

Maykherchik T. Fundamentals of geomechanics / T. Maykherchik, A. Shashenko, Ye. Sdvizhkova // Uczelniane wydawnictwa naukowo dydaktyczne. – Kraków: 2006, p. 293.

2. Майхерчик Т. Зоны, угрожающие деформацией крепи штреков при лавах. / Т. Майхерчик, С. Олеховски // Przegląd Górniczy, nr 6/2008, p. 9–17.

Maykherchik T. Zones threatening to deform barring in drifts / T. Maykherchik, S. Olyexkovski // Przegląd Górniczy, nr 6/2008, p. 9–17.

3. Гайко Г.И. Учет функциональной ответственности выработок при проектировании шахтной крепи / Г.И. Гайко, В.Н. Окалелов // Уголь Украины. – 2001. – №6. – С. 39–40.

Gayko G.I. Taking into account functional responsibilities of workings during barring designing / G.I. Gayko, V.N. Okalelov // Ugol Ukrainy. – 2001. – No.6. – P. 39–40.

4. Майхерчик Т. Исследование новых технологических решений с целью усиления подпорной крепи в протяженных выработках. / Т. Майхерчик, П. Малковский, З. Недбальский // Uczelniane Wydawnictwa Naukowo-Dydaktyczne AGH. – Kraków: 2008, p. 211.

Maykhrchik T. Study of new technological solutions to strengthen barring in lengthy workings / T. Maykherchik, P. Malkovskiy, Z. Nedbalskiy // Uczelniane Wydawnictwa Naukowo-Dydaktyczne AGH. – Kraków: 2008, p. 211.

Розглядається геомеханічне явище випадкового походження у вигляді обвалення, яке мало місце в одній з польських кам'яновугільних шахт. Наслідки обвалення порід у покрівлі протяжної виробки призвели до гірничої катастрофи з великими матеріальними витратами. Стаття включає також характеристики різних типів обвалень порід покрівлі і причин їх виникнення.

Ключові слова: геомеханічне явище, обвалення, гірські породи, викиди, випадкова подія, покрівля виробки, зміцнена зона

The article considers geomechanical phenomenon of accidental origin in the form of collapse, which took place in one of coal mines in Poland. Consequences of caving in the roof of an extended working led to a mining accident with large material costs. Article also includes the characteristics of different types of rock failure in the roof and their causes.

Keywords: geomechanical phenomenon, failure, rock, ejection of rocks, random event, roof of working, reinforced zone

Рекомендовано до публікації докт. техн. наук О.М. Шашенком. Дата надходження рукопису 15.03.11

УДК 622.831.1: 519.216

О.М. Шашенко¹, д-р. техн. наук, проф.,
В.І. Король²

1 – Державний вищий навчальний заклад „Національний гірничий університет“, м. Дніпропетровськ, Україна, e-mail: shahsenkoa@nmu.org.ua

2 – Територіальне управління Держмістпромнагляду України по Донецькій області, м. Донецьк, Україна, e-mail: donetsktu04@dn.doris.ua

РЕЗОНАНСНИЙ ЕФЕКТ РОЗПОВСЮДЖЕННЯ АКУСТИЧНИХ ХВИЛЬ У НЕОДНОРІДНОМУ ВУГЛЕПОРІДНОМУ МАСИВІ

О.М. Shashenko¹, Dr. Sci. (Tech.), Professor,
V.I. Korol²

1 – State Higher Educational Institution “National Mining University”, Dnipropetrovsk, Ukraine, e-mail: shahsenkoa@nmu.org.ua
2 – Regional Office of the State Mining Industry Inspection of Ukraine in Donetsk region, Donetsk, Ukraine, e-mail: donetsktu04@dn.doris.ua

RESONANCE EFFECT OF ACOUSTIC WAVE PROPAGATION IN A NON-UNIFORM COAL-ROCK STRATUM

Розглянуто аналітичне дослідження процесів проходження акустичних хвиль через ділянку напруженого структурно неоднорідного вуглепорідного масиву, що послаблений штучно створеною порожниною – виробкою (лавою). Доведено наявність прямого зв'язку інтенсивності акустичного випромінювання з напруженням, що діє в межах виробки за конкретними умовами розробки. Описано вплив напруженого стану вуглепорідного масиву на процеси виникнення і розповсюдження акустичних коливань у його межах.

