FREE OSCILLATIONS

It is proved that in zones of interstice under a slab the process of free oscillations is longer. The performance attributes of author's developments for adjectives interstice are presented. The lines of upgrading of equipment are proposed.

Віброакустичний метод діагностики стану масивних конструкцій з бетону чи природного матеріалу знайшов нині широке застосування в гірничій справі, гідромеліорації, транспортному будівництві [1]. Найбільш поширеним є варіант методу з одноразовим ударним збудженням досліджуваної ділянки об'єкта та аналізом параметрів її вільних коливань. Принцип роботи переважної більшості розробок полягає в визначенні спектральних складових пакета вільних коливань («Поиск», «Прогноз», «Спектр», «Резонанс», «ИСК»). Автором послідовно проводиться розробка віброакустичної апаратури дещо іншого напрямку – з використанням в якості інформативного параметра тривалості процесу вільних коливань. На можливість такого підходу було вказано ще одним із засновників віброакустичного методу Монтілем [2], а також в роботах [3, 4],

Найпростіша математична модель для обґрунтування розробок вказаного напрямку являє собою тонку плиту з пружним защемленням по довгих сторонах (напрямок ОХ) та вільними короткими сторонами (напрямок ОУ). Аналітичний запис граничних умов для довгої сторони а:

$$\begin{cases} \omega + \alpha Q = 0 \\ \frac{\partial \omega}{\partial y} + \beta M = 0 \end{cases} \quad (1)$$

Аналогічно, для короткої сторони b :

$$\begin{cases} Q = 0 \\ M = 0 \end{cases} \quad (2)$$

У вищенаведених системах (1) та (2): ω – віброзміщення точок плити на контурі; α та β – параметри пружного защемлення плити; Q – перерізаюче зусилля; M – згинаючий момент.

Одна з поверхонь плити вільна. Граничні умови для іншої поверхні визначаються наявністю трьох компонент, що мають розмірність тиску: p_1 – гравітаційного тиску, p_2 – пружного опору середовища та p_3 – в'язкого опору середовища.

З врахуванням вищенаведених граничних умов рівняння вільних коливань має вигляд:

$$\frac{\partial^4 \left(\omega + k_1 \eta_1 \frac{\partial \omega}{\partial t} \right)}{\partial y^4} + \frac{\partial^4 \left(\omega + k_1 \eta_1 \frac{\partial \omega}{\partial t} \right)}{\partial x^4} + (k_2 \rho_2 c_2 + k_3 \eta_2) \frac{\partial \omega}{\partial t} + \rho_1 h \frac{\partial^2 \omega}{\partial t^2} - p_1 = 0, \quad (3)$$

де η – в'язкість матеріалу; ρ – густина матеріалу; c – швидкість звуку; h – товщина плити.

Індекси “1” та “2” відносяться відповідно до матеріалу плити та безпосередньо контактуючого з нею пружно-в'язкого середовища.

Загальним розв'язком рівняння (3) для центральної частини плити є вираз

$$\omega = \sum_{m=1}^{\infty} \sum_{n=1}^{\infty} (A_{1mn} \operatorname{ch} k_1 (y-b/2) + A_{2mn} \operatorname{sin} k_2 y) \operatorname{sin} k_3 x + \omega_{cm}, \quad (4)$$

де ω_{cm} – статична деформація, викликана тиском p_1 ; A_{1mn} та A_{2mn} – функції часу; k_1 – k_3 – коефіцієнти пропорційності.

Для основної частоти ($m = 1, n = 1$) коливальний процес можна задовільно описати затухаючою гармонічною функцією з коефіцієнтом затухання δ . При $a \gg b$, що часто характерно для видовжених конструкцій, має місце рівність

$$\delta = \frac{1}{2\rho_1} \left(\frac{k_1 \eta_1 \pi^4 E_1 h^2}{12(1-\nu_1^2) r^4 b^4} + \frac{1}{f} (k_2 \rho_2 c_2 + k_3 \eta_2) \right), \quad (5)$$

де r – параметр, що комплексно визначає граничні умови; E – модуль Юнга.

Для штучних конструкцій, що, як правило, являють собою бетонні плити, параметр h є сталою величиною. В цьому випадку вираз (5) може бути представлено в вигляді

$$\delta = \delta_1 + \delta_2,$$

де δ_1 – визначається геометрією та матеріалом плити; δ_2 – визначається властивостями контактуючого з плитою середовища.

