

ОБГРУНТУВАННЯ НОВОЇ СХЕМИ ВИБУХОВОЇ ВІДБІЙКИ ПОРОД ПРИ ПРОВЕДЕННІ ВЕРТИКАЛЬНИХ СТВОЛІВ ШАХТ

О. В. Солодянкін, О. Є. Янкін

Державний ВНЗ «Національний гірничий університет»

просп. К. Маркса, 19, м. Дніпропетровськ, 49027, Україна. E-mail: solodyankinO@nmu.org.ua, sieges@ua.fm

Показано, що при існуючих параметрах буропідривної технології при проведенні стволів руйнування по глибині заходки нерівномірно, а по контуру – завищено. Це викликає руйнування контуру ствола в нижній частині заходки і призводить до переборів. Запропоновано нову схему відбійки порід при проведенні вертикальних стволів шахт. Особливістю нової схеми є уступна форма забою з відставанням контурних шпурів від основного комплексу шпурів. Обгрунтована чисельна модель для вивчення напружено-деформованого стану призабойної частини ствола. Виконані чисельні дослідження з визначення ефективної висоти уступу, при якому руйнування контуру ствола в нижній частині заходки не відбувається. Встановлена залежність коефіцієнта стійкості приконтурного масиву порід від висоти уступу в забої ствола. Надані рекомендації щодо зниження величини переборів при проведенні буропідривних робіт у стволах.

Ключові слова: вертикальний ствол, буропідривні роботи, якість оконтурювання, чисельні дослідження.

ОБОСНОВАНИЕ НОВОЙ СХЕМЫ ВЗРЫВНОЙ ОТБОЙКИ ПОРОД ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ВЕРТИКАЛЬНЫХ СТВОЛОВ ШАХТ

А. В. Солодянкин, А. Е. Янкин

Государственный ВУЗ «Национальный горный университет»

просп. К. Маркса, 19, г. Днепропетровск, 49027, Украина. E-mail: solodyankinO@nmu.org.ua, sieges@ua.fm

Показано, что при существующих параметрах буровзрывной технологии при проведении стволов разрушение по глубине заходки неравномерно, а по контуру – завышено. Это вызывает разрушение контура ствола в нижней части заходки и приводит к переборам. Предложена новая схема отбойки пород при проведении вертикальных стволов шахт. Особенностью новой схемы является уступная форма забоя с отставанием оконтуривающих шпуров от основного комплекта шпуров. Обоснована численная модель для изучения напряженно-деформированного состояния призабойной части ствола. Выполнены численные исследования по определению эффективной высоты уступа, при котором разрушения контура ствола в нижней части заходки не происходит. Установлена зависимость коэффициента устойчивости приконтурного массива пород от высоты уступа в забое ствола. Даны рекомендации по снижению величины переборов при проведении буровзрывных работ в стволах.

Ключевые слова: вертикальный ствол, буровзрывные работы, качество оконтуривания, численные исследования.

АКТУАЛЬНІСТЬ РОБОТИ. Буропідривний спосіб сьогодні залишається основним при виїмці гірських порід. У Донбасі всі вертикальні стволи проходять із застосуванням буропідривної технології. Питома вага цих робіт у загальному обсязі прохідницького циклу складає до 40...50 % [1]. Основними параметрами буропідривних робіт (БІР) при проходці вертикальних стволів є: питома витрата вибухової речовини (ВР), кількість, глибина і розташування шпурів.

Контур породних стінок при буропідривній проходці має складний рельєф у вигляді випадково розташованих нерівностей – виступів і западин. При цьому характерними є перебори породи, тобто зайве руйнування приконтурних порід, що перевищують проектні розміри ствола.

За даними [2] середньозважені лінійні перебори для стволів з бетонним кріпленням складають 100...300 мм, максимальні – 400...450 мм. Обсяг переборів породи на 1 м ствола в основному коливається від 2 до 4,4 м³ (7...17,1 %) , іноді досягаючи 6 м³ (27,3 %), у 1,5...2 рази перевищуючи допустимі значення. Це збільшує витрати праці й часу на прибирання породи і викликає перевитрату бетону, збільшуючи його в 1,5...2 рази, порівняно з проектним обсягом.