Ключові слова: акустичні хвилі, процес розповсюдження, імпульс, емісія, напружений стан, частота випромінювання, енергія акустичного випромінювання, коливання

Вступ. Механізм розповсюдження акустичних коливань у напруженому вуглепорідному масиві, що містить вільний і сорбований метан, ослабленому ви-

робкою, включає декілька процесів, які йдуть послідовно-паралельно:

- розповсюдження акустичних хвиль по твердій фазі гірської породи, що супроводжується їх дифракцією;

- виникнення і/або розвиток під дією акустичних коливань у породі тріщин з їх резонансним відгуком на силову дію;

- поглинання і подальше випускання фонів тріщинами, як структурними елементами породного масиву.

Постановка завдання досліджень. У даний час відомий широкий клас, так званих, структурно неоднорідних середовищ, до яких слід віднести і гірські породи [1], акустична нелінійність яких демонструє аномально підвищений, у порівнянні з однорідними матеріалами, рівень, а структура характеризується наявністю різних включень типу зерен, пір, тріщин і тому подібного, що визначають нелінійність властивостей середовища.

Гірські породи мають складну ієрархічну структуру, елементи якої мають як релаксаційні, так і/або резонансні властивості по відношенню до розповсюдження в них акустичних коливань.

Відомі роботи, наприклад [2], дозволяють в узагальненому вигляді розглядати поведінку середовищ з подібною структурою в станах, близьких до термодинамічної рівноваги. Проте, такий підхід дуже складний, і, що найважливіше, не дозволяє детально досліджувати поведінку гірських порід у зв'язку з тим, що на сьогоднішній день усе ще недостатньо досліджені акустохвильові властивості їх структурних елементів.

Таким чином, **метою цією роботи** є аналітичне дослідження процесів проходження акустичних хвиль через ділянку напруженого структурно неоднорідного газонасиченого вуглепородного масиву, ослабленого штучно створеною порожниною – виробкою (лавою).

Основна частина. Розглянемо спочатку детальніше процес розповсюдження акустичних хвиль у ву-

гільному пласті. На рис. 1 схематично представлений процес розповсюдження акустичних коливань у вугільному пласті, в якому виділено три характерні зони впливу виробленого простору на розподіл напружень попереду лави. До цих зон відносяться: 1 – зона віджиму; 2 – зона опорного гірського тиску і 3 – зона початкового напруженого стану. Вони відокремлені одна від одної товстими штрих-пунктирними лініями. Слабким пунктиром у зоні початкового напруженого стану показана хвиля, що пройшла через площину максимуму опорного тиску і йде на нескінченність. Перші дві зони характеризуються найбільшою неоднорідністю структури, викликаною дією технологічного устаткування. Акустичні коливання розповсюджуються від джерела коливань (зони первинного руйнування порід у призабійній області) по вугільному пласту. Останній можна приблизно розглядати як акустичний хвилевід, обмежений зверху і знизу покрівлею і підшовою виробки, які складаються, відповідно, з порід, що значно відрізняються за фізико-механічними властивостями від аналогічних властивостей вугільного пласта. Ступінь неідеальності меж віддзеркалювальних поверхонь такого хвилеводу визначається істотною відмінністю їх коефіцієнтів міцності, яка в граничному випадку може складати близько 10 разів. При цьому, за даними роботи [3], відгук тріщини на силову дію повинен бути резонансним.

У роботі [4], стосовно процесів загасання ультразвуку, обумовленого розсіянням у полікристалічних середовищах, наведені наступні результати. Хвиля, яка падає на неоднорідність у середовищі, розсіюється. Збурене поле всередині неоднорідності відрізняється від падаючої хвилі; ця відмінність породжує інші хвилі поза неоднорідністю.

