

УДК 622.834.53:622.831.24

Четверик М.С., д-р техн. наук, професор,
Бубнова О.А., канд. техн. наук, ст. наук. співр.,
Бабій К.В., канд. техн. наук, ст. наук. співр.,
Батур М.О., магістр
(ІГТМ НАН України)

ШВИДКІСТЬ РОЗВИТКУ ДЕФОРМАЦІЙ У ПІДРОБЛЕНОМУ ГІРСЬКОМУ МАСИВІ ПРИ ПІДЗЕМНОМУ ВИЙМАННІ КОРИСНИХ КОПАЛИН НА ОСНОВІ МАРКШЕЙДЕРСЬКИХ СПОСТЕРЕЖЕНЬ

Четверик М.С., д-р техн. наук, професор,
Бубнова Е.А., канд. техн. наук, ст. науч. сотр.
Бабий Е.В., канд. техн. наук, ст. науч. сотр.,
Батур М.А., магістр
(ІГТМ НАН України)

СКОРОСТЬ РАЗВИТИЯ ДЕФОРМАЦИЙ В ПОДРАБОТАННОМ ГОРНОМ МАССИВЕ ПРИ ПОДЗЕМНОЙ ВЫЕМКЕ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ НА ОСНОВЕ МАРКШЕЙДЕРСКИХ НАБЛЮДЕНИЙ

Chetveryk M.S., D.Sc. (Tech.), Professor,
Bubnova O.A., Ph.D. (Tech.), Senior Researcher,
Babiy K.V., Ph.D. (Tech.), Senior Researcher,
Batur M.O., M.S. (Tech.)
(IGTM NAS of Ukraine)

RATE OF DEFORMATIONS DEVELOPING IN THE INDERMINED ROCK MASSIF AT UNDERGROUND MINERAL EXTRACTION BASING ON THE SURVEYING MONITORING

Анотація. Мета: обґрунтувати на основі інструментальних маркшейдерських вимірювань швидкість переміщення деформацій розтягнень в гірському масиві.

Результати. Узагальнено інструментальні маркшейдерські спостереження за зрушенням масиву гірських порід і поверхні. На їх основі визначено швидкість переміщення деформацій. Встановлено взаємозв'язок між швидкістю переміщення деформацій, швидкістю переміщення очисного вибою, глибиною розробки, висотою зони розшарувань.

Наукова новизна. Вперше, на основі інструментальних спостережень, визначено швидкість переміщення деформацій розтягнень в породах різного ступеня літіфікації. Визначено висоту зони розшарувань в масиві підроблених гірських порід на основі встановленого взаємозв'язку між швидкістю переміщення деформацій, швидкістю переміщення очисного забою, кроком обвалення основної покрівлі.

Практична значимість. Отримані дані про швидкість переміщення деформацій в підробленому гірському масиві дозволяють управляти гірським тиском, підвищувати ефективність гірничих розробок і їх безпеку.

Ключові слова: підземні гірничі роботи, швидкість деформацій, динамічна мульда, маркшейдерські спостереження за зрушенням.

Вступ. В маркшейдерській практиці одним з найважливіших параметрів, які визначають при підземній виїмці вугілля, є тривалість зрушення підробленої гірничими роботами земної поверхності. Цю тривалість зрушення поділяють на час активної стадії і час повних зрушень. Активна стадія характерна тим, що час зрушення визначають від початку появи деформацій розтягнень на поверхні і до їх закінчення. Чим більше глибина розробки - тим більше тривалість активної стадії зсування. Це свідчить про те, що деформації розтягнення в масиві гірських порід поширюються з відносно постійною швидкістю для даного типу гірських порід.

Одночасно з цим в геомеханіки однією з найбільш прийнятних моделей є гіпотеза гірського тиску, запропонована Динником О.М., яка описується рівнянням

$$\sigma_y = \gamma H, \quad (1)$$

де H – глибина розробки, м; γ – вага одиниці об'єму породи, кг/м³.

В цьому випадку вважають, що тиск здійснює стовп порід висотою рівною глибині розробці H . Отже безпосередньо після підробки весь цей стовп одночасно відокремився від масиву на всю висоту по нормалі і на поверхні є видимі прояви такого зрушення.