Тривалість процесу вільних коливань, протягом якого початкова амплітуда ω_0 вільних коливань знижується в задану кількість разів до значення ω_t становить

$$t = \frac{1}{\delta_1 + \delta_2} \ln \frac{\omega_0}{\omega_t}. \quad (7)$$

Наявність незаповненої порожнини на контакті з плитою згідно (5) означає, що $\delta_2 = 0$ і параметр t приймає максимальне значення. Фізично це означає підвищення добротності коливальної системи, що пояснюється зменшенням відтоку енергії в навколишнє середовище за рахунок погіршення механічного контакту з ним. Частота коливань при відсутності контакту дещо знижується, але ця зміна значно менша порівняно з затуханням. Дана обставина дає змогу оцінювати контакт плити з середовищем шляхом підрахунку кількості коливань при зменшенні їх амплітуди в задане число разів.

Перевагами розроблюваного напрямку в порівнянні з тими, що базуються на визначенні амплітудних характеристик на певних ділянках спектру є:

- простота схемотехнічної реалізації засобів контролю;
- природна цифрова форма видачі результатів;
- незалежність в широких межах результату від сили удару.

В ряді розробок (“ПВК”, “АВКИ”) збуджувач має вмонтований п’єзоперетворювач для формування запуску роботи приладу. Це створює певні незручності при роботі. При розробці схемотехнічних рішень, що реалізують обраний автором напрямок, вдалось шляхом амплітудної, частотної та інтервальної селекції забезпечити надійний запуск схеми безпосередньо від сигналу, отриманого на виході приймача вібрації при задовільній чутливості та достатній стійкості проти акустичних завад випадкового характеру.

Загальний принцип роботи розробок даного напрямку ілюструється рис. 1.