Нерівності породного контуру ствола, крім цього, погіршують умови роботи кріплення. Так, при використанні як кріплення тубінгів або збірних залізобетонних елементів, нерівності стінок стають причиною нерівномірних тисків на кріплення, появи небезпечних зосереджених навантажень, що призводять до деформацій і руйнування кріплення. При значних нерівностях і порушеннях суцільності породного контуру, провокується розвиток руйнувань вглиб масиву, викликаючи відшарування породи, вивали, що обумовлює проведення вельми трудомістких і дорогих робіт із ремонту виробки.

Все приведенне свідчить про актуальність дослідження питань більш гладкого оконтурювання бічних стін вертикальних стволів при виконанні буропідривних робіт і розробці ефективних заходів, що дозволять знизити величину нерівностей і ступінь порушеності приконтурного масиву порід.

Метою роботи є обгрунтування параметрів способу вибухової відбійки при проведенні вертикальних стволів, що знижує величину руйнувань і переборів у бічних стінах ствола від дії контурних шпурів.

МАТЕРІАЛ І РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ. Нерівномірність руйнування бокових стін ствола може бути пояснена різними умовами руйнування породи по довжині контурного шпуру. В [3] наведена прин-

ципова схема характеру руйнування порід буропідривним способом при проведенні горизонтальних виробок (рис. 1).

Ділянка I біля устя шпуру руйнується практично при двох поверхнях оголення 1 і 2, причому знаходиться в зоні, яка вже піддавалася дії вибуху донної частини шпурів попередньої заходки.

Зазвичай відстань від устя контурних шпурів до проектного контуру виробки коливається від 20 до 60 см. Глибина стаканів 9 контурних шпурів дорівнює, як правило, 20...40 см, іноді більше. Внаслідок цього вибух руйнує породу не тільки по лінії контурних шпурів у бік забою, а й за обуреним контуром, тобто в бік масиву. Руйнування поширюється на деяку глибину h , яка приблизно дорівнює відстані між донною частиною контурних шпурів попередньої заходки і устям контурних шпурів у новій заходці, а іноді трохи перевищує вказану відстань.

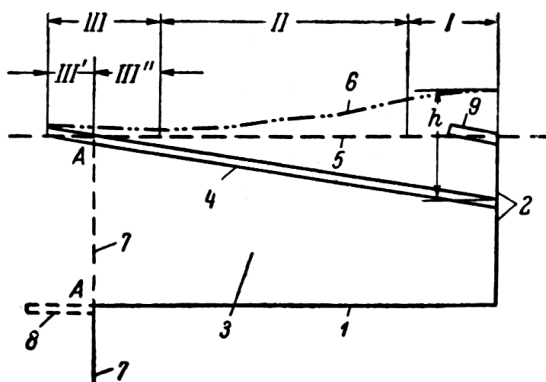


Рисунок 1 – Принципова схема різних зон руйнування по довжині контурного шпуру. I, II, III – зони, що зруйновані; 1, 2 – площини оголення; 3 – шар породи, відбитий контурними шпурами; 4 – контурний шпур; 5 – проектний контур виробки; 6 – фактичний контур виробки; 7 – площа вибою наступної заходки; 8, 9 – стакани відповідно відбійного і контурного шпурів

Віддаляючись від устя до дна контурних шпурів вплив другої поверхні оголення 2 на руйнування породи зменшується. З достатнім ступенем точності можна вважати, що в середній частині шпурового заряду II руйнування відбувається вже при одній оголеній поверхні, причому на ділянці, що практично не піддається дії вибуху донної частини контурних шпурів попередньої заходки. Природно, що перебір породи тут помітно зменшується.

На ділянці III у донній частині контурних шпурів руйнування породи відбувається в особливих умовах. Та частина заряду III', яка розташована безпосередньо в донній частині шпуру, що залишається потім у вигляді стакана, вибухає практично за відсутності поверхні оголення. Результатом вибуху цієї частини заряду є деяке порушення суцільності навколишнього масиву. Зазвичай дно контурних шпурів виводять за проектний конур виробки на 20...30 см, а іноді й більше. Дія вибуху частини заряду III'', що безпосередньо прилягає до площі забою, спрямована на відрив по-

роди по лінії контурних шпурів (з невеликим перебором) і на різі по лінії А–А'.