Однак практика маркшейдерських спостережень підтверджує зворотне - зрушення відбувається поступово і на поверхні проявляються через певний проміжок часу після підробки і завжди попереду очисного вибою. Інструментальні шахтні спостереження, проведені в глибоких свердловинах, пробурених в масив, що підроблюється, також свідчать що тріщини в масиві розвиваються поступово з якоюсь швидкістю.

За даними Куликовської Е.Е. [1] деформації земної поверхні в Криворізькому басейні зафіксовані на відстані 4,5 км від місця проведення гірничих робіт. На найбільш небезпечних ділянках вертикальні осідання досягають 275 мм. Швидкість осідання поверхні 8-10мм / рік. Наведені дані мають важливе значення в тому, що вони свідчать про переміщення геологічних плит-блоків і їх осідання.

Все вищенаведене не враховується в рівнянні (1), тому виникають сумніви щодо його правильності.

Можна припустити, що в певний момент часу гірський тиск має величину, рівну

$$\sigma_m = \gamma H_x, \quad (2)$$

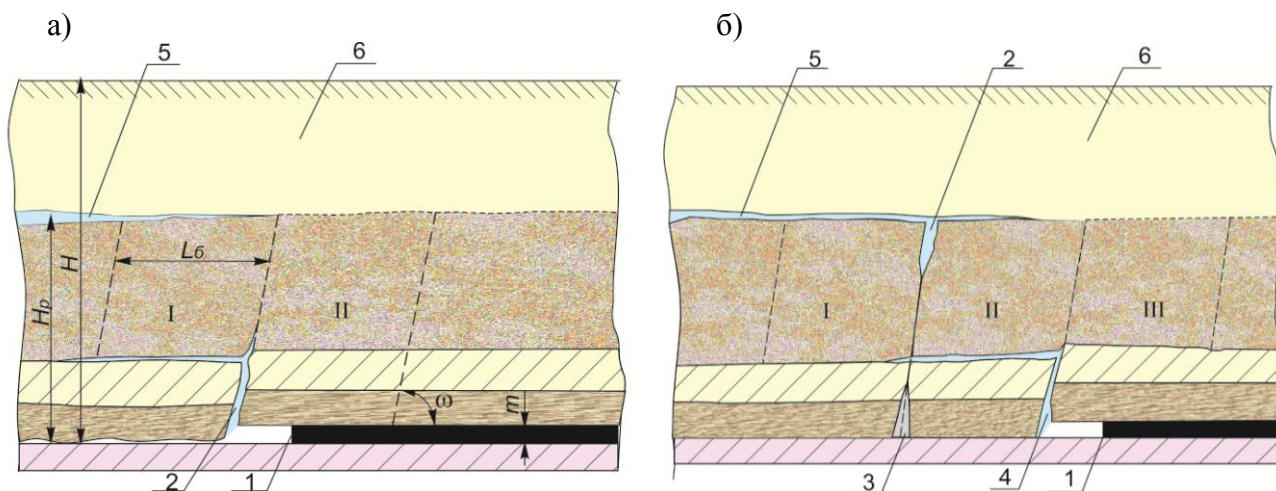
де H_x – висота стовпа порід, які на даний момент часу втратили суцільність із масивом, м.

Висоту стовпа порід і відповідний їй гірський тиск на необхідний момент часу можна визначити, якщо встановити швидкість розвитку деформацій в масиві.

Інструментально цю швидкість виміряти неможливо, встановити її можна тільки побічно - за результатами маркшейдерських спостережень за розвитком процесу зрушення, що є метою даної роботи.

Основний зміст роботи. Як доведено практикою, при підземній виїмці вугілля відбувається обвалення основної покрівлі з певною закономірністю із встановленим кроком обвалення, блоками [2].

Розглянемо процес підробки трьох блоків гірських порід при переміщенні очисного забою по виїмці вугілля з постійною швидкістю (рис.1). При переміщенні очисного забою *I* було підроблено блок *I* на величину кроку обвалення основної покрівлі L_B і почалась підробка блоку *II*. При обваленні, блок *I* осів на ґрунт пласта (див. рис.1а). Оскільки блок *II* тільки підроблюється і не осів, то в породах між блоками *I* і *II* виникли деформації розтягнення з розривом суцільності порід у вигляді тріщини 2. Деформації тим більше, чим більша потужність пласта. Тріщина відриву 2 поступово переміщується в масиві з певною швидкістю вгору по площині зрушення, нахиленою під кутом ω . Потім, після підробки блоку *II* і переході очисного забою до виїмки вугілля під блоком *III*, осідає на ґрунт пласта блок *II* (див. рис.1б).



1 - очисний вибій; 2 зони розтягнень; 3 - зона стиснень; 4 - утворення зони розтягнень між блоками *II* і *III*; 5 - зона розшарувань (зона заміни розтягнень стисненнями між блоками); 6 - зона деформацій гірських порід без розриву їх суцільності

Рисунок 1 - Схема до обґрунтування утворення при підробці блоків зон розтягнень, стиснень, зони розшарувань: а) утворення зон розтягнень при обваленні блоку *I*; б) утворення зони розшарувань і стиснень

Оскільки блок *I* лежить на ґрунті пласта, а блок *II* також опускається на ґрунт пласта, то між цими блоками внизу виникає зона стиснень. Це викликано також тим, що між блоками *II* і *III* виникла нова зона розтягнень. В результаті нижня частина блоку *II* зміщується у бік до блоку *I*. Зона стиснень переміщується вгору за зоною розтягнень. Цьому сприяє зона розтягувань 4, що знову утворилась, і переміщується вгору між блоками *II* і *III*. На певній висоті зона розтягнень між блоками *I* і *II* змінюється стисненнями і утворюється зона роз-

шарувань 5. Надалі цикл повторюється. Вище зони розшарувань зрушення гірських порід відбувається блоками великих розмірів без розриву їх суцільності.

З наведеної схеми випливає, що зруйновані гірські породи, які налягають на консоль, що утворилась в очисному вибої, будуть проявлятися у вигляді гірського тиску [3]. Для того, щоб встановити обсяг цих порід, необхідно визначити висоту зони розшарувань.

Як випливає з викладеного вище, зона розшарувань утворюється після обвалення двох блоків. Тоді висота зони розшарувань може бути визначена наступним чином

$$H_p = \frac{2L_6}{V_3} V_d \quad (3)$$

де V_3 – швидкість переміщення очисного вибою, м / добу; L_6 - крок обвалення основної покрівлі, м; V_d – швидкість переміщення деформацій розтягнень в масиві, м / добу.

У наведеній формулі (3) не враховується потужність пласта, на величину якої опустились підроблені блоки. У зв'язку з великою висотою зони розшарувань по відношенню до потужності пласта, нею можна знехтувати.

Таким чином, для того щоб встановити висоту зони розшарувань гірських порід, а потім гірський тиск, необхідно визначити швидкість переміщення деформацій розтягнень в масиві гірських порід.

Швидкість переміщення деформацій розтягнень в підробленому гірському масиві визначена на підставі експериментальних досліджень на вугільних шахтах СРСР [4], для умов шахти ім. О.Ф.Засядька [5], для умов шахти «Глибока» [6], для умов шахти «Сташиц» (Польща) [7].

1) На підставі даних інструментальних спостережень на вугільних шахтах СРСР, наведених в [4], визначено швидкості розвитку деформацій розтягнень в підробленому масиві по площині зрушення [1], які наведені в таблиці 1.

Таблиця 1 - Швидкість розвитку деформацій розтягнень за площині зрушення

Показники	Ступінь літфікації порід		
	слабка	середня	висока
Швидкість розвитку деформацій по площині зрушення, м / добу	6 – 10	10 – 15	15 – 20
Довжина блоків, що зрушуються (крок обвалення основної покрівлі) , м	20 – 60	60 – 120	120 – 200

Довжина блоків, що зрушуються, залежить як від міцності гірських порід, так і швидкості переміщення вибою. При великій швидкості переміщення вибою деформації гірських порід поширюються на меншу висоту.

2) Інструментальні спостереження за осіданням земної поверхні при великій глибині розробці і великих швидкостях переміщення вибоїв виконані Донець-

ким державним технічним університетом (ДонНТУ) в умовах виїмки вугілля на глибині 1200 м на шахті ім. О.Ф.Засядька [5].

Гірничотехнічні параметри наступні: глибина розробки – 1195 м; потужність пласта, що виймається - 2,1 м; кут падіння пласта - 10° ; довжина лави – 250 м; середньомісячне посування вибою – 90 м / міс. або 3 м / добу; міцність порід за Протодяконову 5-10; довжина блоку, що обвалюється – 60 м.

Інструментальні виміри осідання земної поверхні проводили на спостережній станції, яка складалась з лінії реперів, а також із серії реперів, розташованих в охоронюваному будинку. Репери розміщувались паралельно лінії вибою. Вони віддалені від проекції розрізної печі на 250 м, що становить 0,2 глибини гірничих робіт (характерним є репер 8). Група реперів в будівлі віддалена від проекції розрізної печі на 670 м або 0,55Н (характерним є репер 1).

Репер № 8 став активно осідати при відході вибою від розрізної печі на 255 м (при розташуванні вибою в створі репера).

Дані про зрушення репера 1:

- при розташуванні вибою на відстані 0,18Н від створу репера не зафіксовано його осідання; з цього моменту визначили динамічний кут зрушення, рівний 80° ;

- осідання репера 1 почалося на 3,85 місяця пізніше осідання репера 8;

- активна стадія починається також як і 8 репера, в період розташування вибою в створі репера 1;

- активна стадія закінчується через 0,5 Н від створу репера.

Швидкість переміщення деформацій для репера 8 склала 15,1 м / добу, а для репера 1 - 11,1 м / добу; середня - 13,1 м / добу.

З наведених даних визначили висоту розташування зони розшарувань, яка склала 487,3 метра.

3) На основі інструментальних спостережень, які були проведені на шахті «Глибока» [6], було встановлено, що в різні періоди процесу зрушення швидкість його поширення в масиві не однакова. Спостереження проводились при підробці вентиляційного стовбура №1 двома спареними лавами в наступних умовах: середня глибина розробки – 541 м; потужність пласта, що виймається - 1,15 м; загальна довжина двох підробляють лав – 400 м, управління покрівлею - повне обвалення; місячне посування очисних вибоїв в межах цілини - до 20 м.

Інструментальні спостереження за процесом зрушення проводилися по 17-ти парам реперів, закладених в породу і кріплення стовбура. Середня відстань по вертикалі між сусідніми парами реперів становила 25,4 м. В процесі інструментальних спостережень визначались осідання реперів на різні моменти процесу зрушення. В результаті спостережень було встановлено, що швидкість поширення процесу зрушення в масиві від зумпфа ствола до його гирла в своїй активній стадії була нерівномірною.

Проф. Кулібабою С.Б. [6] було введено поняття тимчасового градієнта нормованих осідань масиву G . Тобто, приймається період в добі, за який деяке нормоване осідання поширюється вгору на 100 м по масиву, що підроблюється. На малюнку 2 а наведені графіки зміни усереднених значень G в період актив-

ної стадії процесу зрушення по осі розглянутого стовбура. Недоліком цього графіка є те, що він не показує, як змінюється швидкість переміщення деформацій в масиві. Тому, спираючись на дані [6], побудований графік зміни швидкості деформацій (див. рис. 2б).

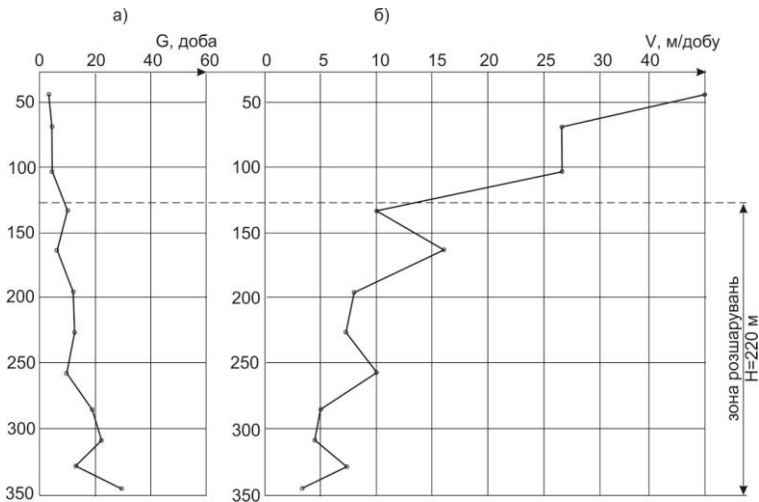


Рисунок 2 - а) градієнт нормованих осідань масиву G по [6]; б) зміна швидкості переміщення деформацій розтягнень в масиві на різній глибині

конаних польським вченим А. Ковальські. Ці вимірювання виконувалися на польській шахті «Сташиц» на поверхні над розробляються лавами [7]. На підставі цих інструментальних вимірювань нами визначена швидкість розвитку деформацій в порушеному масиві, яка склала 17 м / добу.

Таблиця 2 - Швидкість розвитку деформацій розтягнень в породах в залежності від глибини розробки

Пісковик			Сланці		
Глибина, м	Потужність, м	Швидкість V , м/добу	Глибина, м	Потужність, м	Швидкість V , м/добу
50	6,6	37			
86,3	6,6	27	83	3,3	27
92,9	13,2	27	139,6	3	11,5
109,9	26,4	23	163,2	6,5	16
142,9	19,8	11,5	183	4,9	11,5
169,8	13,2	14,5	226,4	3	7,5
209,9	3,3	8	235	3	8,5
250	6,6	9,5	259,9	10	10
283	6,6	5,5	295	6,5	4,5
289,6	6,6	5	319,8	3	6
303,3	16,5	4,5	323,1	3	6
326,4	9,9	7	336,3	3	6,5

З малюнка 2 видно, що швидкість розвитку деформацій розтягнень від забою до поверхні нерівномірна.

Використовуючи стратиграфічну колонку і отримані інструментальні дані, визначили швидкість переміщення деформацій для різних порід, що складають масив (табл. 2). Схожі дані були отримані по шахті «Сташиц» (Польща) [7]. У порушеному масиві швидкість розвитку деформацій нами була визначена на основі геодезичних вимірювань, ви-

На підставі отриманих даних, наведених у таблиці 2, встановили закономірності деформаційних процесів, які проявляються при переміщенні зони розтягувань в масиві підроблених гірських порід (рис.3).

Визначимо висоту зони розшарувань гірських порід в підробленому масиві теоретично. Для цього скористуємось такими даними. Швидкість розвитку деформацій для порід середнього ступеня метаморфізму становить $V_D = 8$ м / добу. Крок обвалення основної покрівлі складе $L_B = 15$ м. Швидкість переміщення забою становить $V_Z = 1,2$ м / добу. Тоді висота зони розшарувань, починаючи від вибою, згідно з формулою (3), складе 220 м. З рис.3 випливає, що висота зони розшарувань розділяє масив гірських порід на дві частини - де швидкість розвитку деформацій менша (нижче зони розшарувань) та де ця швидкість більша (вище зони розшарувань).

Визначимо висоту зони розшарувань в підробленому масиві гірських порід, виходячи з інструментальних спостережень. Для цього на підставі даних, наведених у табл.2, побудуємо графік зміни швидкості переміщення деформацій по глибині підроблюваного масиву гірських порід (рис.3).

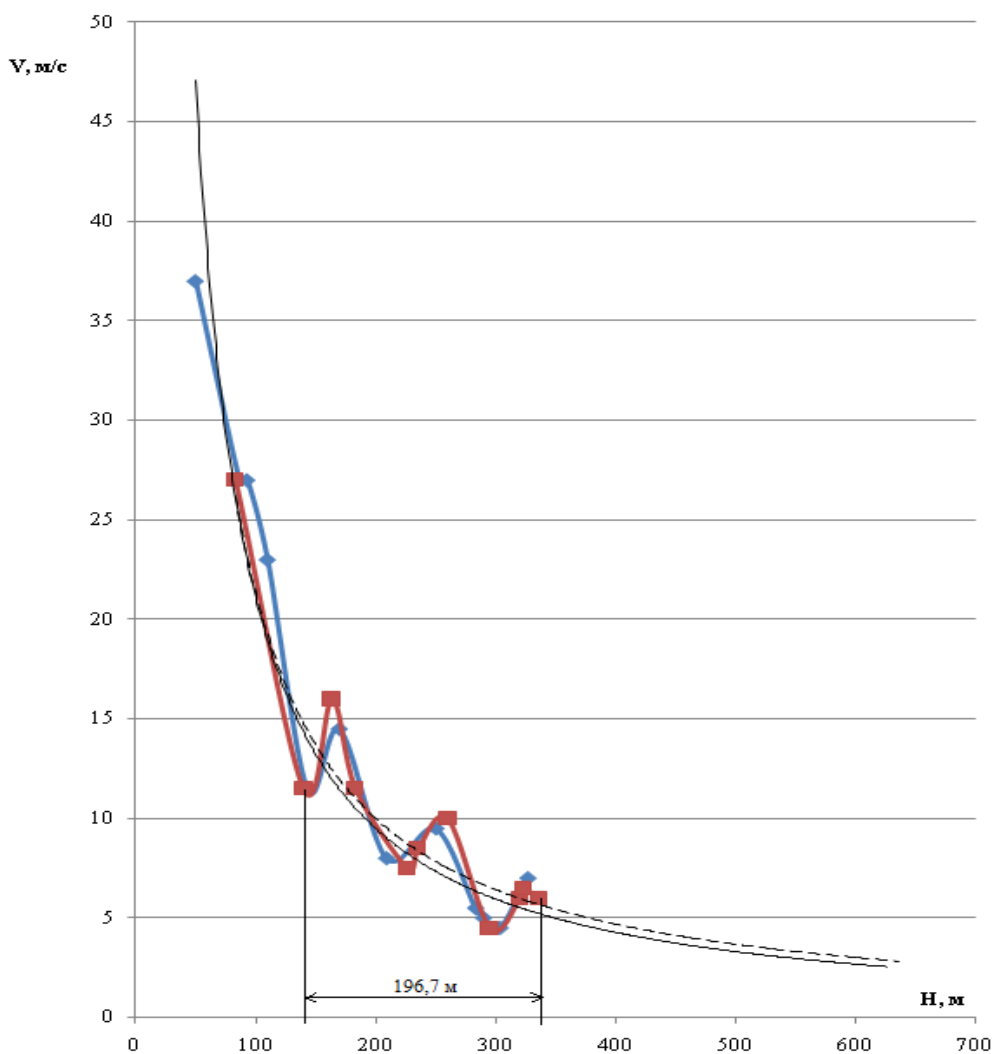


Рисунок 3 - Залежність швидкості розвитку деформацій в масиві гірських порід від глибини їх розташування в масиві, що підроблюється

З графіка випливає, що швидкість переміщення деформацій в масиві в залежності від глибини розташування підроблюваного масиву розділяється на дві ділянки. Перша, висотою 196,7 м, починаючи від зумпфа, носить хвильовий характер. Вона відповідає висоті зони розшарувань H_p , визначеної теоретично (похибка становить 10,5 %).

Швидкість переміщення деформацій нижче зони розшарувань носить хвильовий характер і в середньому може бути визначена за формулою

$$V = 26,252 \cdot e^{-0,005 \cdot H} \quad (4)$$

Хвильовий характер обумовлений тим, що при переході деформацій до чергового типу порід спочатку швидкість знижується, а потім, у міру переміщення по пласту цих порід, збільшується.

Швидкість переміщення деформацій вище зони розшарувань носить практично прямолінійний характер і може бути визначена за виразом

$$V = -0,2729 \cdot H + 50,964 \quad (5)$$

Важливість отриманих даних полягає в тому, що знаючи висоту утворення зони розшарувань, можна припустити катастрофічні наслідки зрушення, яка б природа їх походження не була.

Висновки. Швидкість переміщення деформацій в підробленому гірському масиві в залежності від глибини гірничих робіт має різний характер і розділяє його на дві ділянки. Перша, починаючи від вибою лави і до зони розшарувань, носить хвильовий характер. Вона відповідає висоті зони розшарувань, що підтверджено інструментальними маркшейдерськими спостереженнями. Хвильовий характер обумовлений тим, що при переході деформацій до чергового типу порід спочатку швидкість розвитку деформацій знижується, а потім, у міру переміщення по цих порід, збільшується. Швидкість переміщення деформацій вище зони розшарувань носить практично прямолінійний характер. Вона значно вище швидкостей деформацій, які відбуваються до зони розшарувань.

Показано, що тільки та частина гірських порід проявляє себе як гірське тиск, яка в результаті зрушення відокремилася від масиву, а масив, що підроблюється, втратив суцільність. Гірський тиск у вигляді обсягу зруйнованих порід підробленого гірського масиву залежить від висоти зони розшарувань, параметрів зрушення, параметрів очисного вибою, швидкості розвитку деформацій розтягнень в непорушеному масиві. Регулювання (зменшення) гірського тиску можливо шляхом збільшення швидкості переміщення очисного забою, що призведе до зменшення обсягу зруйнованих гірських порід.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Куліковська, О.Є. Співставлення сучасних рухів земної поверхні Криворізького залізородного басейну з особливостями будови його геологічного середовища / О.Є. Куліковська // Вісник Криворізького технічного університету. – Кривий Ріг, 2004. – Вип. 24. – С. 52-57.

2. Четверик, М.С. Теория сдвижения массива горных пород и управления деформационными процессами при подземной выемке угля / М.С. Четверик, Е.В. Андрощук. - Днепропетровск: РИА «Днепр-VAL» 2004, 148 с.

3. Четверик, М.С. Горное давление и сдвижение массива горных пород при выемке угля / М.С. Четверик, М.А. Синенко, И.В. Четверик // Матеріали міжнар. конф. «Форум гірників – 2010». – Дніпропетровськ: РВК НГУ, 2010. – С. 239 – 248.

4. Правила охраны сооружений и природных объектов от вредного влияния подземных разработок на угольных месторождениях. Утв. Минуглепром СССР. - М.: Недра, 1981. – 288 с.

5. Гавриленко Ю.Н. Динамика оседаний земной поверхности при большой глубине разработки и высокой скорости подвигания забоя / Ю.Н. Гавриленко, Н.М. Папазов, Т.В. Морозова // Проблемы гірського тиску: Збірник наукових праць. - Донецьк, 2000.- №4.- С.108-119.

6. Кулибаба, С.Б. Исследования скорости распространения процесса сдвижения в подрабатываемом массиве горных пород / Кулибаба С.Б. // Вісті Донецького гірничого інституту. – Донецьк: ДонНТУ, 2004. - №1. – С. 78-82.

7. Ковальски, А. Деформация поверхности над быстро подвигающимся фронтом горных работ / А. Ковальски // Доклады IX Конгресса ISM, Прага 18-22 апреля 1994г. – С. 320-329.

REFERENCES

1. Kulikovska, O.S. (2004), "Comparison of contemporary movements of the earth's surface Kryvbas with structural features of its geological environment", *Visnyk Kivrorizkogo tekhnichnogo universitet*, vol. 24, pp. 52-57.

2. Chetverik, M.S. and Androshchuk, Ye.V. (2004), *Theoriya sdvyzheniya massiva gornykh porod i upravleniya deformatsionnymi protsessami pri podzemnoy vyemke uglya* [The theory of displacement of rock mass deformation and management processes of coal], RIA "Dnepr-VAL", Dnepropetrovsk, Ukraine.

3. Chetverik, M.S., Sinenko, M.A. and Chetverik, I.V. (2010), "Mining pressure and displacement of rock mass in coal", *Materialy mizhnarodnoy konferentsii "Forum Girnykiv - 2010"* [Proceedings of International Conference "Forum miners - 2010"], National Mining University, Dnepropetrovsk, pp. 239 - 248.

4. Ministry of Coal Industry of the USSR (1981), *Pravila okhrany sooruzheniy i prirodnykh obektov ot vrednogo vliyaniya podzemnykh razrabotok na ugolnykh mestorozhdeniyakh* [Regulations for protection of constructions and natural objects from harmful influence of underground mining in coal deposits], Nedra, Moscow, USSR.

5. Gavrilenko, Yu.N., Papazov, N.M. and Morozov, T.V. (2000), "Dynamics of subsidence Earth's surface at a great depth of development and high advance rates", *Problemy girskogo tysku*, no.4, pp.108-119.

6. Kulibaba, S.B. (2004), "Research propagation velocity displacement process moonlighting rock mass", *Visti Donetskogo girnychogo institutu*, no.1, pp. 78-82.

7. Kowalski, A. (1994), "Deformation of the surface of the rapidly swooping front of mining operations" *Reports of the IX Congress ISM*, Prague 18-22 April 1994, pp. 320-329.

Про авторів

Четверик Михайло Сергійович, доктор технічних наук, професор, завідувач відділу Геомеханічних основ технологій відкритої розробки родовищ, Інститут геотехнічної механіки ім. М.С. Полякова Національної академії наук України (ІГТМ НАН України), Дніпро, Україна, chetverik.mihail@inbox.ru

Бабій Катерина Василівна, кандидат технічних наук, старший науковий співробітник, старший науковий співробітник у відділі Геомеханічних основ технологій відкритої розробки родовищ, Інститут геотехнічної механіки ім. М.С. Полякова Національної академії наук України (ІГТМ НАН України), Дніпро, Україна, katebabi@yandex.ua.

Бубнова Олена Анатоліївна, кандидат технічних наук, старший науковий співробітник, старший науковий співробітник у відділі Геомеханічних основ технологій відкритої розробки родовищ, Інститут геотехнічної механіки ім. М.С. Полякова Національної академії наук України (ІГТМ НАН України), Дніпро, Україна, bubnova@nas.gov.ua.

Батур Марина Олександрівна, магістр, інженер у відділі Геомеханічних основ технологій відкритої розробки родовищ, Інститут геотехнічної механіки ім. М.С. Полякова Національної академії наук України (ІГТМ НАН України), Дніпро, Україна, katebabi@yandex.ua.

About the authors

Chetverik Mykhailo Sergiyovych, Doctor of Technical Sciences (D.Sc.), Professor, Head of Department

of Geomechanics of Mineral Opencast Mining Technology, M.S. Polyakov Institute of Geotechnical Mechanics under the National Academy of Sciences of Ukraine (IGTM, NASU), Dnepropetrovsk, Ukraine, chetverik.mihail@inbox.ru.

Bubnova Olena Anatoliivna, Candidate of Technical Sciences (Ph.D.), Senior Researcher, Senior Researcher in Department of Geomechanics of Mineral Opencast Mining Technology M.S. Polyakov Institute of Geotechnical Mechanics under the National Academy of Sciences of Ukraine (IGTM, NASU), Dnepr, Ukraine, bubnova@nas.gov.ua.

Babiy Katerina Vasylivna, Candidate of Technical Sciences (Ph.D.), Senior Researcher, Senior Researcher in Department of Geomechanics of Mineral Opencast Mining Technology M.S. Polyakov Institute of Geotechnical Mechanics under the National Academy of Sciences of Ukraine (IGTM, NASU), Dnepr, Ukraine, katebabiy@yandex.ua.

Batur Maryna Oleksandrivna, Master of Sciences (M.S.), Engineer in Department of Geomechanics of Mineral Opencast Mining Technology M.S. Polyakov Institute of Geotechnical Mechanics under the National Academy of Sciences of Ukraine (IGTM, NASU), Dnepr, Ukraine, katebabiy@yandex.ua.

Аннотация. Цель: обосновать на основе инструментальных маркшейдерских измерений скорость перемещения деформаций растяжений в горном массиве.

Результаты. Обобщены инструментальные маркшейдерские наблюдения за сдвижением массива горных пород и поверхности. На их основе определена скорость перемещения деформаций. Установлена взаимосвязь между скоростью перемещения деформаций, скоростью перемещения очистного забоя, глубиной разработки, высотой зоны расслоений.

Научная новизна. Впервые, на основе инструментальных наблюдений, определена скорость перемещения деформаций растяжений в породах различной степени литификации. Определена высота зоны расслоений в массиве подработанных горных пород на основе установленной взаимосвязи между скоростью перемещения деформаций, скоростью перемещения очистного забоя, шагом обрушения основной кровли.

Практическая значимость. Полученные данные о скорости перемещения деформаций в подработанном горном массиве позволяют управлять горным давлением, повышать эффективность горных разработок и их безопасность.

Ключевые слова: подземные горные работы, скорость деформаций, динамическая мульда, маркшейдерские наблюдения за сдвижением.

Abstract. Intent: basing on the instrumental survey measurement, to determine rate of tensile strain displacements in the rock mass.

Results. Results of the instrumental surveying monitoring of the rock mass and surface displacements were generalized, and on their basis, rate of deformation was determined. Interdependence between the rate of the deformation displacements, rate of the mine face drivage, depth of the mining operations and height of zone with the rock foliation was specified.

Scientific novelty. It is for the first time when, on the basis of instrumental observations, rate of the tensile strain displacement in the rocks with varying degrees of lithification was defined. Height of zone with the rock foliation in the undermined mass was determined on the basis of the established interdependence between the rate of deformations.

Practical significance. The obtained data on the rate of deformation displacement in the undermined rock mass makes possible to control rock pressure and to improve efficiency of mining operations and their safety.

Keywords: underground mining operations, rate of deformation, dynamic trough, surveying monitoring of displacement.

Статья поступила в редакцию 11.11.2016

Рекомендовано к публикации д-ром технических наук Бунько Т.В.