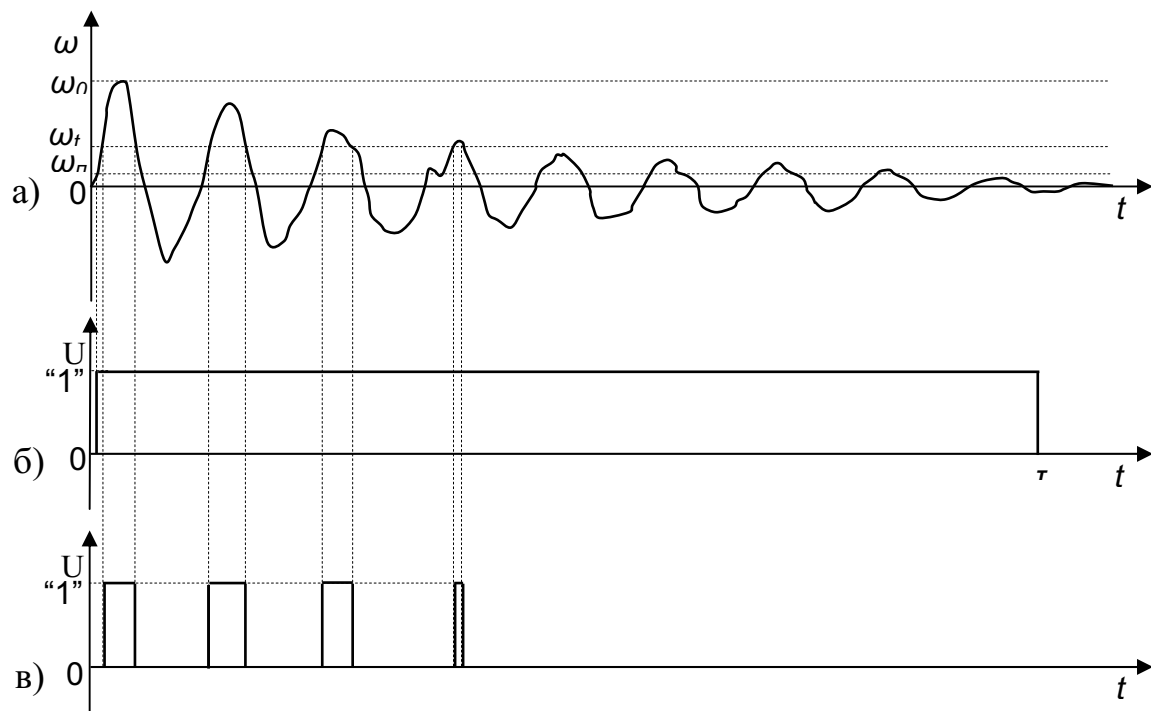


Рис. 1 – Діаграми роботи апаратури

Дослідження, виконані А.О. Яланським на широкому колі об'єктів показали, що максимум спектральної щільності пакета вільних коливань в абсолютній більшості випадків знаходиться в межах від 125 Гц до 2 кГц [5]. Саме в цьому інтервалі здійснюється попередня частотна селекція сигналу з виходу первинного перетворювача, що дає змогу суттєво знизити рівень фону змінного струму промислової частоти 50 Гц, а також обмежити вплив резонансних явищ на частотах в декілька кілогерц, що викликані конструктивними особливостями приймача коливань. Схематичний вигляд осцилограми сигналу після його частотної селекції представлено на рис. 1а.

Амплітудна селекція сигналу здійснюється наступним чином. При рівні вхідного сигналу нижче порогового значення ω_n схема не реагує на нього, відносячи до категорії шумів. При першому перевищенні порогового рівня з допомогою першого порогового пристрою формується одиничний імпульс тривалістю $\tau \approx 0,3$ с (рис. 1б). Вказана тривалість вибрана з таким розрахунком, щоб дещо перевищувати характерне значення практичного завершення процесу вільних коливань збудженого ударом об'єкта.

В межах даного інтервалу виконується аналіз сигналу, а по його закінченню робота схеми блокується на 3 – 5 с і в цей період здійснюється індикація результату. По закінченню інтервалу індикації проходить автоматична установка лічильника в нуль і схема приймає стан готовності до нового циклу роботи.

Компенсація рівня сигналу, викликана нестабільністю удару та контактних умов приймача з контрольованою поверхнею, можлива в межах рівня вхідного сигналу, що перевищує пороговий рівень ω_n , але не досягає рівня обмеження підсилювача. Після запуску схеми піковий детектор фіксує амплітудне значен-

ня сигналу ω_0 певної полярності. Автоматично формується плаваючий пороговий рівень ω_t , який в задане число разів нижчий ніж ω_0 . Відповідний пороговий пристрій формує прямокутні імпульси на відрізках сигналу, де вхідний рівень перевищує порогове значення ω_t (рис. 1в). Лічильник, вхід якого відкритий в інтервалі тривалістю τ , підраховує кількість імпульсів, запам'ятовує та видає інформацію на цифровий індикатор. Збільшення рівня вхідного сигналу приводить до автоматичної зміни порогового рівня ω_t , зберігаючи тим самим покази індикатора стабільними.

Виключно простий принцип реєстрації стану об'єкта, описаний вище, дозволяє створити віброакустичну апаратуру індикаторного типу, характерними рисами якої є: надійність, економічність, незначні габарити та вага. Відомості про розробки автора наведено нижче в табл. 1.

Таблиця 1 – Основні технічні характеристики віброакустичних індикаторів

Назва	Тип індикатора	Діапазон лічильника	Споживана потужність, Вт	Габарити, мм	Маса, кг
ДВШ	світлодіодний	0 - 99	0,8	80x100x550	1,2
ДВШ-2К	світлодіодний	0 - 99	0,6	60x110x520	1,4
ДИКОН	рідкокристалічний	0 - 999	0,08	120x120x210	2,2

Індикатор “ДВШ” є найбільш простим по схемній реалізації і конструктивному виконанню і, відповідно, найбільш дешевим у виготовленні та експлуатації. Придатний для роботи в підземних умовах, особливо в важких для доступу місцях, але не може експлуатуватись в середовищі, небезпечному по газовому та пиловому факторах.

Модель “ДВШ-2К” відзначається кращим дизайном, передбачає можливість роботи з зовнішнім приймачем вібрації, має систему контролю за станом джерела живлення. Умови експлуатації такі ж як і для індикатора “ДВШ”.

Найбільш широкі можливості має індикатор “ДИКОН”. Він може використовуватись як в підземних умовах так і для контролю наземних споруд. Індикатор має систему автоматичного вимикання при вичерпанні ресурсу акумуляторної батареї. Завдяки активному датчику забезпечується висока чутливість при значному зменшенні впливу змінного струму з частотою 50 Гц. Додатковий режим “Контроль матеріалу” дозволяє оцінити поверхневу твердість матеріалу, з якого виготовлена контрольована конструкція. Незначний споживаний струм (до 20 мА) при напрузі джерела живлення в межах 4,0 – 4,8 В, відсутність індуктивностей та невеликі значення ємностей конденсаторів є вагомими аргументами на користь використання даної апаратури в шахтах, небезпечних по газо-пиловому фактору, при відповідній конструктивній доробці. Зовнішній вигляд апаратури “ДИКОН” представлено на рис. 2.



Рис. 2 – Зовнішній вигляд цифрового віброакустичного індикатора “ДИКОН”

Переваги апаратури описаного типу особливо проявляються при великому об’ємі однотипних вимірювань на значній площі, тобто в тих умовах, де основний час займає не підготовка до вимірювань, а саме їх виконання. Найбільш швидкодіючою є апаратура “ДИКОН”. Завдяки можливості тримати індикатор постійно ввімкненим при невеликому енергоспоживанні, відсутності діапазонів та видачі результату в вигляді однієї цифри, тривалість циклу з трьох вимірювань в одній точці складає 15 – 20 с. Важливе значення має також те, що процес вимірювання не вимагає високої кваліфікації оператора. При попередньому виконанні розмітки на контрольованій поверхні бетонного покриття (сітка 5 x 5 м) бригада з трьох чоловік протягом робочого дня тривалістю 8 годин може виконати діагностику протифільтраційного покриття на площі до 3 га.

Бурхливий розвиток мікроелектроніки приводить до морального старіння апаратури апаратури для технічної діагностики ще на стадії її широкого впровадження. Це об’єктивна ситуація, що є характерною для сьогодення. Можна виділити два принципово різних шляхи покращення технічних характеристик описаної віброакустичної апаратури: еволюційний та радикальний.

Еволюційний шлях базується на збереженні основних принципів роботи індикатора і заміні електронних компонентів на більш сучасні. Найбільш швидко відбувається технічний прогрес в покращенні малогабаритних характеристик елементів живлення. Доцільною є також заміна цифрового індикатора на рідкокристалічне табло, де поряд зі значенням інформативного параметра буде в

зручному для споживача вигляді представлена вся інша необхідна інформація, в тому числі поради по виборі режиму роботи. Природно що еволюційним шляхом можна поступово зменшити габарити та масу індикатора, підвищити його економічність. Можливе також певне розширення сервісних послуг

Радикальний шлях передбачає майже повний перехід до цифрових методів обробки віброакустичного сигналу. Створення в країнах співдружності незалежних держав (в першу чергу в Росії) власних швидкодіючих аналогово-цифрових перетворювачів з низьким значенням вхідного сигналу (порядку 0,1 В) та компактних і високоекономічних елементів оперативної пам'яті дозволяє створити в реальному часі "цифровий портрет" сигналу, взятого безпосередньо з виходу активного датчика. Первинна обробка отриманого в процесі вимірювань цифрового масиву даних може бути здійснена за допомогою власного мікропроцесора по жорстко заданій на стадії заводських налагоджувальних робіт програмі, яка не допускає корекції на етапі експлуатації. Передбачається, що вказана жорстка програма забезпечить можливість отримання числового значення інформативного параметра на табло індикатора в звичному вигляді, придатному для спостереження та запису на паперові носії традиційним способом. Але на сьогоднішній день це нижча ступінь можливостей приладу. Основним принципом роботи має стати опора на комп'ютерні технології обробки первинних даних на всіх етапах від підготовки експерименту до видачі звітних матеріалів.

Перший крок в даному напрямку зроблено появою віброакустичного спектроаналізатора "ВИБРАН-01", розробленого в польовому варіанті виробничим об'єднанням "КАРАТ" (Росія). В даній розробці вже передбачено гнучкий режим роботи, що задається вибором меню (російською та англійською мовами). Але безпосереднє знайомство з вказаною розробкою показало, що можливості меню не забезпечують ефективної роботи приладу при діагностиці цілого ряду об'єктів. Пропонується дещо інша схема роботи, суть якої викладена нижче.

Після ознайомлення з об'єктом контролю на стаціонарному персональному комп'ютері готується спеціалізоване програмне забезпечення, що враховує схему розміщення точок контролю, алгоритм обробки даних, первинну статистичну обробку цифрового масиву, форму архівації результатів. При необхідності для об'єкта готується декілька варіантів програми. З допомогою системи інфрачервоного зв'язку програмне забезпечення переходить в довготривалу пам'ять приладу. При роботі на об'єкті в оперативну пам'ять приладу послідовно заноситься інформація про результати вимірювань в кожній із точок, проводиться первинна статистична обробка та архівація, після чого відбувається перенесення інформації в довготривалу пам'ять. Після закінчення циклу польових робіт знову ж таки з допомогою системи інфрачервоного зв'язку накопичена інформація переноситься в пам'ять базового комп'ютера, де з допомогою спеціалізованих програм без допоміжних перетворень будується карта окремих ділянок контрольованого об'єкта з виділенням аномальних зон.

Розглянута схема отримання первинної інформації та її автоматизованої оперативної обробки є, на наш погляд, більш доцільною ніж комплектація приладу ноутбуком, що характерно для деяких зарубіжних розробок. В

пропонованому вище варіанті прилад легше реалізувати в польовому чи шахтному виконанні. Крім того, його виготовлення та експлуатація мають бути значно дешевшими.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

- 1 Усаченко Б.М., Яланский А.А., Паламарчук Т.А., Сергиенко В.Н. Научные и приборные разработки для геофизической экспресс-диагностики состояния шахт, карьеров и гидротехнических сооружений. – Горный вестник Узбекистана. - № 2, 1998. – С. 84 – 86.
2. Пат. Франції 2133283, МКВ E21C 39/00. Methode et dispositif de classification á partir de sondages par percossion applicable notamment á la reconnaissance des dalles et blocs dangenz dans les mines; G. De Montille (Фр.); Agence National de Valorisation de la rechnerche (Фр.). - № 7113320; Заявлено 15.04.71; Опубл. 24.11.72.
3. Пат. 3937065 США, МКИ⁵ G01N 29/04. Delamination detector; W. Moore and G. Swift (США). - № 7113320; Заявлено 15.05.72; Опубл. 27.10.73; НКИ 73-67.
4. Ямщиков В.С. и др. Физические основы акустического метода определения дефектов связи упругих слоев с основанием. /Ямщиков В.С., Сидоров Е.Е., Бауков Ю.Н.// Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых. – 1979. - № 3. – С. 110.
5. Яланский А.А. Особенности геофизического экспресс-контроля породного массива методом спектрального анализа // Материалы конференции «Проблемы гидрогеомеханики в горном деле и строительстве» 8 – 10 октября 1996 г. в г. Киеве. – К., 1996. - С. 104.

УДК 622.831:622.016 22

С.П. Мусиенко

ГЕОМЕХАНИЧЕСКИЕ И ГОРНОТЕХНИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПОВЫШЕНИЯ УСТОЙЧИВОСТИ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК С ПРИМЕНЕНИЕМ ТАМПОНАЖА

Розглянуті геомеханічні та гірничотехнічні аспекти підвищення стійкості гірничих виробок з застосуванням тампонажу, наведено передумови розробки технологій створення різноглибинної, різнонаправленої та різножорсткої породобетонної оболонки.

THE GEOMECHANICAL AND MINING ASPECTS OF INCREASE OF THE EXCAVATIONS STABILITY BY CEMENTATION

It is examined the geomechanical and mining aspects of increase of the excavations stability by cementation, and it is demonstrated the prerequisites of making of the concrete-rock casing which has a various depth, a various direction and a various rigidity.

Многообразие условий сооружения горных выработок обуславливает необходимость анализа и обобщения параметров процессов протекающих вблизи горных обнажений. В первую очередь необходимо знать механизм разрушения и количественные показатели состояния приконтурных пород с точки зрения использования свойств пород для поглощения деформаций смещающегося массива, а также возможности вовлечения их в охранный конструктив крепи путем использования несущей способности массива пород с учетом возможной модификации их свойств и управления процессом разрушения.

Результаты шахтных натуральных наблюдений за смещением пород и формированием зоны неупругих деформаций (ЗНД) вокруг выработок, полученные различными исследователями, позволяют расширить представления о механизме деформационных процессов в породном массиве.