

УДК 622.831: 624.121

Я.П. Бачуріна, С.В. Подкопаєв, Л.Л. Бачурін, В.В. Левіт

Донецький національний технічний університет, м. Луцьк, Україна

МОДЕЛЮВАННЯ ВПЛИВУ КЛИНОПОДІБНОЇ ФОРМИ ОСНОВИ ЛИТОЇ СМУГИ НА ЗДИМАННЯ ПІДОШВИ У ВИРОБЦІ

Наведені результати моделювання здимання підосви у пластовій виробці, яка охороняється литою смугою із клиноподібною формою основи.

Ключові слова: лита смуга, охорона гірничих виробок, здимання підосви

Одним із дієвих способів охорони виробок в разі необхідності залишення їх у виробленому просторі при комбінованих та стовпових системах розробки для повторного використання є спосіб охорони литими смугами. Оскільки лити смуги, як і тумби БЗБТ, відносяться до жорстких охоронних споруд, у загальному випадку їх застосування сприяє збільшенню величини зміщень порід підосви (так званий «ефект штампа»), однак, саме їх жорсткість забезпечує «обрізання» порід покрівлі та уникнення утворення консолей великих розмірів, тиск від яких здатний суттєво погіршити стан виробки [1]. Для зменшення цього ефекту, серед інших [2], застосовуються заходи, спрямовані на перерозподіл напружень у підосві виробок шляхом зміни форми охоронних споруд; зокрема, дослідниками ДонНТУ були запропоновані: використання тумб з формою, що відрізняється від прямокутної [3], заглиблення охоронної споруди у підосву виробки [4], використання схем розміщення охоронних споруд із компенсаційними порожнинами [5].

В рамках виконання досліджень за темою НДР № Н-7-20 «Комплексне дослідження стійкості бічних порід в вуглепородному масиві, що вміщує виробки», авторами було здійснено модельну оцінку ефективності застосування литої смуги з клиноподібною основою [6], принцип дії якої ґрунтується на переспрямуванні зусиль, що передаються на породи підосви через тиск порід покрівлі на литу смугу. Метою оцінки було порівняння

величини підняття підосви при охороні звичайною литою смугою та литою смугою з клиноподібною основою при різних її параметрах.

Було розглянуто пластовий підготовчий штрек, який обслуговує виймальну ділянку, охоронюваний литою смугою з боку виробленого простору після проходження очисного вибою (для використання в якості вентиляційного, або для повторного використання). З протилежного боку виробка охороняється масивом. Схему наведено на рис. 1.

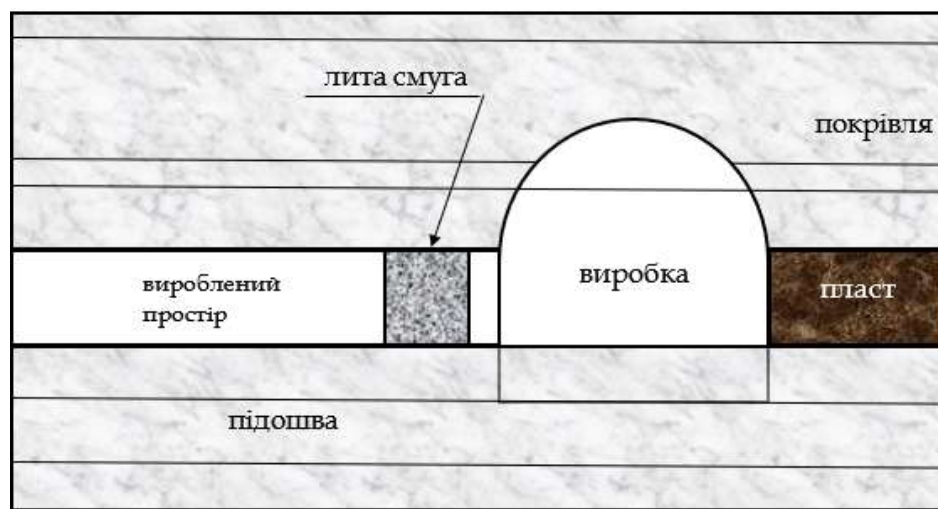


Рис. 1. Принципова схема охорони виробки литою смугою

Механізм перерозподілу зусиль при зміні форми основи литої смуги наведений на рис. 2 (для наочності смуги різної форми показані з обох боків виробки). Навантаження на охоронну споруду p_0 , через консольний характер зависання порід покрівлі, які спричиняють тиск на литу смугу, з певними спрощеннями можна представити як розподілене за трапецією. Його перенесення на породи підосви при клиноподібній формі основи відбувається з розкладанням сил на нормальну до основи складову p_n та на бокову компоненту p_b відповідно до розрахункової схеми для еквівалентних зосереджених сил, якими замінено розподілені сили, на рис. 2, б (при прямокутній формі, очевидно, напрямки сил не змінюється). Реакція опори та можливість сковзання основи в бік виробки призводить до

формування незначного бокового тиску з боку основи литої смуги в бік осі виробки (схему суперпозиції сил для утворення горизонтальної складової p_{δ} можна побудувати аналогічно). При моделюванні також було розглянуто і оригінальний варіант із орієнтацією основи литої смуги заглибленням в бік виробленого простору, згідно з [6].

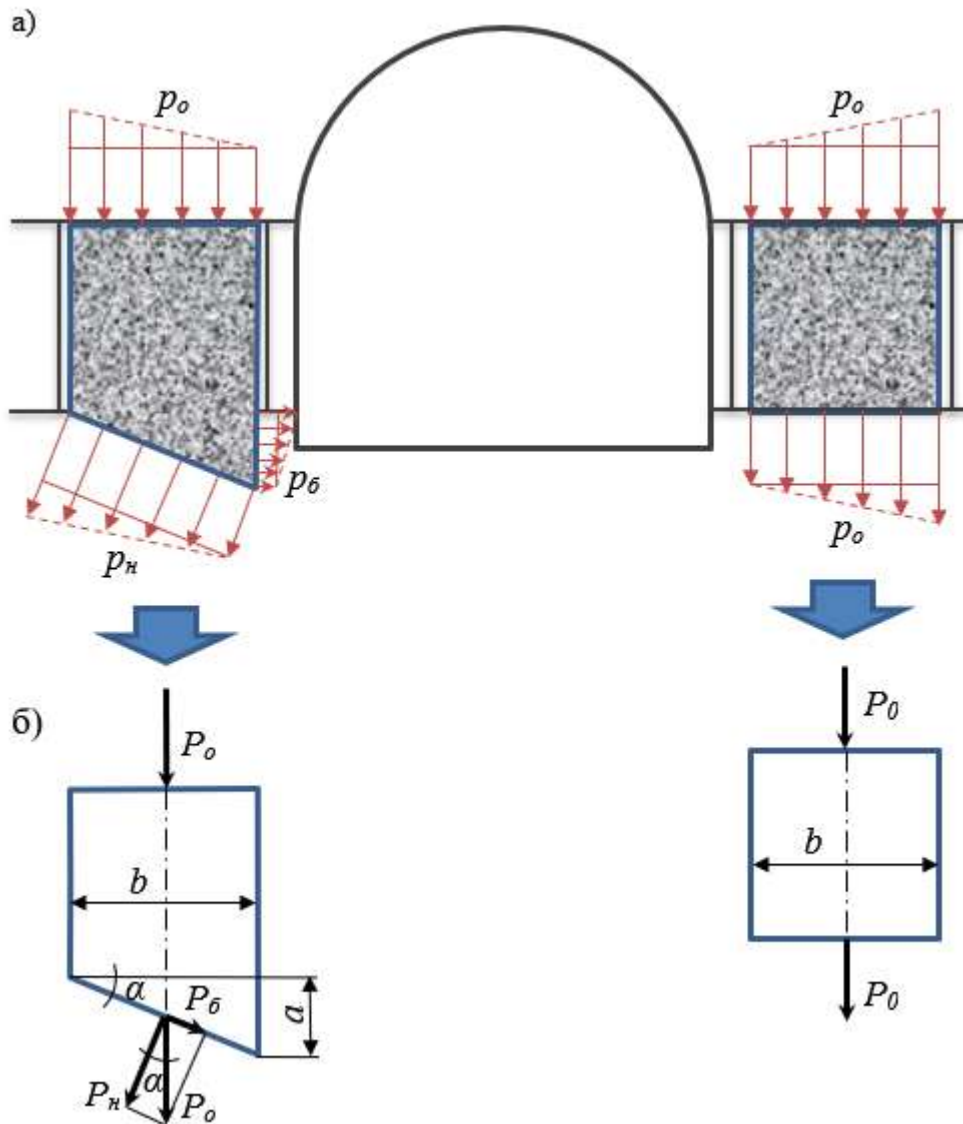


Рис. 2. Схема перерозподілу сил

Для моделювання використано безкоштовну пробну версію програмного забезпечення Rocscience RS2. Схему вуглепородного масиву, в межах якого моделювалася виймальна ділянка з підготовчими штреками, які її оконтурюють, наведено на рис. 3 (модельований штрек – праворуч). Застосовано стадійну модель: стадія 1 – виробки у масиві; стадія 2 –

виймання пласту між виробками; стадія 3 – вироблений простір заповнюється обваленими породами (застосовується матеріал із спеціальними характеристиками), утворюються заглиблення для литих смуг; стадія 4 – сформовано литі смуги, підтримання виробок.

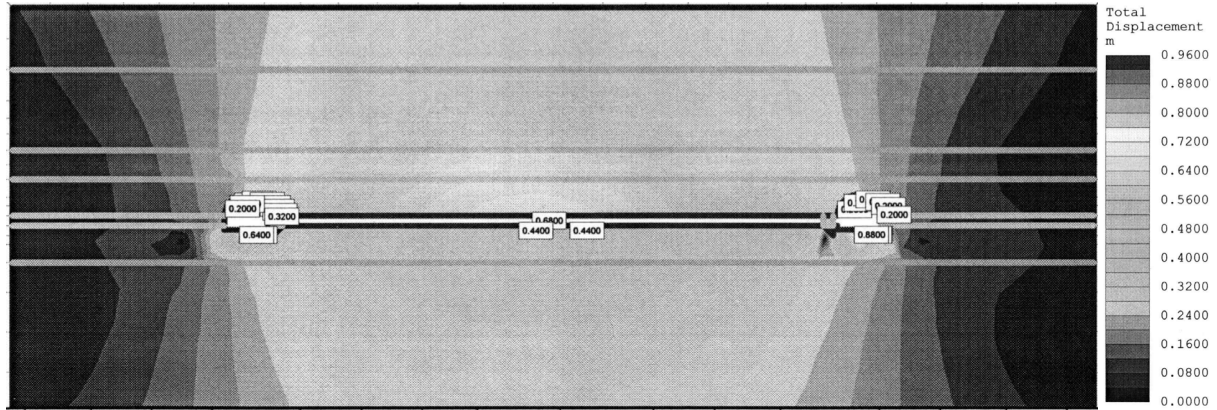


Рис. 3. Загальний вигляд розрахункової схеми із полем вертикальних зміщень

Шари порід з межами (використані стандартні контактні параметри, запропоновані за замовчанням), товщина пласта – 1,2 м, виробка аркового перетину з рамним металевим податливим кріпленням, площа перетину у світлі – 12,4 м². Ширина литої смуги $b = 1$ м. Фізико-механічні властивості матеріалів моделі наведено у таблиці 1:

Таблиця 1 – Фізико-механічні властивості матеріалів моделі

Шар	Матеріал	Питома вага, МН/м ³	Модуль Юнга, МПа	Коеф. Пуассона	Критерій руйнування	Кут внутр. тертя, град.	Зчеплення, МПа
Безпосередня покрівля	Пісковик	0,025	5000	0,21	Мора-Кулона	35	5,0
Пласт	Вугілля	0,015	500	0,30	Мора-Кулона	25	2,5
Безпосередня підосва	Аргіліт	0,026	1550	0,23	Generalized Hoek-Brown (Узагальнений Хоека-Брауна)*		
Основна підосва	Алевроліт	0,026	2800	0,23	Мора-Кулона	30	6,0
Вироблений простір	Зруйновані породи	0,020	2000	0,025	Generalized Hoek-Brown (Узагальнений Хоека-Брауна)**		
Охоронна споруда	Лита смуга	0,022	10000	0,25	Мора-Кулона	34	7,8

*) ICS = 20 МПа, mb = 0,670709, s = 0,003866, a = 0.505734, Dilation param = 0

**) ICS = 7.5 МПа, mb = 6, s = 1, a = 0.5, Dilation param = 1,5

Результати моделювання для різних форм основи литої смуги наведено у таблиці 2:

Таблиця 2 – Величина підняття підосви при різних формах литої смуги

Форма литої смуги	Співвідношення сторін заглиблюваної основи (b:a)	Максимальне підняття підосви в центрі виробки, м	Примітка
	—	0,80	
	1 : 0,4	0,77 (-3,7%)	Нахил в бік виробки
	1 : 1	0,88 (+10%)	
	1 : 0,4	0,74 (-7,5%)	Нахил у бік виробленого простору (від виробки) (відповідно до [6])
	1 : 1	0,77 (-3,7%)	

Висновки. Авторами способу [6] обґрунтовано ефект від його застосування через запобігання зрушенню литої смуги внаслідок підпирання обрушених порід з виробленого простору, але, як видно із результатів моделювання, надання основі литої смуги клиноподібної форми також призводить до зменшення підняття підосви саме внаслідок перерозподілу напружень, але цей ефект суттєво залежить від напрямку та кута нахилу основи смуги. Зворотний ефект (збільшення підняття підосви) виникає при сильному заглибленні смуги із нахилом основи в бік виробки (цікаво, що при такому розташуванні, очевидно, існує діапазон співвідношень сторін заглиблюваної основи, в межах якого підняття підосви зменшується – але в межах проведеного авторами моделювання його визначити неможливо).

Список літератури

1. Sakhno, I., Sakhno, S. V., & Kamenets, V. I. (2022). Stress environment around head entries with pillarless gobside entry retaining through numerical simulation incorporating the two type of filling wall. IOP Conference Series, 1049(1), 012011. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1049/1/012011>

2. Яланский, А.А., Слащев, И.Н., Слащева, Е.А., Селезнев, А.М., & Арестов, В.В. (2018). Разработка новых способов охраны подготовительных горных выработок литыми полосами. *Геотехнічна механіка*, 141, 3–17. <https://doi.org/10.15407/geotm2018.141.003>
3. Негрей, С. Г., Мокриенко, В. Н., & Курдюмов, Д. Н. (2013). Изучение влияния формы охрannого сооружения возводимого вдоль подготовительной выработки, проведенной вслед за лавой, на механизм смещений подстилающих его пород. *Материалы конференции “Перспективы развития строительных технологий”*. С. 65-68.
4. Nehrii, S., Nehrii, T., Zolotarova, O., Aben, K., & Yussupov, K. (2021). Determination of the parameters of local reinforced zones under the protection means. *E3S Web of Conferences*, 280, 08018. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202128008018>
5. Nehrii, S., Nehrii, T., & Yefremov, I. (2020). DETERMINATION OF PARAMETERS OF DETACHED ROCK PACKS WITH COMPENSATION VOIDS. *Вісті Донецького Гірничого Інституту*, 2, 58–71. <https://doi.org/10.31474/1999-981x-2020-2-58-71>
6. Селезньов, А. М., Скіпочка, С. І., Яланський, А. О., Паламарчук, Т. А., Трипольський, В. М., & Інститут геотехнічної механіки ім. М.С. Полякова НАН України. (2017). Спосіб зведення литої смуги (Patent No. 118439). ДП “Український інститут інтелектуальної власності”.