Проведення буропідривних робіт у вертикальних виробках має свою специфіку. На відміну від горизонтальних виробок на даний час для стволів характерна глибина заходки близько 4,0 м при глибині шпурів 4,2...4,4 м. Шпуровий заряд при використанні патронів діаметром 45 мм займає приблизно половину довжини шпуру.

У зв'язку з цим для визначення ступеня відповідності схеми руйнування бічних порід за глибиною шпуру для горизонтальних і вертикальних виробок, в забої повітроподавального ствола № 2 на АП «Шахта ім. А.Ф. Засядька» був проведений комплекс візуальних обстежень стану породних оголень після виконання буропідривних робіт.

Виконані обстеження показали, що основною причиною переборів породи при проходці є існуюча технологія ведення буропідривних робіт. Значна концентрація надлишкової енергії ВР у контурних шпурах внаслідок застосування в них зарядів збільшеного діаметру і щільного заряджання викликає додаткові перебори і руйнування оголень в стволах до закріплення їх монолітним бетоном. Тим часом, при проходженні стволів існує практика збільшення зарядів саме в нижній частині шпуру (за рахунок більш потужних патронів ВР, застосування зворотного ініціювання та ін.) з метою збільшення КВШ, кращого дроблення породи, посиленого розпушування нижньої частини масиву, що підривається, для підвищення продуктивності й повноти механізованого навантаження.

Слід зазначити також, що на сформованому контурі виробок, пройдених буропідривним способом, місця переборів породи виявляються областями перенапруженими. Величини додаткової концентрації напружень в зонах вивалів перебувають у прямій залежності від їх глибини. Крім того, руйнування порід в оголеннях, викликані вибуховими роботами, впливають на їх стан, зумовлюючи додаткові відшарування, вивали, а, в кінцевому рахунку, зниження стійкості породного контуру.

Таким чином, якісна картина руйнування породи по довжині контурних шпурів при звичайному методі ведення буровибухових робіт у прохідницькому забої як горизонтальних, так і вертикальних виробок схожа, хоча і має певні відмінності, зумовлені довжиною шпуру (заходки) і довжиною заряду. Підривання і руйнування породи в будь-яких виробках відбувається не в однакових умовах: найбільш сприятливих біля устя і найменш сприятливих – у дна шпурів. Тому при однаковій величині заряду на одиницю довжин шпурів обсяг руйнування (отже, і перебір породи) закономірно збільшується в глибині масиву, у дна контурних шпурів. Більшою мірою це виявляється в стволах. Крім того, подвійний вплив вибуху в зоні розташування стаканів (дна шпуру) призводить до переборів породи саме в цій зоні. Це необхідно враховувати при контурному підриванні і вживати заходів до забезпечення однакових умов

руйнування породи по всій довжині контурних шпурів. Для цього потрібно зводити до мінімуму глибину стаканів, розташовувати контурні шпури можливо ближче до проектного контуру виробки і точно виводити на останній дно кожного контурного шпуру. Потрібно також вживати заходів до зменшення впливу площин А-А, що утруднюють руйнування масиву в зоні III і викликають, тим самим, необхідність збільшення донної частини заряду.

Це може бути досягнуто, по-перше, за рахунок правильного розташування найближчого ряду відбійних шпурів, по-друге, за рахунок зміщення по довжині контурних шпурів відносно інших шпурів комплексу (з тим, щоб виїмка центральної частини вибою випереджала відбійку приконтурного шару). По-третє, вимоги якості оконтурювання обумовлюють необхідність зниження величини зони тріщиноутворення, що може бути досягнуто шляхом застосування зарядів ВР зменшеного діаметра або зниження тиску в зарядній камері за рахунок спеціальних конструкцій зарядів (розосереджених).

У [3, 4] для підвищення якості оконтурювання горизонтальної виробки, зниження переборів і порушень приконтурного масиву від підривання контурних шпурів пропонується переміщення дна контурних шпурів у бік від забою. У [3] дно контурних шпурів зміщували на 20...30 см від площини забою, що дало позитивний результат. У [4] зміщення рекомендується робити рівним приблизно половині величини посування забою (рис. 2).

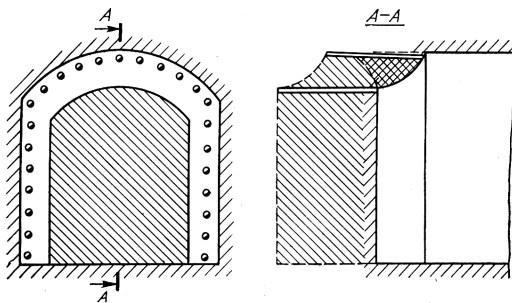


Рисунок 2 – Схема розташування шпурів з переміщенням контурних шпурів у бік від забою

У [3] цей спосіб також рекомендується при проведенні вертикального ствола (рис. 3).

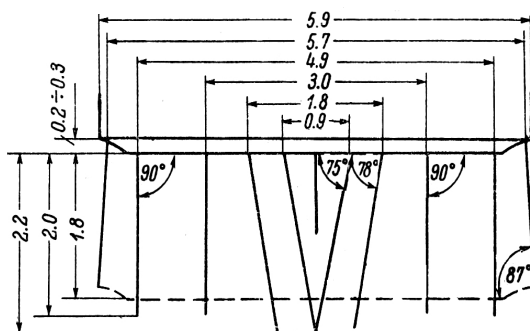


Рисунок 3 – Схема розташування шпурів паспорта БПР на проходку шахтного ствола

Величина відставання дна контурних шпурів від вибою ствола прийнята 20...30 см. Даних щодо ефективності застосування даного паспорта БВР не наводиться. Слід також зазначити, що запропоновані параметри цього паспорта не можуть бути рекомендовані для сучасної технології проведення вертикальних стволів. У розглянутому випадку діаметр ствола начорно $D_{\text{нч}} = 5,9$ м, довжина заходки $l_{\text{зак}} = 1,8$ м, довжина основного комплексу шпурів – $l_{\text{шп}} = 2$ м.

У зв'язку з цим, необхідно проведення досліджень ефективності способу відбійки породи зі зміщенням (відставанням) дна контурних шпурів від забою з урахуванням сучасних параметрів і вимог буропідривної технології проходки стволів.

Розглянемо схему розташування шпурів і основні параметри буропідривних робіт стосовно до умов проходки повітроподавального ствола № 2 на АП «Шахта ім. А.Ф. Засядька» (рис. 4). Діаметр ствола начорно $D_{\text{нч}} = 8$ м, довжина заходки $l_{\text{зак}} = 4,0$ м, довжина основного комплексу шпурів – $l_{\text{шп}} = 4,2$ м.

Відмінні ознаки схеми розташування шпурів, що пропонується, від традиційної наступні.

1. Контурні шпури розташовуються по одній окружності і відстають від комплексу врубових і відбійних шпурів на величину h_y . Висота уступу, на відміну від схеми, запропонованої в [3] (рис. 3), повинна бути рівною, ймовірно, $h_y = 0,5...1,5$ м. При меншій висоті ефект від зміщення не буде відчутним, а з більшою висотою уступу виникнуть технологічні труднощі, пов'язані з бурінням шпурів, навантаженням породи і т.д.

2. Довжина контурних шпурів за рахунок переміщення їх дна із зони найбільш «затиснутих» порід зменшена і дорівнює довжині заходки $l_k = l_{\text{зак}} = 4,0$ м (для них КВШ дорівнює 1,0).

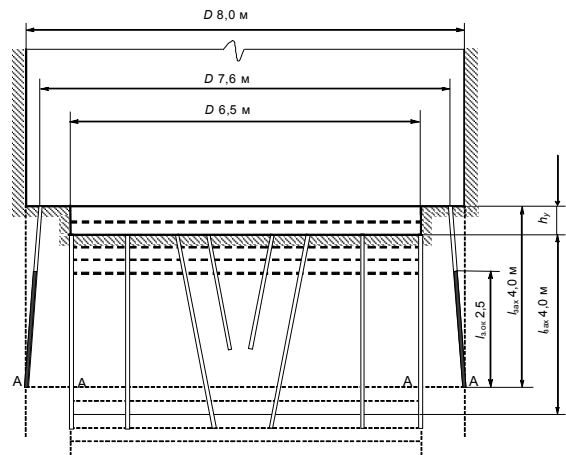


Рисунок 4 – Пропонована схема розташування шпурів для умов проходки повітряподавального ствола № 2 на АП «Шахта ім. А.Ф. Засядька»

3. Контурні шпури мають зменшений заряд. При цьому заряд розташовується на більшій довжині шпуру (2,5 м) за рахунок застосування дерев'яних брусків, що встановлюються між патронами ВР. Передача детонації при цьому здійснюється відріз-

ком ДШ. Цей прийом дозволяє збільшити об'єм зарядної камери і, відповідно, зменшити тиск газів вибуху.

4. Зовнішнє коло з відбійними шпурами розташоване ближче до контурних для полегшення відриву породи останніми. Ширина уступу після підривання основного комплексу шпурів становить $b_y = 0,75$ м.

Перевагою схеми є зменшення руйнування бокових порід у нижній частині контурних шпурів. Крім цього, усувається присутній в традиційних схемах підривання подвійний вплив вибуху зарядів у нижній частині заходки. Верхня частина контурних шпурів, яка не має заряду, не впливає на бокову поверхню ствола, а уступ «зрізується» при підриванні всього комплексу шпурів, не утворюючи переборів.

Вирішення задачі визначення раціональної висоти уступу в аналітичній постановці неможливо внаслідок досить складної розрахункової схеми і великої кількості факторів, що впливають. Більш ефективним і достовірним методом є експериментальний, що виконується в конкретних гірничо-геологічних умовах безпосередньо при проведенні шахтного ствола. Проте, для визначення параметрів схеми розташування шпурів з уступної формою забою, необхідні обґрунтовані дані про можливу висоту уступу. Найбільш зручним у даному випадку є чисельний метод досліджень, який дозволяє вирішувати аналогічні геомеханічні задачі з достатнім рівнем точності.

Розглянемо можливість вирішення цієї задачі в пласкій постановці, обмежившись оцінкою вибухового впливу на лінію проектного контуру ствола тільки контурних шпурів. При цьому протяжна частина ствола як об'єкта досліджень не розглядається, вивченню піддається тільки його торцева частина – забій. При такому підході ствол може бути поданий пласкою моделлю у вигляді щілини, шириною, що дорівнює діаметру ствола в проходці $D_{тр}$.

Оскільки шахтний ствол є капітальною виробкою з тривалим терміном експлуатації, закріпленою жорстким монолітним бетонним кріпленням, фіксуємо стіни ствола по всій довжині, за винятком призабіної частини, де, відповідно до технології проходки, знаходиться незакріплена частина ствола, опалубка з шойно укладеним бетоном і кріпленням із монолітного бетону, що набирає міцність.

Згідно з результатами досліджень С.В. Борщевського, набір міцності бетону, після якої кріплення може створити достатній відпір зміщенням породного масиву, відбувається після п'яти діб, що відповідає відстані від опалубки до забою 20...30 м при поточній технології [5]. З урахуванням цих даних приймаємо протяжність незакріпленої частини ствола від лінії забою рівною 24 м.

Розміри досліджуваної області мають бути такими, щоб виключити вплив крайових ефектів.

Оскільки метою досліджень є вивчення ступеня впливу тільки контурних шпурів, для чистоти експерименту доцільно виключити вплив вибухового впливу врубових і відбійних шпурів. При цьому можна вважати, що руйнуюча дія при їх підриванні не впливає на проектний контур ствола, а діє тільки в зоні, обмеженій периметром їх розташування. Сам вибуховий вплив контурних шпурів в моделі може бути представлений виходячи з таких міркувань.

Радіальний тиск газів вибуху $P_{ВВ}$ може бути розкладений на ортогональні складові (рис. 5). Припустимо вважати, що складові тиску, спрямовані у бік сусідніх контурних шпурів не впливають на руйнування контуру ствола, а їх спільний вплив формує кільце, також симетричне відносно вертикальної площини, що проходить через центр ствола.

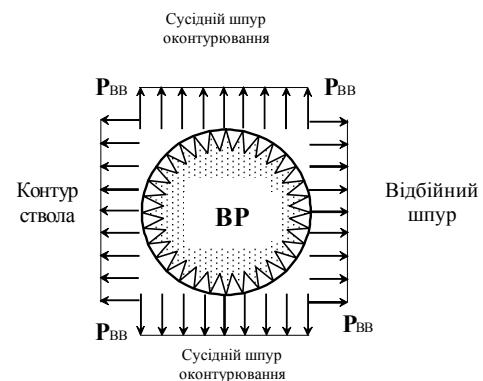


Рисунок 5 – Схема, яка характеризує дію вибуху заряду контурних шпурів

Таким чином, в пласкій моделі дія вибуху в шпурі може бути представлена у вигляді рівномірно прикладеного навантаження по довжині шпуру, що відповідає тиску газів вибуху.

Відповідно до [6], тиск у зарядній камері шпуру при щільності заряджання $\Delta = 800$ кг/м³ складає $P = 320$ МПа. Як було сказано вище, для розглянутої схеми, завдання якої знизити ступінь руйнування бокових стін ствола, приймається зменшений шпуровий заряд при збільшенні довжини зарядної камери з 1,8 до 2,5 м. Тиск у шпурі при цьому знижується до 160 МПа.

Для виконання досліджень використовуємо програмний комплекс «Phase 2». Розрахункова схема і скіченно-елементна модель для розглянутих умов наведена на рис. 6. Розглядається ділянка вертикального ствола, забій якого розташований на глибині 1000 м. Ствол діаметром 8 м (ширина щілини) моделюється в однорідному породному масиві. Розміри області масиву порід становлять 200×200 м. Досліджувана область апроксимована трикутними кінцевими елементами. Міцність вміщуючих порід $f = 10$. Фізико-механічні параметри для побудови моделі наведені в табл. 1.

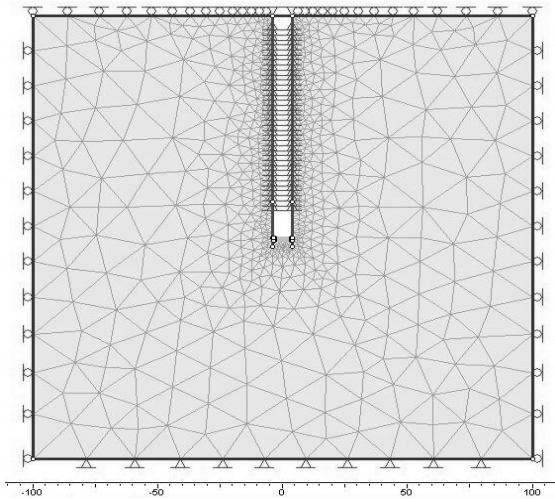


Рисунок 6 – Розрахункова схема і скінченно-елементна модель

Зовнішній масив замінений вертикальними і горизонтальними розподіленими навантаженнями γH , де γ – середньозважена об'ємна вага порід; H – глибина закладення виробки. Розглядаємо гідростатичне поле напружень ($\lambda = 1,0$).

Як критерій руйнування приймаємо узагальнений критерій Хюека-Брауна [7]:

$$\sigma_1 = \sigma_3 + \sigma_{ci} \left(m_b \frac{\sigma_3}{\sigma_{ci}} + s \right)^a \quad (1)$$

де σ_1 і σ_3 – максимальні і мінімальні напруження в масиві; m_b – константа Хюека-Брауна для породного масиву ($m_b = 1,677$); s и a – постійні величини, що враховують генезис і стан (якість) породного масиву ($s = 0,003866$, $a = 0,505734$); σ_{ci} – межа міцності на одноосьовий стиск масиву порід в інтактному стані ($\sigma_{ci} = 100$ МПа).

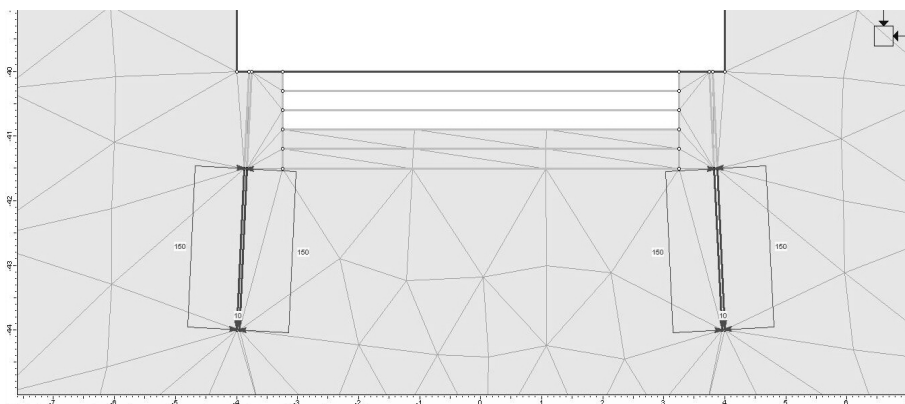


Рисунок 7 – Вибух. Відставання устя контурних шпурів $h_y = 0,9$ м

Таблиця 1 – Фізико-механічні параметри для побудови моделі

Фізико-механічний параметр	Значення
Об'ємна вага порід, γ , МПа/м	$2,5 \cdot 10^{-2}$
Межа міцності на одноосьовий стиск, σ_c , МПа	100
Межа міцності на одноосьове розтягування, σ_p , МПа	10
Межа міцності на зрушення, τ , МПа	2,93
Модуль Юнга, E , МПа	$614 \cdot 10^4$
Коефіцієнт Пуассона, μ	0,35
Модуль зрушення, G , МПа	$1,33 \cdot 10^4$

З урахуванням викладених підходів, спрощень і установок, було проведено дослідження НДС породного масиву призабійної частини ствола, підданого вибуховому впливу. При цьому виконувалася оцінка впливу дії контурних шпурів на проектний контур ствола при різній величині відставання контурних шпурів від загального комплекту шпурів.

На рис. 7 наведений етап моделювання ситуації в забої ствола із заданою висотою породного уступу. На рис. 8 наведений результат визначення НДС призабійної ділянки ствола. Стан оцінювався на основі strength-фактора, що визначається в ПП «Phase 2». Strength-фактор – деяка величина, еквівалентна коефіцієнту стійкості k_y . Значення k_y менше одиниці, означає руйнування масиву.

На рис. 9 наведені залежності k_y від величини уступу і відстані від площини забою по довжині контурного шпуру.

Виконані дослідження показали, що при уступній формі забою ствола (відставанні комплекту контурних шпурів від основної групи), знижується динамічний вплив на стінки ствола від вибуху контурних шпурів у нижній частині заходки. Максимальний ефект при такій формі забою для ствола діаметром начорно $\varnothing = 8$ м досягається при висоті уступу $h_y = 0,9$ м.

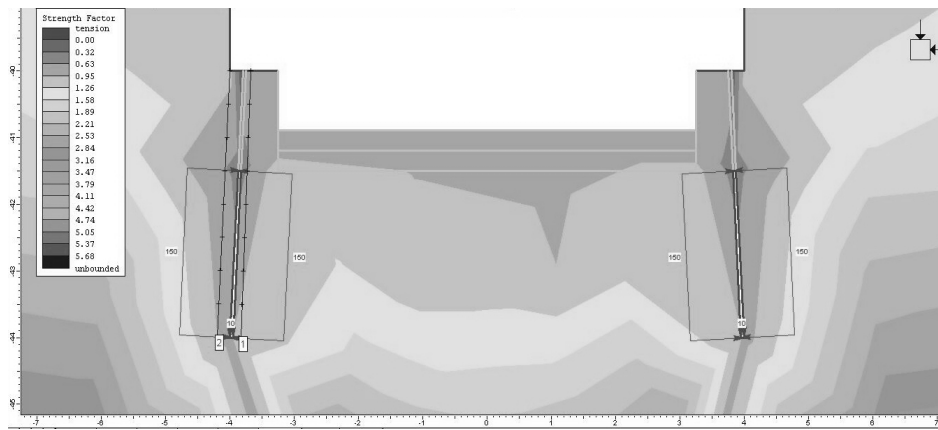


Рисунок 8 – Розподіл strength-фактора в призабійній частині ствола після підривання контурних шпурів. Висота уступу $h_y = 0,9$ м

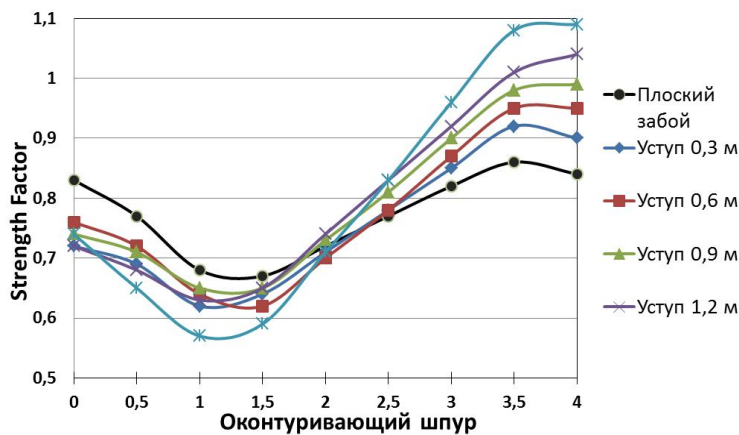


Рисунок 9 – Залежність коефіцієнта стійкості (strength-фактора) від висоти уступу по глибині шпуру (0 – устя шпуру, 4 – дно шпуру)

Залежність коефіцієнта стійкості (strength-фактора) від висоти уступу носить лінійний характер (рис. 10) і описується залежністю:

$$k_y = 0,16 h_y + 0,85, \quad (2)$$

при достовірності апроксимації $R^2 = 0,9974$.

При обґрунтуванні і виборі параметрів буропідривних робіт, необхідно застосовувати принципи контурного підривання, відомі з практики проведення тунелів, горизонтальних і вертикальних гірничих виробок, у тому числі з використанням відомих методик і рекомендацій.

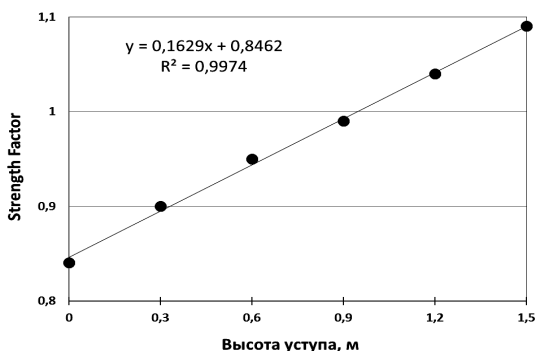


Рисунок 10 – Залежність коефіцієнта стійкості (strength-фактора) від висоти уступу

Методи контурного підривання дозволяють значно зменшити економічний збиток від допустимих переборів, знизити фактичні витрати на проходку стволів, а також підвищити довговічність кріплення.

Поліпшення умов роботи кріплення при проходці стволів методом контурного підривання дає можливість надалі перейти на полегшені види кріплення, що носить функції ізолюючої оболонки. Перспективним в цьому відношенні є наблизьбетонне кріплення.

ВИСНОВКИ. Основною причиною утворення значних нерівностей контуру і переборів породи при проходці стволів є існуюча технологія і параметри буропідривних робіт. Поліпшити стан породного контуру після підривання можна за рахунок зміщення по довжині контурних шпурів відносно інших шпурів комплексу і зниження тиску в зарядній камері за рахунок спеціальних конструкцій зарядів. При уступній формі забою ствола, знижується динамічний вплив на стінки ствола від підривання контурних шпурів у нижній частині заходки. Максимальний ефект при такій формі забою для ствола діаметром начорно $\varnothing = 8$ м досягається при висоті уступу $h_y = 0,9$ м.

ЛІТЕРАТУРА

1. Тюркян Р.А. Повышение эффективности и оптимизация параметров БВР при проходке вертикальных стволов // Уголь Украины. – 1996. – № 5–6. – С. 35–36.

2. Фисунов В.Д., Фисунов А.В. Разрушаемость породных обнажений в стволах при взрывной проходке // Уголь Украины. – 1989. – № 12. – С. 37–38.

3. Барон Л.И., Ключников А.В. Контурное взрывание при проходке выработок. – М.: Недра, 1967. – 204 с.

4. Бротанек И., Вода Й. Контурное взрывание в горном деле и строительстве. – М.: Недра, 1983. – 144 с.

5. Борщевский С.В., Шевцов Н.Р. Основные направления повышения прочности монолитной бетонной крепи // Вісті Донецького гірничого інституту. – Донецьк: ДонНТУ, 2004. – