

УДК 622.831:622.272.3

УКРІПЛЕННЯ ПІДОШВИ ШТРЕКІВ, ЩО ПІДТРИМУЮТЬСЯ В ЗОНІ ЗРУЙНОВАНИХ ПОРІД, ЗА РАХУНОК ЇХ КОНСОЛІДАЦІЇ**О. О. Ісаєнков, І. Г. Сахно**

Державний вищий навчальний заклад «Донецький національний технічний університет»

пл. Шибанкова, 2, м. Покровськ, Донецька обл., 85300, Україна. E-mail: ivan.sakhno@donntu.edu.ua

Визначено актуальність проблеми забезпечення стійкості порід підшви гірничих виробок у світовій вугільній промисловості. Приведено результати шахтних візуальних спостережень за станом порід під час ведення підрибки, на основі чого зроблено висновок про блочно-дискретний стан приконтурних порід. Розвинуто напрямок підвищення несучої здатності порід у межах зони повного руйнування навколо гірничих виробок за рахунок їх силової консолідації. У загальному вигляді сформульовано розрахункову схему укріплення блочно-дискретних порід стисненням. Наведені результати розрахунку підвищення стійкості порід згідно із запропонованою схемою методами граничної рівноваги і скінчених елементів. У результаті аналізу визначено необхідний тиск для формування укріпленої зони встановленої форми і розмірів. Зроблено висновок про можливість досягнення встановлених рівнів тиску в породах приконтурної зони за допомогою сумішей саморозширення в процесі гідратаційного твердіння.

Ключові слова: гірничі виробки, підняття підшви, зрушення, зона непружних деформацій, зона руйнування, деформація.

УКРЕПЛЕНИЕ ПОЧВЫ ШТРЕКОВ, ПОДДЕРЖИВАЕМЫХ В ЗОНЕ РАЗРУШЕННЫХ ПОРОД, ЗА СЧЕТ ИХ КОНСОЛИДАЦИИ**А. А. Исаенков, И. Г. Сахно**

Государственное высшее учебное заведение «Донецкий национальный технический университет»

пл. Шибанкова, 2, г. Покровск, Донецкая обл., 85300, Украина. E-mail: ivan.sakhno@donntu.edu.ua

Определена актуальность проблемы обеспечения устойчивости пород почвы горных выработок в мировой угольной промышленности. Приведены результаты шахтных визуальных наблюдений за состоянием пород при ведении подрывки, на основе чего сделан вывод о блочно-дискретном состоянии приконтурных пород. Развито направление повышения несущей способности пород в пределах зоны полного разрушения вокруг горных выработок за счет их силовой консолидации. В общем виде сформулирована расчетная схема укрепления блочно-дискретных пород сжатием. Приведены результаты расчета повышения устойчивости пород согласно предложенной схеме методами предельного равновесия и конечных элементов. По результатам анализа определено необходимое давление для формирования укрепленной зоны установленной формы и размеров. Сделан вывод о возможности достижения давления установленных уровней в породах приконтурной зоны с использованием саморасширяющихся в процессе гидратационного твердения смесей.

Ключевые слова: горные выработки, пучение почвы, зона неупругих деформаций, зона разрушения, деформация.

АКТУАЛЬНІСТЬ РОБОТИ. Аналіз динаміки світового рівня видобутку вугілля свідчить, що незважаючи на зміну світових пріоритетів генерації енергії в бік відновлювальних джерел, істотного спаду виробництва не спостерігається [1]. Прогнози на найближчі десятиріччя свідчать, що вугілля як енергоресурс буде залишатися в тренді за будь-якого сценарію розвитку світової економіки. Світові тенденції виробництва і споживання вугілля свідчать, що цей сектор є прибутковим, ефективним і доволі сучасним, а відповідно він має бути пріоритетним для України, яка володіє значними запасами кам'яного вугілля, готовими до видобутку. Нажаль стан більшості вугільних шахт України не задовольняє світовому рівню, галузь потребує реконструкцій і впровадження сучасних технологічних і технічних рішень. Найгострішими є питання впровадження інноваційних енергоефективних технологій виймання корисних копалин і підтримання гірничих виробок. Щодня порушується ритмічність роботи підприємств, виникають додаткові обсяги робіт, не пов'язані з основною метою виробництва – видобутком вугілля.

Упровадження сучасних гірничих машин і комплексів не вирішують проблему, тому що довжина виробок, по яким транспортується вугілля, ведеться

доставка, подається і видається повітря сягає десятків кілометрів, не менше 25 % з яких не задовольняють паспортним вимогам. Наслідками незадовільного стану виробок є обвалення покрівлі, деформування і руйнування кріплення, порушення вимог вентиляції і нормативних актів з охорони праці. Найбільш поширеним видом деформацій контуру виробки є підняття підшви. Це явище притаманне не лише вітчизняній галузі, воно є актуальним для більшості басейнів, в яких видобуток вугілля ведуть підземним способом [2–4]. За різними оцінками близько 70–75 % дільничних штреків України незалежно від системи розробки і темпів посування лав потерпають від підняття підшви. Це явище також спостерігається в підготовчих виробках, збійках і квершлагах тощо.

Основним способом боротьби з підняттям підшви є підрибка порід. У більшості країн, що видобувають вугілля підземним способом, підрибка ведеться за допомогою спеціальних машин (рис. 1, а).

Нажалі стан механізації ремонтних робіт в Україні занадто низький, породопідривні машини і комбайни використовуються менше ніж на 10 % виробок. Тому відновлення контуру виробок ведеться переважно за допомогою відбійних молотків (рис. 1, б), або буропідривних робіт з ручним навантаженням гір-

ської маси на засоби транспортування. У зв'язку з цим вартість робіт з підривки занадто висока, а темпи менші ніж необхідні для нівелювання швидкості деформацій підосви.



а)



б)

Рисунок 1 – Загальний вигляд порід підосви при веденні підривок: а) конвеєрний штрек лави В–10 пл. 401 JSW S.A. KWK «Budryk», Польща (2016 р.), на відстані 30 м перед лавою; б) 10 збіяка конвеєрного і вантажно похилів пл. k_8 ш. ім. Димитрова, Україна (2015 р.)

Дослідження деформацій приконтурних порід у натурних умовах і візуальні спостереження, проведені авторами на шахтах Донбасу, свідчать про те, що породи приконтурної зони під час підривки знаходяться в дискретному стані [5]. Аналогічний висновок можна зробити зі світлин на рис. 1. Загальна висота підривки і підняття підосви у виїмкових штреках нерідко сягає проектної висоти штреку.

Для таких умов авторами запропоновано спосіб забезпечення стійкості гірничих виробок [6], ефект зміцнення в якому досягається за рахунок стиснення порід і підвищення тертя між породними фрагментами. Дана робота є розвитком досліджень з напрямку підвищення несучої здатності порід у межах зони повного руйнування навколо гірничих виробок за рахунок їх силової консолідації.

Мета роботи – теоретичне обґрунтування можливості реалізації запропонованих раніше рішень, а саме, визначення необхідного тиску для формування укріпленої зони встановленої форми і розмірів.

МАТЕРІАЛ І РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ. Відмінною рисою запропонованого способу є те, що при мінімальних витратах швидкотвердіючої суміші забезпечується створення в підосві виробки консолідованої породної зони в формі трикутної призми з вершиною трикутника основи, зверненою до підос-

ви виробки. При цьому зміцнюється не весь обсяг породи в межах створюваної зони, а лише обмежена зона. Для реалізації способу треба встановити необхідний тиск для формування стійкої укріпленої зони.

Для вирішення цих задач застосовувались методи граничної рівноваги і скінчених елементів.

Стверджувати, що консолідована укріплена зона у формі трикутної призми є стійкою можна за умови її стійкості в найнебезпечнішому перетині. Отже, для нашої задачі є область порід біля підстави трикутника основи призми. Розрахункова схема для описаного випадку наведена на рис. 2.

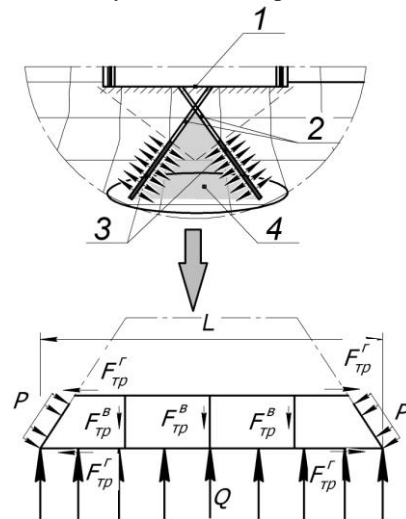


Рисунок 2 – Розрахункова схема формування сил у межах консолідованої зони: 1 – підосва штреку; 2 – шпунти; 3 – елементи, що створюють тиск; 4 – консолідована (укріплена) зона

Розглянемо задачу для одиничної товщини d .