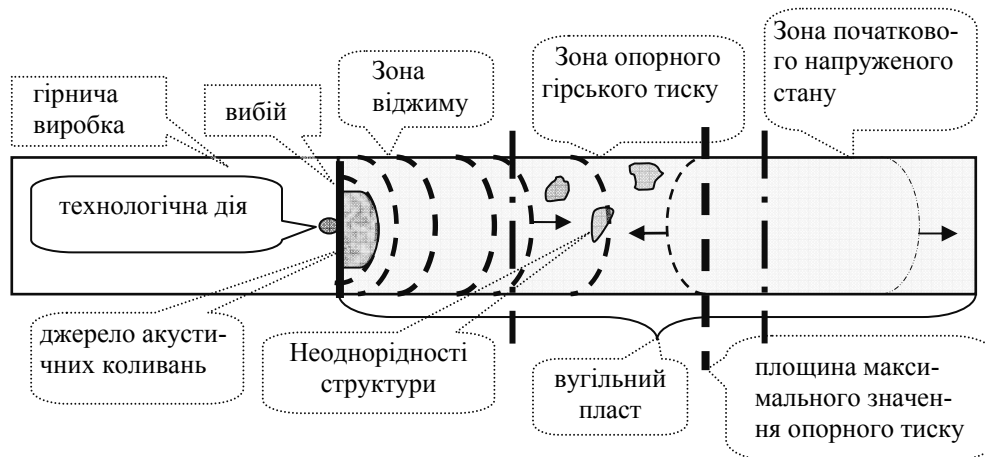


Рис. 1. Процес розповсюдження акустичних коливань у вугільному пласті

розсіяні хвилі залежать від характеристик розповсюдження всередині і поза неоднорідністю, типу падаючої хвилі і від граничних умов на поверхні неоднорідності.

Граничними умовами для пружних хвиль є безперервність напружень. Після того, як знайдена розсіяна хвиля, потужність, що нею переноситься, може бути

розрахована шляхом інтеграції щільності потоку випромінювання по сфері далеко від неоднорідності.

Розсіяна потужність є частиною падаючої потужності: для одиничного об'єму, що містить N незалежно розсіюючих неоднорідностей (без урахування багатократного розсіяння), ця частина буде в N разів більше і визначатиме швидкість загасання падаючої хвилі.

Вугільний пласт у цьому випадку вважатимемо розподіленою системою, в якій біжать хвилі, що відбиваються від неоднорідностей. Це трактування Даламбера особливо зручне для опису процесів у необмежених системах і в системах, довжина яких значно більше довжини хвилі. Для простоти розглянемо одновимірну розподілену систему „вугільний пласт – передавальна лінія“. З певними припущеннями така постановка завдання можлива [5].

Для розгляду цього завдання рис. 1 представлений у декілька зміненому вигляді (рис. 2).

Припустимо, що при $x=0$ параметри системи стрибкоподібно змінюються. Тоді, для хвилі, що падає на площину максимуму опорного тиску, маємо

$$u_{пад.} = A_1 \exp[j(\omega t - k_1 x)] \cdot \psi_1,$$

а для хвилі, відбитої від неї

$$u_{відб.} = A_2 \exp[j(\omega t + k_1 x + \varphi)] \cdot \psi_2,$$

де k_1 – хвилеве число в лінії 1; ψ_1, ψ_2 – функціонали, що визначають вплив на акустичні процеси в породному масиві вільного і сорбованого вугільною речовиною метану, і процесу його звільнення з сорбованого у вільний стан при розвантаженні породного масиву.

Крім того, існує хвиля, що вже пройшла і розповсюджується в лінії 2 за площину максимуму опорного гірського тиску і далі в лінію 3, яку ми вважаємо такою, що йде в нескінченність, тобто її енергія приймається безповоротно загубленою. Для неї справедливий наступний вираз

$$u_{заг.} = A_3 \exp[j(\omega t - k_2 x)] \cdot \psi_3,$$

де k_2 – хвилеве число в лінії 2, ψ_3 – функціонал, що визначає вплив газової складової на акусто-хвильові процеси в породному масиві.

Тоді початкову хвилю $u(x,t)$ можна представити у вигляді суперпозиції падаючої, відбитої і такої, що пройшла, хвиль

$$u(x,t) = A_1 \exp[j(\omega t - k_1 x)] \cdot \psi_1 + A_2 \exp[j(\omega t + k_1 x + \varphi)] \cdot \psi_2 + A_3 \exp[j(\omega t - k_2 x)] \cdot \psi_3,$$

де φ – зрушення фаз при віддзеркаленні.

Слід зазначити, що в даний час практично не існує досліджень, присвячених вивченню впливу вільного і сорбованого метану, що знаходиться в породному масиві на процеси виникнення і розповсюдження акустичних коливань у ньому, і, особливо, процесу переходу метану із зв'язаного у вільний стан.

Оскільки процеси розповсюдження акустичних коливань, у загальному випадку, підкоряються законам хвилевої оптики, то з енергетичної точки зору, розподіл енергії акустичних коливань, що розповсюджується від джерела, виглядає таким чином

$$\mathcal{E} = \mathcal{E}_1 + \mathcal{E}_2 + \mathcal{E}_3,$$

де \mathcal{E}_1 – енергія акустичних коливань, що поглинена породним масивом на ділянці довжини L (рис. 3); \mathcal{E}_2 – енергія акустичних коливань, що відбита від площини максимуму опорного тиску; \mathcal{E}_3 – енергія акустичних коливань, що пройшла через площину максимуму опорного тиску.

За даними робіт [4, 6], виходячи з основ динамічної мікромеханіки, при утворенні структурного порушення (розриву суцільності) випромінюється (або поглинається) імпульс енергії, який можна представити сумою елементарних квантів з енергією

$$\mathcal{E} = N \cdot h \cdot \nu \cdot f_V, \tag{1}$$

де N – кількість елементарних розривів структури (у нашому випадку – число тріщин); h – постійна Планка; ν – частота випромінювання; f_V – функція, що визначає вплив на акустичні процеси в породному масиві вільного і сорбованого вугільною речовиною метану, і процесу його звільнення з сорбованого у вільний стан при розвантаженні породного масиву. Виходячи з фізичних уявлень, наявність газу у вугільному пласті, мабуть, ослаблюватиме (демпфувати) акустичні процеси, тобто $0 < f_V \leq 1$.

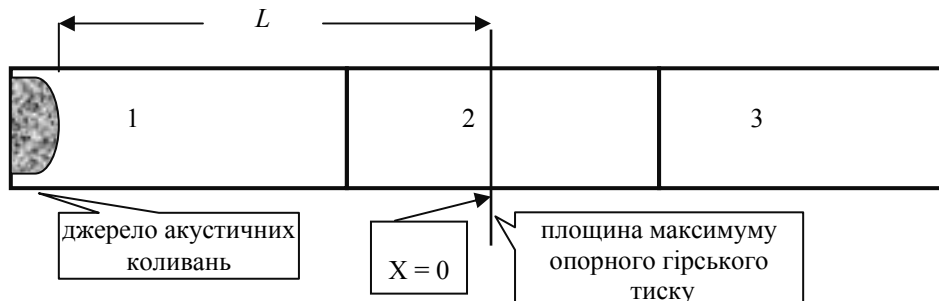


Рис. 2. Схема передавальної лінії (вугільного пласта) із стрибкоподібною зміною параметрів: 1 – зона віджіму; 2 – зона опорного тиску; 3 – зона початкового напруженого стану

Розрив суцільності відбувається, якщо в зоні розриву, відповідно до критерію Гріффітса, діє імпульс напруження, що дорівнює

$$\sigma_e = \sqrt{\frac{2E\gamma_0}{\pi \cdot N \cdot a}} = \sqrt{\frac{E \cdot h}{\pi \cdot a \cdot \tau}}$$

Тут E – модуль пружності; τ – тривалість імпульсу; γ_0 – поверхнева енергія $\gamma_0 = \frac{c}{\pi \cdot N^2 \cdot a}$; a – характерний розмір виникаючих тріщин при руйнуванні гірських порід, σ_e – напруження трикомпонентного стиску (розтягу), приведені до еквівалентного за теорією міцності Гріффітса [7].

Частоту випромінювання можна знайти таким чином

$$\nu = \frac{c}{\pi \cdot N^2 \cdot a}, \quad (2)$$

де c – швидкість акустичних хвиль у породному масиві.

Підставляючи (2) в (1), отримуємо вираз для енергії акустичного випромінювання

$$\mathcal{E} = \frac{h \cdot \nu \cdot c}{N \cdot a} \cdot f_V.$$

Скориставшись результатами [9], потужність емісії акустичних хвиль може бути описана наступним виразом

$$W = \mathcal{E} \cdot N.$$

Потужність пружної деформації, яку приймаємо за рівну потужності акустичного випромінювання, у момент часу, визначений часом деформації (тривалістю випромінювання), характеризується величинами напружень, що діють в об'ємі деформації [8]

$$W = \frac{2(1-\mu)}{G \cdot \tau} \sigma_e^2 \cdot a^3.$$

Тоді

$$N = \frac{2(1-\mu)\sigma_e^2 a^3}{\sigma_e \cdot \tau \cdot N \cdot h \cdot \nu}; \quad \sigma_e = N \sqrt{\frac{G \cdot h \cdot \nu \cdot \tau}{2a^3(1-\mu)}}.$$

Потужність акустичного випромінювання може бути визначена по амплітуді і тривалості імпульсу для дискретного спектру [9, 10]

$$W = \sum_{i=0}^{\infty} (A_i)^2 \tau_i = \frac{1}{2} \rho \cdot u_i^2 \omega_{ij}^2, \quad (3)$$

де u_i – переміщення; ω_{ij} – тензор обертання.

Для безперервного спектру (3) приймає вигляд

$$W = \int_0^{\infty} A(\tau) d\tau = \frac{1}{2} \rho \int_0^{\infty} u_0 du \int_0^{\infty} \omega d\omega,$$

де під u_0 мається на увазі величина початкових зсувів.

Відповідно до [6], при імпульсній дії (удар, вібрація, вибух і тому подібне) по масиву розповсюджува-

тиметься імпульс, який, взаємодіючи з локальними полями напружень і аномальними зонами, приведе до їх зміни. Достатні умови змін певного рівня формуються такими характеристиками імпульсної дії, як тривалість, амплітуда, щільність дії і тому подібне. Існує певне взаємовідношення між імпульсом і спектром тріщин, що взаємодіють з ним, і дефектів в матеріалі. Як показано в [6], короткі імпульси з високим піком напружень можуть впливати, переважно, тільки на короткі дефекти. Довгий же імпульс рівної енергії з низьким піком напружень може впливати, переважно, на відносно довгі тріщини. Практично це виражається в наступному [6]: короткий стрибок (імпульс) може подрібнювати середовище і швидко затухнути, довгий же імпульс викликає менш густу мережу тріщин, але проникнути може набагато глибше і в результаті привести до десорбції газу, розвантаження, і, можливо, реалізації газодинамічного явища (ГДЯ).

У даний час встановлено, що хвиля напружень може сприяти розриву в тому випадку, якщо дійсна щільність хвилі (скачка, імпульсу і тому подібне) більша, ніж $\frac{\pi \cdot \gamma_0 E}{c}$. Тобто, при дії імпульсу на подовжені дефекти, їх перехід у критичний стан визначається співвідношенням (2). Або, інакше, використовуючи дані [6], дефекти будуть приведені до граничних умов їх зростання напруженням σ_e тільки стрибком – імпульсом, тривалістю

$$\tau > \frac{\pi^2 a}{2c} = \frac{\pi^2 a}{2} \left(\frac{\rho(1-\mu)}{E} \right)^{1/2},$$

де ρ – щільність гірської породи.

Оскільки коливальний процес може бути розглянутий як набір імпульсів, то даний підхід представляється досить обґрунтованим.

Аналіз досліджень руйнування гірських порід [10, 11] показує, що умови лавинного руйнування – ГДЯ створюються при розвитку мікрodefектів за деяким обсягом матеріалу в умовах різко зростаючого додаткового тиску від десорбованого газу. Причому їх число повинне досягти деякої критичної концентрації, відповідно до інтегрального критерію руйнування [12, 13].

Розкладання акустичного сигналу, що розповсюджується від джерела коливаний, дає вираз

$$F(t) = A_1(\cos \omega_1 t + \varphi_1) + \dots + A_n(\cos \omega_n t + \varphi_n).$$

Енергія імпульсу, згідно з теоремою Парсеваля, виражається таким чином [6]

$$\int_0^{\tau} \sigma_e^2(t) dt = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} F^2(\omega) d\omega, \quad (4)$$

де $F(\omega)$ – члени ряду Фур'є для імпульсу σ_e ; ω – частота спектральних членів.

Слід зазначити, що еквівалентне напруження σ_e є функцією від тензора напружень, який складається з двох доданків

$$\sigma_e = f(T_0 + D_n), \quad (5)$$

де T_0 – кульовий тензор напружень; D_n – девіатор напружень.

Таким чином, отримано остаточний вираз (4), що встановлює однозначний взаємозв'язок між НДС, умовами на межах ділянки газонасиченого вуглепородного масиву і параметрами акустичних імпульсів, що виникають при виникненні тріщин.

У нашому випадку вуглепородний масив являє собою ще і газонасичене пористе середовище. У зв'язку з тим, що при деформації і руйнуванні ділянки масиву матиме місце розширення газу, пов'язане з його десорбцією, у вираз (5) необхідно довести ще один доданок

$$\sigma_e = f(T_0 + T_e + D_n).$$

Висновки. Доведена наявність прямого зв'язку інтенсивності акустичного випромінювання з напруженням, що діє, величина якої визначається глибиною розташування виробки, структурою і міцністю вуглепородного масиву, формою зовнішніх і внутрішніх меж виробки і конкретними умовами розробки. Особливу увагу слід приділити вивченню впливу на процеси виникнення і розповсюдження акустичних коливань у породному масиві вільного і сорбованого метану, і, особливо, процесу переходу метану зі зв'язаного у вільний стан.

Список літератури / References

1. *Беляева И.Ю.* О предельном значении параметра упругой нелинейности структурно неоднородных сред / И.Ю. Беляева, В.Ю. Зайцев // *Акустический ж.* – 1998. – т. 44. – №6. – С. 731–737.
2. *Ларичев В.А.* О едином описании релаксационных и резонансных свойств акустических сред в рамках термодинамического подхода / В.А. Ларичев, Г.А. Максимов // *Акустический ж.* – 1998. – т. 44. – №6. – С. 814 – 822.
3. *Крылов В.В.* Модель развития акустической эмиссии как хаотизация переходных процессов в связанных нелинейных осцилляторах / В.В. Крылов, П.С. Ланда, В.А. Робсман // *Акустический ж.* – 1993. – т. 39 – №1. – С. 108 – 122.
4. *Колесников В.Г.* Управление разрушением напряженных пород с позиций динамической микромеханики / Колесников В.Г. // *Геотехническая механика.* – Днепропетровск: ИГТМ НАН Украины. – 1997. – №3. – С. 92–95.
5. *Колесников В.Г.* Control over destruction of stressed rock from the position of dynamic micromechanics / Kolesnikov V.G. // *Geotechnicheskaya mekhanika.* – Dnepropetrovsk: IGTM NAN of Ukraine. – 1997. – No.3. – P. 92–95.
6. *Зорин А.Н.* Основы теории колебаний / В.В. Мигулин, В.И. Медведев, Е.Р. Мустель, В.Н. Парыгин; под ред. В.В. Мигулина. – [2-е изд. Перераб]. – М.: Наука, Гл. ред. Физ.-мат. лит.-ры, 1988. – 392 с.
7. *Зорин А.Н.* Механика разрушения горного массива и использование его энергии при добыче полезных ископаемых / А.Н. Зорин, Ю.М. Халимендик, В.Г. Колесников – М.: ООО „Недра – Бизнесцентр“, 2001. – 413 с.
8. *Зорин А.Н.* Mechanics of rock massif destruction and use of its energy for extraction of minerals / A.N. Zorin, V.G. Kolesnikov – М.: ООО “Nedra – Biznestsenti”, 2001. – 413 p.
9. *Шашенко А.Н.* Механика горных пород: учебн. [для студ. высш. учеб. завед.] / А.Н. Шашенко, В.П. Пустовойтенко. – К.: Новый друк, 2004. – 400 с.
10. *Шашенко А.Н.* Mechanics of rocks Tutorial. [for higher school] / A.N. Shashenko, V.P. Pustovoytenko. – К.: Novyy druk, 2004. – 400 p.
11. *Колесников В.Г.* Физические аспекты контроля деформирования и разрушения напряженных горных пород / В.Г. Колесников, А.И. Гроссу // *Геотехническая механика.* – Днепропетровск: ИГТМ НАН Украины. – 1997. – №3. – С. 97 – 100.
12. *Колесников В.Г.* Physical aspects of control of stressed rocks deformation and destruction / V.G. Kolesnikov, A.I. Grossu // *Geotekhnicheskaya mekhanika.* – Dnepropetrovsk: IGTM NAN of Ukraine. – 1997. – No.3. – P. 97–100.
13. *Глушко В.Т.* Геофизический контроль в шахтах и тоннелях / В.Т. Глушко, В.С. Ямщиков, А.А. Яланский – М.: Недра, 1987. – 278 с.
14. *Глушко В.Т.* Geophysical control in mines and tunnels / V.T. Glushko, V.S. Yamshchikov, A.A. Yalanskiy. – М.: Nedra, 1987. – 278 p.
15. *Ямщиков В.С.* Волновые процессы в массиве горных пород / Ямщиков В.С. – М.: Недра, 1984. – 272 с.
16. *Ямщиков В.С.* Wave processes in rock massif / Yamshchikov V.S. – М.: Nedra, 1984. – 272 p.
17. *Паламарчук Т.А.* Теоретические предпосылки использования динамических характеристик акустических и электромагнитных полей для диагностики напряженного состояния массива горных пород / Паламарчук Т.А. // *Геотехническая механика.* – Днепропетровск: ИГТМ НАН Украины. – 1997. – №3. – С. 53 – 56.
18. *Паламарчук Т.А.* Theoretical preconditions for use of dynamical characteristics of acoustic and electromag-

netic fields for diagnostics of stressed state of rock mass / Т.А. Palamarchuk // Geotechcheskaya mekhanika. – Dnepropetrovsk: IGTM NAN Ukrainy. – 1997. – No.3. – P. 53–56.

12. Федоров В.В. Кинетика повреждаемости и разрушения твердых тел / Федоров В.В. – Ташкент: ФАН, 1985. – 168 с.

Fedorov V.V. Solids' damageability and fault probability kinetics / Fedorov V.V. – Tashkent: FAN, 1985. – 168 p.

13. Киялбаев Д.А. О разрушении деформируемых тел / Д.А. Киялбаев, А.И. Чудновский // Прикладная механика и техническая физика. – 1970. – №3. – С. 26 – 33.

Kiyalbayev D.A. On destruction of bodies by deformation / D.A. Kiyalbayev, A.I. Chudnovskiy // Prikladnaya mekhanika i tekhnicheskaya fizika. – 1970. – No.3. – P. 36–33.

Рассмотрены аналитические исследования процессов прохождения акустических волн через участок напряженного структурно неоднородного углепородного массива, который ослаблен искусственно созданной пустотой – выработкой (лавой). Доказано наличие прямой связи интенсивности акустического излучения с напряженностью, действующей в пределах выработки при конкретных условиях разработки. Описано

влияние напряженного состояния углепородного массива на процессы возникновения и распространения акустических колебаний в его пределах.

Ключевые слова: акустические волны, процесс распространения, импульс, эмиссия, напряженное состояние, частота излучения, энергия акустического излучения, колебания

The article deals with the analytical research of the processes of acoustic wave's propagation through a section of stressed and structurally heterogeneous coal-rock stratum which is weakened by artificially created void – mine working (longwall). A direct connection of the acoustic radiation intensity with a strength spreading within the limits of mine working under specific conditions of production climate is proved. The impact of stress state of coal-rock stratum on the processes of emergence and propagation of acoustic vibrations within its limits is described.

Keywords: acoustic waves, process of propagation, impulse, emission, state of stress, frequency of radiation, energy of acoustic radiation, vibrations

Рекомендовано до публікації докт. техн. наук О.О. Сдвижковою. Дата находження рукопису 14.03.11