

УДК 622.831

В.В. Назимко¹, І.В. Назимко²

ЗАКОНОМІРНОСТІ ПОШИРЕННЯ ФЛУКТУАЦІЇ ГІРСЬКОГО ТИСКУ У ВИРОБЛЕНОМУ ПРОСТОРІ ДІЮЧОЇ ЛАВИ

¹Інститут фізики гірничих процесів НАН України

²Червоноармійський індустріальний інститут ДВНЗ «Донецький національний технічний університет»

Досліджено процес поширення флуктуації гірського тиску у виробленому просторі діючого очисного вибою. Встановлено залежність величини затримки прояву флуктуації у вигляді збурення напружено-деформованого стану масиву від її амплітуди та розподілу.

Ключові слова: діючий очисний вибій, динаміка гірського тиску, вироблений простір, флуктуація.

Вступ

Важливість вугільної промисловості як гаранта енергетичної і сировинної незалежності держави неухильно підвищується у зв'язку з поточною ситуацією в економіці й врахуванням нестійкого політичного оточення. Ринкові умови неухильно посилюють вимоги до рентабельності вуглевидобутку, що обумовлює необхідність інтенсифікації очисних робіт на основі підвищення темпів посування очисних вибоїв. Проте зростання швидкості відпрацювання лав суттєво збільшує динамічні прояви гірського тиску й підвищує небезпеку очисних робіт. Саме тому проблема прогнозування динаміки обвалення покрівлі позаду діючої лави є актуальною особливо в умовах, коли темпи посування очисних вибоїв становлять 200 м/міс і більше.

Останнім часом вивчення вказаної проблеми зростає прискореними темпами [1,2]. Традиційно відпрацювання родовищ корисних копалин, що залягають у міцних породах було пов'язане з гірськими ударами й іншими динамічними проявами гірського тиску [3]. Проте підвищення темпів посування очисних вибоїв до 200-250 м/міс у вітчизняних і до 300-500 м/міс на американських та австралійських вугільних шахтах інтенсифікувало небезпечні динамічні явища навіть в умовах покрівель, які мали характеристику як таких, що легко обвалюються.

У зв'язку з цим виник новий науковий напрямок з мікросейсмічного моніторингу динамічного стану гірського масиву, який дозволяє визначати ко-

ординати динамічної події, та її енергію навколо очисного вибою [4-7]. Встановлено, що найбільш інтенсивна сейсміка техногенної природи притаманна зонам динамічного опорного тиску, що рухається попереду лави, та зонам активних зрушень, які супроводжують очисний вибій у виробленому просторі [6-7].

Незважаючи на вказану закономірність, аналіз розподілів координат і енергії динамічних проявів гірського тиску навколо очисних вибоїв вугільних шахт свідчить про те, що процеси руйнування, розпушування, обвалювання, та послідуєчого ущільнення порід покрівлі мають стохастичну природу і супроводжуються суттєвими випадковими відхиленнями [5-6]. Отже на детерміновані процеси перерозподілу гірського тиску накладаються випадкові, що ускладнює прогнозування параметрів зон опорного тиску, кроків обвалення основної покрівлі й таких важливих параметрів, як стійкість покрівлі у очисних та виїмкових підготовчих виробках. Отже необхідно вивчити, як стохастичні процеси впливають на загальний хід обвалення підробленої товщі порід та перерозподілу гірського тиску. Оскільки таке завдання є вельми масштабним, у даній статті вирішується окрема задача, що присвячена дослідженню закономірностей поширення випадкової флуктуації гірського тиску, обумовленою відказом групи секцій механізованого кріплення у очисному вибої, що швидко рухається. Дослідження такого процесу є необхідною складовою вирішення загальної проблеми прогнозування динаміки гірського тиску з врахуванням його стохастичної природи.

Постановка задачі

Для вирішення поставленої задачі використовували комп'ютерну модель масиву гірських порід, яка пристосована для відтворення динаміки осідань підробленої товщі та перерозподілу гірського тиску навколо очисного вибою, що рухається [8]. Специфіка такої задачі полягає у необхідності посування очисного вибою певними кроками у просторі і часі й врахування результатів моделювання на попередньому кроці у вигляді початкового стану системи, що моделюється. Система безпосередньої й основної покрівлі розглядалась як складова плита, що має еквівалентний складовим породним шарам модуль пружності й коефіцієнт Пуассона.

Прогини такої плити визначались на основі чисельного рішення диференційного рівняння методом скінчених різниць:

$$\frac{\partial^4 \omega}{\partial x^4} + 2 \frac{\partial^4 \omega}{\partial x^2 \partial y^2} + \frac{\partial^4 \omega}{\partial y^4} = \frac{q}{D} - \frac{K\omega}{D}, \quad (1)$$

де ω – прогини точок плити;

q – нормальне до нейтральної вісі плити розподілене навантаження товщею, що залягає вище;

K – коефіцієнт жорсткості підшви плити-покрівлі;

D – циліндрична жорсткість плити; $D = \frac{Eh^3}{12(1-\mu^2)}$, де h – потужність плити,

μ – коефіцієнт Пуассона.

У результаті рішення рівняння (1) визначались вертикальна компонента гірського тиску навколо діючої лави, згинаючі та крутні моменти, і відповідні їм нормальні та дотичні деформації й напруження.

Руйнування покрівлі та її обвалення визначали як наслідок перевищення еквівалентних напружень згідно залежності

$$\sigma_e = \sqrt{(\sigma_{x(y)}^2 + 3\tau_{xy}^2)} > [\sigma], \quad (2)$$

де σ_e – еквівалентне напруження;

σ_x або σ_y – нормальні напруження;

τ_{xy} – дотичні напруження;

$[\sigma]$ – допустимі напруження.

Висота обвалення покрівлі залежить від міцності й потужності породних шарів, що її складають. Вказана висота може бути визначена згідно залежності:

$$H_{\text{ост}} = H \cdot c_1 \cdot [\sigma] / \sigma_e \leq H, \quad (3)$$

де H и $H_{\text{ост}}$ – початкова висота зони потенційних обвалень покрівлі й залишкова її потужність після обвалення;

c_1 – коефіцієнт пропорційності.

Дослідження [6] свідчать про те, що висота обвалення покрівлі позаду очисного вибою суттєво змінюється, що ілюструється розрізом фізичної моделі з еквівалентних матеріалів на рис. 1. Чим вище у покрівлю розповсюджується руйнування, тим більше розпушення обвалених порід і тим сильніше вони опираються прогину або осіданню товщі, яка була підроблена очисним вибоєм. Таким чином, процес обвалення покрівлі моделюється природнім шляхом на основі порівняння діючих напружень з допустимими. При цьому зберігається фізичний зміст процесу обвалення.

Аналогічно моделюється процес самопідбутівки підробленої товщі у процесі її обвалення. Було встановлено, що величина підбутівки пропорційна відношенню діючих напружень до межі міцності порід:

$$GK1(i,j) = GK(i,j) \cdot c_2 \cdot \sigma_e / [\sigma] \leq GK_0, \quad (4)$$

де $GK(i,j)$ – початкова жорсткість підосви плити-покрівлі у вузлі розрахункової скінченої сітки з розрахунку на те, що вироблений простір не заповнений обваленими породами (тобто управління покрівлею здійснюється шляхом плавного опускання);

$GK_1(i,j)$ – скорегована величина жорсткості з врахуванням висоти обвалення покрівлі;

C_2 – коефіцієнт пропорційності;

GK_0 – жорсткість недоторканого масиву.



Рис. 1. Ілюстрація варіації висоти обвалень покрівлі пласта згідно Langosh і Ruppel [6]

Практика застосування розробленої моделі підтвердила її надійність і достовірність результатів моделювання завдяки тому, що залежності (2-4) створюють зворотний зв'язок між висотою руйнування покрівлі й ефектом самопідбутівки порід. Чим менше підбутівка, тим більше осідання покрівлі і вище рівень діючих напружень, що сприяє процесу руйнування покрівлі (залежності 2-3). У результаті ж її руйнування збільшується жорсткість підшви плити (рівняння 4), що зменшує осідання й напруження. Тому виникає затримка обвалення, протягом якої очисний вибій відходить на певну відстань і таким чином формується крок обвалення основної покрівлі. Отже формули (2-4) створюють зворотний зв'язок, який сприяє виникненню складного автоколивального процесу, що формує певну картину обвалення покрівлі й відповідну динаміку гірського тиску навколо діючої лави. Оскільки межа міцності порід залежить від швидкості їх навантаження, створюються можливості моделювати швидкість посування лави.

Характеристика об'єкта, що моделювався

За допомогою описаної комп'ютерної моделі вивчалась динаміка обвалення основної покрівлі у 1-й південній лаві блоку 10 ш/у «Покровське». Довжина лави становила 250 м, управління покрівлею здійснювалось шляхом повного обвалення за допомогою механізованого комплексу МКЮ. Вугільний пласт потужністю 1,8 м залягав на глибині 800 м у породах середньої міцності. Шар алевроліту у безпосередній покрівлі мав потужність 5 м і межу міцності на одноосьовий стиск 42 МПа. У безпосередній підшві роз-

ташованій алевроліт потужністю 4 м, нижче залягав пісковик. Основна покрівля представлена шарами алевроліту і пісковіку, міцність яких коливалась у межах 45-55 МПа. Загальна потужність порід покрівлі приймалась рівною 30 м. Структура порід покрівлі вводилася по трьох стратиграфічних колонках уздовж виїмкового стовпа з врахуванням їх планових координат. Швидкість посування лави становила 200 м/міс.

На рис. 2, а наведено розподіл висоти обвалень покрівлі у процесі відпрацювання лави зворотним ходом (зліва направо на рис. 2). Темніші плями відповідають ділянкам, на яких відбулись обвалення покрівлі. Як видно, крок обвалення не є постійним і змінюється у межах від 30 м до 100 м. Більш того, процес обвалення не є стабільним й уздовж лави. Така варіація кроку і висоти обвалення покрівлі є наслідком природної мінливості структури й механічних властивостей уміщуючих порід, що призвело до певної варіації межі міцності й деформаційних властивостей порід.

Дослідження впливу флуктуацій опору механізованого кріплення очисного вибою

Збурення напруженого стану уміщуючих порід виконувалось шляхом зменшення несучої спроможності механізованого кріплення на певній ділянці лави. Згідно третьому закону Ньютона величина гірського тиску, що передається на механізоване кріплення очисного вибою дорівнює реакції або опору самого кріплення. Отже збурювати гірський тиск покрівлі можна шляхом варіації опору механізованого кріплення. Такі збурення зазвичай відбуваються під час зменшення опору секцій механізованого комплексу з ряду причин, наприклад витoku робочої рідини й падіння гідравлічного тиску у гідродомкратах секцій, розриву або пошкодження високо-напірних шлангів, накопичення мілких кусків породи над перекриттями секцій і т. ін. Збурення гірського тиску можуть виникати і в більшу сторону внаслідок переходу секцій у жорсткий режим опору. Враховуючи середню ширину привибійного простору, яка коливалась у межах 5 м, було знижено удвічі несучу спроможність п'яти секцій механізованого кріплення комплексу. Зниження опору механізованого кріплення тривало одну добу. Це еквівалентно зменшенню жорсткості підшви пласта на відповідній ділянці усього на один процент. Враховуючи рівняння (1), така еквівалентність обумовлена тим, що зменшення опору механізованих секцій сприяє більшій осадці покрівлі точно так же, як зменшення жорсткості підшви плити-покрівлі. Назвемо таке збурення елементарним, оскільки воно обмежене по амплітуді, у просторі і часі і у масштабах лави практично може розглядатись як збурення у точці виробленого простору очисного вибою.

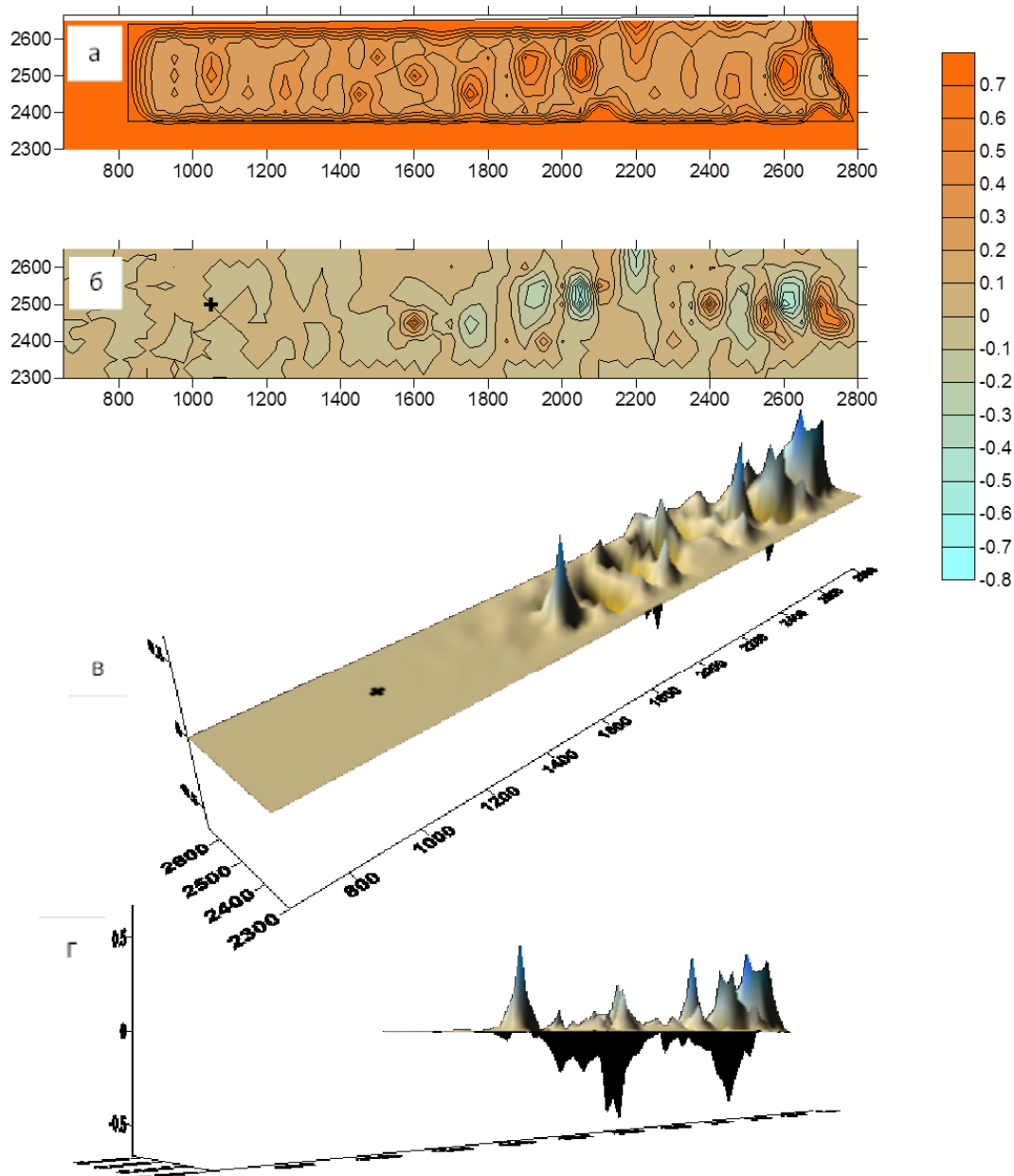


Рис. 2. Розподіл висоти обвалення над одинокою лавою (а) і величини відгуків покрівлі на флуктуацію гірського тиску амплітудою 1%

Хрестиком місце збурення пружного стану масиву вказано на рис. 2, б. На фрагментах (в) і (г) для наочності показано об'ємний розподіл збурень процесу обвалення покрівлі по мірі посування очисного вибою. Вказане збурення обчислювалось шляхом віднімання висот обвалення покрівлі до і після збурення. Іншими словами було вирішено дві незалежних задачі: первинна – без збурення і послідовна з врахуванням збурення. Саме різниця висот обвалення у вказаних двох експериментах й описує у чистому вигляді процес розповсюдження збурення.

Як видно на розподілах, спочатку падіння опору механізованого кріплення на обмеженій ділянці практично не помітно. Проте по мірі віддалення лави від точки збурення його наслідки почали накопичуватись у масштабах, які суттєво перевищували похибку обчислень. Розповсюдження впливу збурення відбувалось як у напрямку посування лави (у даному випадку по простяганню), так і уздовж лави в обидва боки від проекції збурення.

Після відходу лави на 550 м від точки прикладення флуктуації, або на відстань двох її довжин накопичення наслідків збурення стало критичним і процес обвалення покрівлі почав змінюватись радикально. На тих ділянках, де було обвалення, покрівля почала зависати, й навпаки. Отже процес розповсюдження збурення пружно-деформованого стану масиву має ряд характерних рис. По-перше він не затухаючий: навіть незначне збурення, амплітуда якого складає усього 1 % від максимально можливого збурення призводить до накопичення наслідків збурення. По-друге таке накопичення збурень відбувається по усій площині виробленого простору: як уздовж посування очисного вибою, так і по його довжині у обидві сторони від точки збурення. По-третє накопичення наслідків збурення має критичний характер: після накопичення наслідків елементарного збурення до певної межі відбувається радикальна зміна процесу обвалення основної покрівлі вугільного пласта. Іншими словами крок обвалення змінюється, що призводить до зміни усієї картини розподілу висоти обвалення а також напружень, які супроводжують процес обвалення та стійкості порід покрівлі у очисних й виїмкових виробках.

Додаткові експерименти засвідчили, що збільшення амплітуди збурення до 24% призводить до скорочення шляху критичного накопичення збурень до 50 м або 0,2 довжини лави. Аналіз гістограм амплітуд збурень показаний на рис. 3 вказує на те, що розподіл накопичених збурень є симетричним і нагадує нормальний закон з витягнутим ексцесом. Це означає, що у більшості превалюють малоамплітудні збурення, хоча радикальні зміни у процес обвалення вносять як раз збурення значної амплітуди.

Отже обвалення покрівлі позаду діючого очисного вибою носить риси стохастичного процесу, оскільки існує ціла низка джерел випадкових збурень, які є еквівалентними збуренню гірського тиску й, найголовніше, дають ті ж самі наслідки. Переважна більшість таких збурень важко прогнозована або практично неможлива для детектування і реєстрації.

Одним з головних джерел, яке породжує ті ж самі наслідки, що й збурення гірського тиску, є невизначеність механічних властивостей. Так міцність порід на одноосьовий стиск має природний розкид, який узгоджується з логнормальним законом розподілу [9], причому середнє квадратичне відхилення такого розкиду становить близько 30%. З практичної точки зору це означає, що для отримання надійності прогнозу на рівні 90% довірчий інтервал розкиду треба збільшити якнайменше удвічі, а задачу прогнозу виконувати у стохастичній постановці. При цьому задачу моделювання динаміки

обвалення покрівлі необхідно виконати десятки тисяч разів для одних і тих же умов з випадковим вибором міцності порід з її (логнормального) розподілу. За такої великої кількості моделювань виникає питання – чи дадуть усереднені результати розподілу висот обвалення покрівлі певну картину, подібну до тої, що зображена на рис. 2, а, оскільки усереднення може знівелювати виразність місць і кроків обвалення. Аналіз наслідків елементарної флуктуації гірського тиску є першим кроком для знаходження надійної відповіді на поставлене питання.

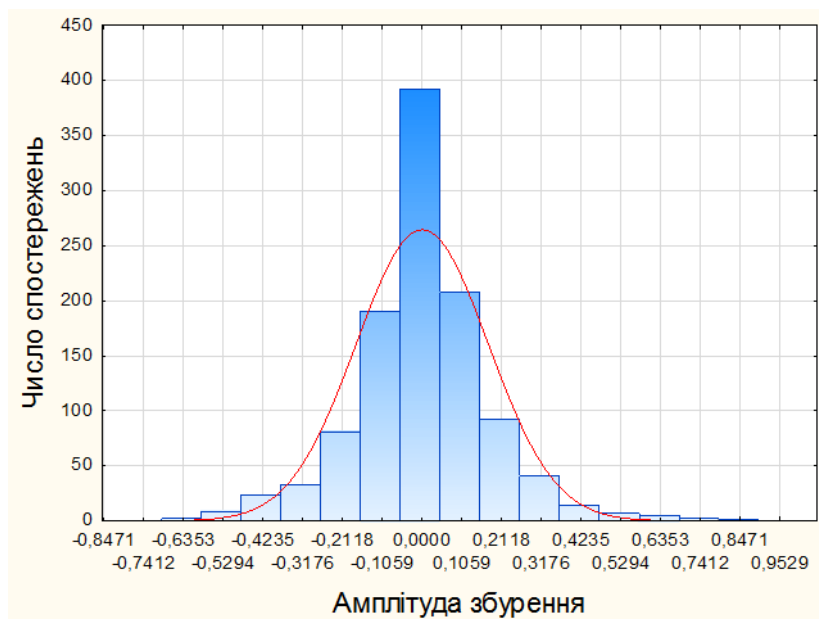


Рис. 3. Гістограми амплітуд відгуків на флуктуацію гірського тиску з амплітудою 1,0 %

Ще одним важливим джерелом невизначеності прогнозу кроку обвалення основної покрівлі є природна варіація структури, яка уточнюється лише після проведення гірничої виробки. Так на рівні вентиляційного й конвеєрного штреків параметри малоамплітудних порушень, та будови масиву відомі достовірно. Проте при довжині лави 250-300 м структура масиву зазвичай змінюється суттєво і неодноразово. Отже механічні властивості покрівлі вводяться у комп'ютерну модель зі значною похибкою або невизначеністю, яка робить вклад у невизначеність прогнозу. Далеко не всі механізовані очисні комплекси оснащені засобами поточного моніторингу стану секцій механізованого кріплення. Усі вказані фактори впливають на результати прогнозування динаміки обвалення покрівлі точно так же, як і випадкові флуктуації гірського тиску, механізм розповсюдження яких обговорювався вище.

Для перевірки достовірності отриманих закономірностей було виконано спектральний аналіз конвергенції на контурі підготовчих виробок 1-ї і 2-ї південних лав. Вказані лави не були спарені, але працювали одночасно.

Спочатку друга лави дещо відставала від першої, потім випереджала її. Очевидно, що після обгону першої лави у другій процес обвалу повинен був змінити свій характер. Тобто обгін лави можна розглядати як флуктуацію. Якщо це так, динаміка конвергенції у 2-му конвеєрному штреці повинна змінитися.

На перший погляд графіки конвергенції на контурі експериментального штреку були однакові. Інтенсифікація конвергенції починається у момент підходу лави до спостережної станції на відстань, що відповідає довжині зони опорного тиску, а максимальна швидкість конвергенції досягається позаду лави у зоні активних зрушень та обвалень основної покрівлі. Проте спектральний аналіз графіків вказав на суттєву їх різницю, оскільки після обгону лави високочастотні складові збільшились значимо з ймовірністю 95%. Це підтверджує, що збурення процесу обвалу покрівлі після обгону лави відбилась на характері динаміки обвалу, що у певній мірі є підтвердженням достовірності встановлених закономірностей.

Виникає необхідність встановлення природи механізму розповсюдження наслідків елементарного збурення. Та обставина, що навіть елементарне збурення процесу обвалу подрібненої очисним вибоєм товщі схильне до само-розмноження й само-підсилення, схильне до того, щоб класифікувати його як ланцюгову реакцію [10]. Проте є ряд суттєвих рис, якими неможливо нехтувати. Перш за все це наявність інкубаційного періоду, який потрібен для накопичення критичного об'єму збурень, після досягнення якого починається незворотно радикальне змінення процесу обвалу покрівлі.

Цілком можливою аналогією такого процесу є ефект метелика [11]. Дійсно, навіть елементарне збурення здатне на розмноження й само підтримання. Очевидно, що процес розвитку вказаного збурення має риси як ланцюгової реакції, так і ефекту метелика. З одного боку на відміну від ланцюгової реакції розмноження й само-підсилення збурення процесу обвалу покрівлі очисного вибою присутні завжди. Але одночасно цей процес обов'язково насичується після досягнення меж виробленого простору, що споріднює його з ланцюговою реакцією, яка стабілізується після того, як реакція, наприклад, досягає стінок реторти.

Цілком можливо розглядати процес саморозвитку збурення або флуктуацій напружено-деформованого стану порід покрівлі позаду очисного вибою як динамічну систему, яка підкоряється законам хаосу [12-14]. Варто нагадати, що хаос відображає поведінку детермінованої системи, яка має безліч можливих станів і на перший погляд змінює їх хаотично під впливом найменших змін певних параметрів системи. Встановлення природи розвитку наслідків збурення процесу обвалу покрівлі очисного вибою є перспективним предметом майбутніх досліджень. Результати таких досліджень важливі з точки зору відповіді на питання, чи можливо здійснювати надійний прогноз параметрів обвалу покрівлі позаду очисного вибою. Маються на

увазі місця, крок обвалення і його наслідки з точки зору стійкості покрівлі очисних й підготовчих виробок та безпеки очисних робіт в цілому.

Висновки

Процес розповсюдження збурення пружно-деформованого стану масиву випадковими флуктуаціями гірського тиску під час обвалення основної покрівлі позаду очисного вибою, що рухається, має стохастичний характер і відрізняється наступними ознаками. По-перше він не затухаючий: навіть незначне збурення, амплітуда якого складає усього 1 % від максимального можливого значення призводить до накопичення наслідків збурення. По-друге таке накопичення збурень відбувається по усій площині виробленого простору: як уздовж посування очисного вибою, так і по його довжині у обидві сторони від точки збурення. По-третє накопичення наслідків збурення має критичний характер: після накопичення наслідків елементарного збурення до певної межі (у даному випадку після віддалення очисного вибою від ділянки збурення на відстань більше двох довжин лави) відбувається радикальна зміна процесу обвалення основної покрівлі вугільного пласта. При цьому крок обвалення змінюється, що призводить до зміни усієї картини розподілу висоти обвалення а також напружень, які супроводжують процес обвалення та впливають на стійкість порід покрівлі у очисних й виїмкових виробках.

Збільшення амплітуди збурення до 24% призводить до скорочення шляху критичного накопичення збурень до 50 м або 0,2 довжини лави. Гістограма накопичених збурень є симетричною й відповідає нормальному закону з витягнутим ексцесом. Це означає, що у більшості превалюють малоамплітудні збурення, хоча радикальні зміни у процес обвалення вносять як раз збурення значної амплітуди.

Отже поширення елементарної флуктуації гірського тиску у виробленому просторі очисного вибою характеризується трьома закономірностями: вказані флуктуації не мають затухання і завжди розповсюджуються завдяки само-підтриманню; процес накопичення макроскопічних наслідків флуктуації має інкубаційний період, з вичерпанням якого картина обвалення покрівлі суттєво і стрибкоподібно змінюється; тривалість вказаного інкубаційного періоду скорочується зі збільшенням амплітуди флуктуації гірського тиску.

Виконані дослідження роблять перший внесок у вирішення проблеми прогнозування кроку та динаміки обвалення основної покрівлі позаду діючої лави з урахуванням стохастичної природи вказаного процесу, який суттєво впливає на надійність очисних робіт та їх безпеку.

1. *Hatherly P.* 3D stress effects, rock damage and longwall caving as revealed by micro seismic monitoring. ACARP project C9021. - 324 p.
2. *Бабенко Е.В.* Динамические проявления сдвижений над длинными очистными забоями при больших темпах их подвигания /Е.В. Бабенко // Наук. праці До-

- нецького національного технічного університету, серія гірничо-геологічна - Донецьк: ДонНТУ. - 2005. - вип. 72. - С. 12-21.
3. *Spottiswoode S.* Mine seismicity: prediction or forecasting? / The Southern African Institute of Mining and Metallurgy. - HARD ROCK SAFE Safety Conference 2009. - P. 81-97.
 4. *Fujii Y.* Numerical simulation on microseismicity due to mining at one of the collieries in Australia / Y. Fujii, Y. Ishijima // Coal & Safety. - 2001. - No 19. - P. 10-29.
 5. *Maxwell S.C.* Assessing the Impact of Microseismic Location Uncertainties On Interpreted Fracture Geometries. Paper SPE 125121 presented at the SPE Annual Technical Conference and Exhibition, New Orleans, 4-7 October. <http://dx.doi.org/10.2118/125121-MS>.
 6. *Langosh U., Ruppel U.* (2013). Longwall roof fall prediction and shield support recommendations / Proc. 32 Int. Conf. on ground control in mining. -Morgantown, WVU. Pp.27-32.
 7. *Hoyer D.* Early Warning of Longwall Weighting Events and Roof Cavities Using Lva Software / 30th International Conference on Ground Control in Mining. - Morgantown, WVU. - P. 53-61.
 8. *Бабенко К.В.* Оцінка зон мульди зрушень по ступеню сейсмічності над очисним вибоєм, що рухається / К.В.Бабенко // Проблеми гірського тиску. - Донецьк: ДонНТУ. - 2005. - № 13. - С. 189-212.
 9. *Шашенко А.Н.* Методы теории вероятностей в геомеханике / А.Н. Шашенко, Н.С. Сургай, Л.Я. Парчевский. - К.: Техника, 1994. - 216 с.
 10. *Семёнов Н.Н.* Развитие теории цепных реакций и теплового воспламенения / Н.Н. Семёнов. - М., 1969. - 422 с.
 11. *Hilborn R.C.* Sea gulls, butterflies, and grasshoppers: A brief history of the butterfly effect in nonlinear dynamics / R.C. Hilborn // American Journal of Physics. - 2004. - 72 (4): 425-427. doi:10.1119/1.1636492.
 12. *Karkuszewski Z.P.* Quantum Chaotic Environments, the Butterfly Effect, and Decoherence / Karkuszewski, Z.P., Jarzynski, C., Zurek, W.H // Physical Review Letters. - 2002. - 89 (17): doi:10.1103/PhysRevLett.89.170405.
 13. *Devaney R.L.* Introduction to Chaotic Dynamical Systems / R.L. Devaney. - Westview Press, 2003. ISBN 0670811785.
 14. *Orrell D.* Role of the metric in forecast error growth: How chaotic is the weather? / D. Orrell // Tellus. - 2002. - 54A: 350-362. doi:10.3402/tellusa.v54i4.12159.

В.В. Назимко, И.В. Назимко

ЗАКОНОМЕРНОСТИ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ФЛУКТУАЦИИ ГОРНОГО ДАВЛЕНИЯ В ВЫРАБОТАННОМ ПРОСТРАНСТВЕ ДЕЙСТВУЮЩЕЙ ЛАВЫ

Исследовано процесс распространения флуктуации горного давления в выработанном пространстве действующего очистного забоя. Установлено зависимость величины задержки макроскопических последствий флуктуации от амплитуды флуктуации и ее распределения.

Ключевые слова: действующий очистной забой, динамика горного давления, выработанное пространство, флуктуация.

V.V. Nazimko, I.V. Nazimko

SPREADING OF GROUND PRESSURE FLUCTUATION IN THE GOB

We simulated a ground pressure fluctuation as 5 adjacent powered supports failure during a day. The main roof has been presented as a plate that lies on the rigid base. Stiffness of the base depends on thickness of extracted coal seam and dilation of caving roof. Maximum stiffness occurs in situ, minimum - in the gob when the roof is highly flexible and subsides elastically, without caving. The more stress in the roof the higher cavity occurs and the larger increment of the base stiffness. The wave of the fluctuation has extended both to the direction of the longwall advance and along the face from the point of the fluctuation stimulation. There was an incubation period when effect of the fluctuation was negligible and process of main roof caving kept unaffected. Distance of the longwall advance during incubation period was twice as the longwall length for the fluctuation magnitude of 1% relatively maximum disturbance and 0,2 of the longwall length for the magnitude of 24%. However the pattern of the roof caving has dramatically changed during farther movement of the longwall. All caving parameters have changed: step of the caving, ground pressure distribution and its manifestation in the longwall and its entries. Histogram of the fluctuation magnitude was symmetric and in accordance with normal distribution having a big excess. These findings are the first step to answer the question: whether it possible to forecast process of main roof caving and weighting consistently.

Keywords: longwall face, ground pressure evolution, gob, fluctuation.