Рівноважний стан області породного масиву по ширині L забезпечується за рахунок застосування розподіленого навантаження P (тиск суміші, що розширюється) по його краях на ділянці довжиною y . При цьому сумарні сили тертя по вертикальним межах породних блоків $F_{\delta\delta}^{\hat{a}}$ урівноважуються їх вагою з урахуванням додаткового навантаження, створеного тиском від зростання зони руйнування Q .

Ця умова записується у вигляді:

$$\frac{Q}{L \cdot d} = \Sigma F_{\delta\delta}^{\hat{a}} + \frac{P \sin \frac{\alpha}{2}}{y \cdot d}. \quad (1)$$

Сили тертя, що діють на межах породних блоків, дорівнюють:

$$F_{\delta\delta}^{\hat{a}} = \left(\frac{P \cos \frac{\alpha}{2}}{y \cdot d} - F_{\delta\delta}^{\hat{a}} \right) \cdot k_{\delta\delta} \cdot (n+1), \quad (2)$$

де $P \cos \frac{\alpha}{2}$ – проекція тиску матеріалу, що розширюється і стискає породні блоки на горизонтальну площу, Па; $P \sin \frac{\alpha}{2}$ – проекція тиску матеріалу, що розширюється і стискає породні блоки на вертикальну площу, Па; $F_{\delta\delta}^{\hat{a}}$ – горизонтальні сили тертя по

межах блоку, що стискається, H ; k_{mp} – коефіцієнт тертя породи о породу; n – кількість блоків, на які поділено породний шар:

$$F_{\delta\delta}^a = \frac{P \sin \frac{\alpha}{2}}{y \cdot d} \cdot k_{\delta\delta} + y \cdot d \cdot \sin \frac{\alpha}{2} \cdot L \cdot \gamma \cdot k_{\delta\delta} \cdot (3)$$

Тоді умова рівноваги (1) з урахуванням (2) і (3) набуде вигляду:

$$\frac{Q}{L \cdot d} = \left(\frac{P \cos \frac{\alpha}{2}}{y \cdot d} - \left(\frac{P \sin \frac{\alpha}{2}}{y \cdot d} \cdot k_{\delta\delta} + y \cdot d \cdot \sin \frac{\alpha}{2} \cdot L \cdot \gamma \cdot k_{\delta\delta} \right) \cdot k_{\delta\delta} \cdot (n+1) + \frac{P \sin \frac{\alpha}{2}}{y \cdot d} \right) \cdot (4)$$

$$P = \left(\frac{Q}{L \cdot d} + y \cdot d \cdot \sin \frac{\alpha}{2} \cdot L \cdot \gamma \cdot k_{\delta\delta}^2 \cdot (n+1) \right) \cdot \left(\frac{\cos \frac{\alpha}{2}}{y \cdot d} - \frac{\sin \frac{\alpha}{2}}{y \cdot d} \cdot k_{\delta\delta}^2 \cdot (n+1) + \frac{\sin \frac{\alpha}{2}}{y \cdot d} \right) \cdot (5)$$

Для визначення навантаження Q від зростання зони зруйнованих порід розглянемо наступну задачу.

Виробка круглої форми (рис. 3) радіусом R_1 пройдена на глибині H і підтримується кріпленням з несучою здатністю P_0 , що працює в режимі постійного опору. Прийнято припущення, що породи, які вміщують виробку, однорідні й ізотропні, напруження в недоторканому масиві прийняті гідростатичними – γH .

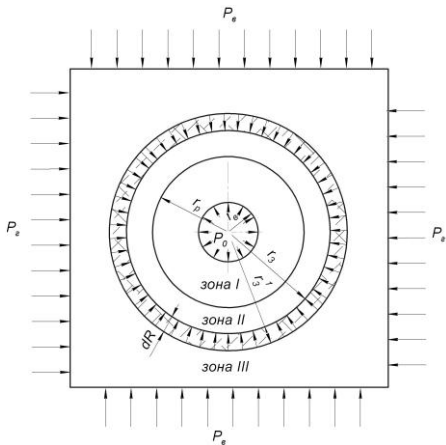


Рисунок 3 – Схема для розрахунку напружень навколо виробки

До моменту початку робіт навколо виробки утворилася зона крихкого руйнування з розміром r_p (ЗЗП – зона I), і продовжує формуватися зона пластичної течії. Її розмір становить r_3 . У результаті деформування порід у зонах крихкого руйнування і пластичної течії на величину dR до r_3 відбулися зміщення контуру виробки, та її радіус зменшився до r_1^* .

Для розв'язання задачі використовуємо методи теорії граничної рівноваги.

Стан порід у зоні I описується виразом:

$$\sigma_{\Theta 1} - (2\lambda + 1) \cdot \sigma_{r1} = \sigma_i^{in\delta} \cdot (6)$$

де $\sigma_{\Theta 1}$ і σ_{r1} – тангенціальні і радіальні діючі напруження відповідно; λ – коефіцієнт бокового розпору; $\sigma_i^{in\delta}$ – залишкова міцність порід у зоні I.

Залишкова міцність породи може бути визначена з виразу:

$$\sigma_i^{in\delta} = (2\lambda + 1) \cdot \sigma_r + \sigma_0 - E^* \cdot \varepsilon'_p \cdot (7)$$

де E^* – деформаційна характеристика, що описує кут нахилу спадаючої ділянки повної діаграми деформування; визначається за даними експериментальних досліджень з виразу:

$$E^* = \frac{\sigma_0 - \sigma_i^{in\delta}}{\varepsilon'_{\delta}} \cdot (8)$$

де $\varepsilon'_{\delta} = \varepsilon'_1$ – позамежна поздовжня деформація породи в I зоні.

Розподіл радіальних і тангенціальних напружень у зоні I описується виразами:

$$\sigma_{r1} = \left(P_0 + \frac{\sigma_i^{in\delta}}{2\lambda} \right) \cdot r^{2\lambda} - \frac{\sigma_i^{in\delta}}{2\lambda} \cdot (9)$$

$$\sigma_{\Theta 1} = (2\lambda + 1) \left(P_0 + \frac{\sigma_i^{in\delta}}{2\lambda} \right) \cdot r^{2\lambda} - \frac{\sigma_i^{in\delta}}{2\lambda} \cdot (10)$$

Відповідно до прийнятої робочої схеми, навантаження зміцненої області відбувається радіальними напруженнями σ_{r1} , тому в першому наближенні можна прийняти

$$Q = \sigma_{r1} = \left(P_0 + \frac{\sigma_i^{in\delta}}{2\lambda} \right) \cdot r^{2\lambda} - \frac{\sigma_i^{in\delta}}{2\lambda} \cdot (11)$$

тоді умова рівноваги набуде вигляду:

$$P = \left(\frac{\left(P_0 + \frac{\sigma_i^{in\delta}}{2\lambda} \right) \cdot r^{2\lambda} - \frac{\sigma_i^{in\delta}}{2\lambda}}{L \cdot d} + y \cdot d \cdot \sin \frac{\alpha}{2} \cdot L \cdot \gamma \cdot k_{\delta\delta}^2 \cdot (n+1) \right) \cdot \left(\frac{\cos \frac{\alpha}{2}}{y \cdot d} - \frac{\sin \frac{\alpha}{2}}{y \cdot d} \cdot k_{\delta\delta}^2 \cdot (n+1) + \frac{\sin \frac{\alpha}{2}}{y \cdot d} \right) \cdot (12)$$

На рис. 4 приведена залежність необхідного тиску розширення від ступеня руйнування масиву при укріпленій зоні в формі призми з підставою трикутника основи 4,8 м, кутом при його вершині 60 градусів, коефіцієнті тертя 0,45.

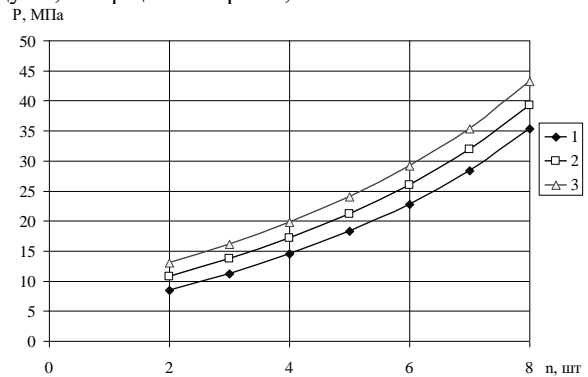


Рисунок 4 – Графіки залежності необхідного тиску розширення від кількості породних блоків у нижній частині зміцненої зони за остаточної міцності порід у межах ЗЗП: 1 – 10 МПа, 2 – 20 МПа, 3 – 30 МПа

З графіків видно, що найбільший необхідний тиск розширення для підтримання форми укріпленої зони в стійкому стані для змодельованої ситуації досягає 43 МПа.

Аналогічна задача в об'ємній постановці була вирішена за допомогою методу скінчених елементів у програмному комплексі ANSYS [7]. Задача вирішувалася в об'ємній постановці в масштабі 1:1.

На рис. 5 показана об'ємна розрахункова скінчено елементна модель з розбивкою на вузли. Рішення поставленого завдання здійснювалось за наступних припущень: породні фрагменти в межах зруйнованої зони за формою є паралелепіпедами з висотою, що дорівнює потужності породних шарів. Породні блоки мають пружні властивості.



Рисунок 5 – Загальний вигляд моделі скінчених елементів

Рівноважний стан області породного масиву за шириною L (рис. 2) забезпечується за рахунок застосування розподіленого навантаження P (тиск розширення) по його краях на ділянці u .

При вирішенні задачі варіювалися наступні параметри: розмір і кількість породних фрагментів $n=1-8$ (показник характеризує ступінь тріщинуватості порід), коефіцієнт тертя між фрагментами $k_{mp} = 0,1-0,8$, величина розподіленого навантаження на породні фрагменти, що стискаються, тиск з боку підшви на консолідовану зону. Були прийняті постійними пружні властивості порід, їх об'ємна вага.

Вирішувалася задача забезпечення стійкості конструкції з урахуванням можливості зміни взаємного положення породними фрагментами. Рішення проводилося методом послідовних ітерацій з урахуванням отриманих результатів на попередньому етапі рішення [8]. Отже, визначали мінімально необхідну величину розподіленого навантаження P для забезпечення цілісності системи.

Вихідні дані, прийняті для моделювання, взяті з кадастру фізичних властивостей гірських порід для умов Красноармійського вугленосного району для алеволіту з миттєвою міцністю на одновісний стиск в зразку – 35 МПа, приведені в табл. 1.

Таблиця 1 – Вихідні параметри для чисельного моделювання

Об'ємна вага γ , Н/м ³	Модуль пружності E , МПа	Кут внутрішнього тертя ϕ , град	Зчеплення C , Н/см ²
24000	2580	25	950

На рис. 6, 7 наведені результати розрахунку поставленого завдання при кількості породних фрагментів вісім і два відповідно. На рис. 6 наведені картини розподілу вертикальних зсувів, а на рис. 7 – картини еквівалентних напружень, розрахованих за енергетичною теорією міцності для восьми і двох блоків відповідно.

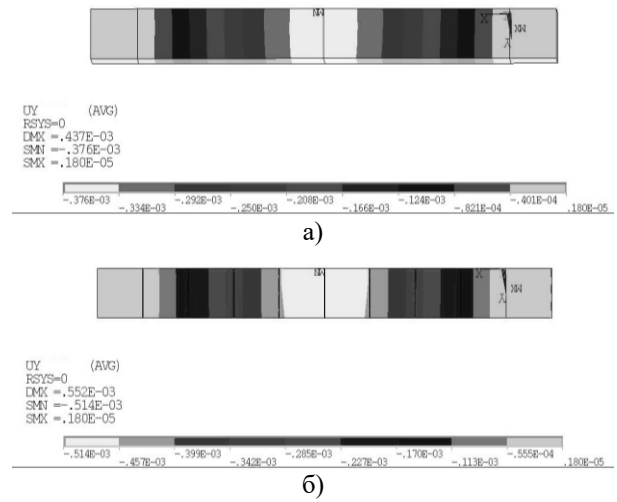


Рисунок 6 – Картини розподілу вертикальних деформацій при двох (а) і восьми (б) породних блоках в основі укріпленої зони

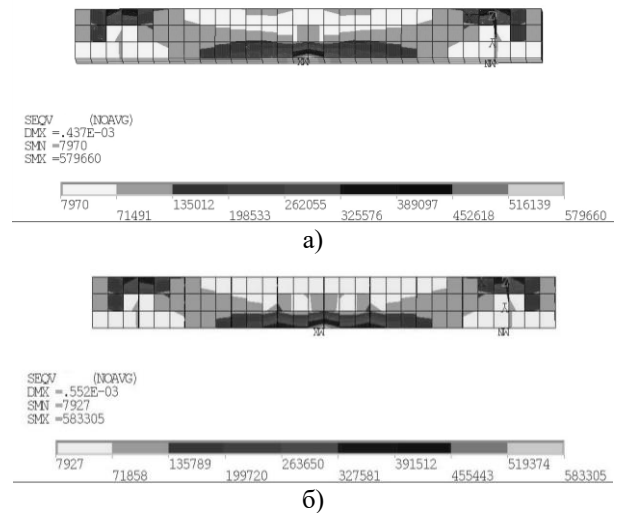


Рисунок 7 – Картини розподілу еквівалентних напружень при двох (а) і восьми (б) породних блоках в основі укріпленої зони

З рис. 6, 7 видно, що максимальні зміщення спостерігаються в центрі прольоту, що відповідає реальному механізму втрати стійкості в гірських породах. Максимальні напруження спостерігаються в кутах вигину шарнірної балки, що моделюється, і в центрі її частині нижче центральної осі, а мінімальні напруження в середині прольоту вище центральної осі, тобто в місці максимальних деформацій.

Аналогічні рішення були отримані для всього діапазону змін умов моделювання.

Результати проведеного чисельного експерименту оброблялися методами математичної статистики за допомогою пакету програм SPSS. Вибірка складалась із 60 значень.

Вихідними даними для моделювання були наступні показники: P – тиск на породні блоки матеріалом, що розширюється, МПа; Q – навантаження з боку підшви, кПа; k_{mp} – коефіцієнт тертя породи о породи; n – кількість блоків, на які поділено породний шар.

Проведений кореляційний аналіз дозволив установити зв'язок між показниками (табл. 2).

Таблиця 2 – Результати кореляційного аналізу

Вел-на	Кореляційний аналіз	Q , кПа	k_{mp}	n , бл	P , МПа
Q , кПа	Pearson Correlation	1	-0,056	0,008	0,840 (**)
	Sig. (2-tailed)		0,670	0,949	0,000
	N	60	60	60	60
k_{mp}	Pearson Correlation	-0,056	1	-0,006	-0,279 (*)
	Sig. (2-tailed)	0,670		0,963	0,031
	N	60	60	60	60
n , бл	Pearson Correlation	0,008	-0,006	1	-0,001
	Sig. (2-tailed)	0,949	0,963		0,992
	N	60	60	60	60
P , МПа	Pearson Correlation	0,840 (**)	-0,279 (*)	-0,001	1
	Sig. (2-tailed)	0,000	0,031	0,992	
	N	60	60	60	60

** Кореляція значима на рівні 0,01.

* Кореляція значима на рівні 0,05.

Дані табл. 2 свідчать, що зв'язок вище середнього спостерігається для пари $Q-P$, для якої характерна прямопропорційна залежність, кореляція значима на рівні 0,01. Для пари $k_{mp}-P$ є характерною зворотно-пропорційна залежність, на рівні 0,05. Параметр n не має кореляційного зв'язку з іншими показниками. Це віддзеркалюється у регресійній залежності (13), де параметр n не виступає як самостійний чинник.

Регресійний аналіз дозволив установити функціональний зв'язок між параметрами. З коефіцієнтом кореляції $R^2=0,806$ цей зв'язок виражається функцією:

$$P = 0,4 \left[\frac{Q(0,018k_{\delta\delta}^{-0,995} + 0,046k_{\delta\delta} \cdot \ln(n+1))}{-31,273n \cdot k_{\delta\delta}} \right]. \quad (13)$$

З урахуванням (11), вираз (13) набуває вигляду

$$P = 0,4 \left[\frac{\left(\left(P_0 + \frac{\sigma_i^{\text{н\ddot{o}}}}{2\lambda} \right) \cdot r^{2\lambda} - \frac{\sigma_i^{\text{н\ddot{o}}}}{2\lambda} \right)}{-31,273n \cdot k_{\delta\delta}} \cdot (0,018k_{\delta\delta}^{-0,995} + 0,046k_{\delta\delta} \cdot \ln(n+1)) \right]. \quad (14)$$

На рис. 8 приведена залежність необхідного тиску розширення від ступеня руйнування масиву при коефіцієнті тертя 0,45.

Різниця між отриманими залежностями (11) і (14) зумовлена неврахуванням у чисельній моделі сил тертя у горизонтальній площині, проте розраховані величини необхідного тиску P близькі за значенням (рис. 8).

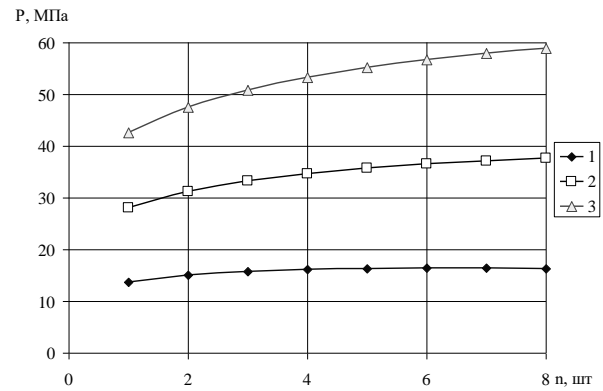


Рисунок 8 – Графіки залежності необхідного тиску розширення від кількості породних блоків при остаточній міцності порід у межах ЗЗП: 1 – 10 МПа; 2 – 20 МПа; 3 – 30 МПа

У результаті аналізу встановлено, що величини тисків, необхідні для формування укріпленої зони, досягають 58 МПа. Такі тиски можуть бути сформовані невибуховими руйнуючими сумішами [9, 10] при розташуванні їх в шпурах.

ВИСНОВКИ. У результаті проведених досліджень встановлено, що породи приконтурної області мають блочно-дискретну будову.

Аналіз розрахунків укріплення блочно-дискретних порід стисненням методами граничної рівноваги і скінчених елементів дозволив констатувати, що необхідний тиск для формування укріпленої зони в формі трикутної призми становить 50–60 МПа. Такі тиски можуть бути сформовані невибуховими руйнуючими сумішами, які випускаються вітчизняною промисловістю.

Подальші дослідження будуть спрямовані на обґрунтування технічної можливості реалізації наведеної концепції і впровадження її на дослідній ділянці.

ЛІТЕРАТУРА

- Conti J., Holtberg P., Diefenderfer J., LaRose A., Turnure, J.T. & Westfall L. International Energy Outlook 2016 With Projections to 2040.
- He M.C, Xie H.P, Peng S.P & Jiang Y.D. Study of rock mechanics in deep mining engineering // Chinese Journal of Rock Mechanics and Engineering. – 2005. – 24(16). – PP. 2803–2813.
- Wang J., Guo Z., Yan Y., Pang J., & Zhao S. Floor heave in the west wing track haulage roadway of the Tingnan Coal Mine: Mechanism and control // International Journal of Mining Science and Technology, – 2012. – 22 (3). – PP. 295–299.
- Zhao S.H., Zhao R.F. & Jiang Y.D. Support technology of roadway affected by mining located in extra soft rock // Ground Press Strata Control. – 1999. – 2. – PP. 19–21.
- Сахно І.Г., Ісаєнков О.О. Деформування і стан порід підшви підготовчих виробок // Вісті Донецького гірничого інституту. – 2016. – № 2. – С. 76–81.
- Rodzin S., Sakhno I., Isayenkov A. & Ostrowski K. Ochrona wyrobisk utrzymywanych w strefie skał spekanych w ukraińskich kopalniach węgla kamiennego // Polish Mining Review. – 2016. – 9 (72). – PP. 78–83.

7. ANSYS, Users Manual Version 10.0, Swanson Analysis System, Inc., Houston, Pennsylvania (2005).

8. Сахно И.Г. Численное моделирование геомеханических процессов с учетом их нелинейности // Проблемы гірського тиску. – Донецьк, 2012. – № 20–21. – С. 57–67.

9. ТУ У В.2.7–26.5–24478901–004:2007 Невибухова руйнуюча речовина. Технічні умови. – на замі-

ну ТУ У БВ 2.7.00030937.089397. Без обмеження терміну дії. – Харьков: Госстандарт. Харьковский центр стандартизации и аэрологии, 2007. – 14 с.

10. Патент 59940 Україна, МПК 51 С 04 В 7/00. Невибухова руйнівна речовина НРР–80 / Грибко В.Ф.; Щєбликін С.В., Палей А.В.; заявитель Грибко В.Ф. – № 2002129862; заявл. 09.12.02; опубл. 15.07.05, Бюл. № 7. – 6 с.

STRENGTHENING OF THE ENTRIES SOLES SUPPORTED IN THE AREA OF THE DESTROYED ROCKS DUE TO THEIR CONSOLIDATION

O. Isaenkov, I. Sakhno

«Donetsk National Technical University» Public higher education institution

pl. Shibankova, 2, Pokrovsk, 85300, Ukraine. E-mail: ivan.sakhno@donntu.edu.ua

Purpose. Theoretical substantiation of the possible formation of a locally reinforced zone due to the increasing friction between the individual blocks by marginal region sealing rocks compression. **Methodology.** Visual observation of the structural change of the rocks structure in the area of working repair, the analytical solution using the method of limit equilibrium, numerical simulation by finite element method. **Results.** The design scheme of block discrete breeds hardening of mining soil by compression, due to non-explosive destructive compounds expansion in holes has been proposed. The minimum required pressure for the established shapes and sizes hardened zone formation has been determined. **Originality.** The new resource-efficient method of mine working protection, which has no analogues, has been proposed. **Practical value.** Implementation of the proposed method of protection will provide operational condition of the mine working soils in the conditions of block discrete rocks during the entire period of post-repair operation. **Conclusions.** The calculation analysis- of block discrete breeds reinforcement by compression has allowed to ascertain that the required pressure for reinforced zone forming in the form of a triangular prism is 50-60 MPa. Such pressure can be formed under controlled hydration of non-explosive destructive compounds, which are produced by the domestic chemical industry. The results can be used in the future to improve the proposed method of development protection. References 10, figures 8.

Key words: excavation, base raising, shift zone, inelastic deformation, fracture zone, deformation.

REFERENCES

1. Conti J., Holtberg, P., Diefenderfer, J., LaRose, A., Turnure, J.T., & Westfall, L. (2016), *International Energy Outlook 2016 With Projections to 2040*.

2. He, M.C, Xie, H.P, Peng, S.P & Jiang, Y.D. (2005), Study of rock mechanics in deep mining engineering, *Chinese Journal of Rock Mechanics and Engineering*, vol. 24, no. 16, pp. 2803–2813.

3. Wang, J., Guo, Z., Yan, Y., Pang, J., & Zhao, S. (2012), Floor heave in the west wing track haulage roadway of the Tingnan Coal Mine: Mechanism and control, *International Journal of Mining Science and Technology*, vol. 22, no. 3, pp. 295–299.

4. Zhao, S.H, Zhao R.F & Jiang Y.D. (1999). Support technology of roadway affected by mining located in extra soft rock. *Ground Press Strata Control*, vol. 2, pp. 19–21.

5. Sakhno I., Isaenkov, O. (2016), Deformation and status rocks of soil mine roadways // *Proceedings of the Donetsk Institute of Mining*, iss.2, pp. 76–81.

6. Rodzin, S., Sakhno, I., Isayenkov, A. & Ostrowski, K. (2016), Ochrona wyrobisk utrzymywanych w strefie skał spekanych w ukraińskich kopalniach węgla kamiennego, *Polish Mining Review*, vol. 9, no. 72, pp. 78–83.

7. Ansys 10.0 Documentation (2005), Swanson Analysis Systems, Inc., Houston, USA.

8. Sakhno, I. (2012), Numeral design of geomechanical processes taking into account their non-linearity, *Ground control in mining*, vol. 20–21, pp. 57–67.

9. TTS U B.2.7–26.5–24478901–004:2007, Non-explosive destroying matter, Tts., on replacement, TTS U 2.7.00030937.089397. Without limitation of term of action. Kharkov: National standard. Kharkov center of standardization and aerology.

10. Pat. № 59940, UA MPK C 04 B 7/00 Nonexplosive destructive substance NDS-80; Gribko, V., Scheblykin, S., Palei, A., no. 2002129862; appl. 09.12.02, publ. 15.07.05; Bull. No. 7, Ukraine.

Стаття надійшла 24.10.2016.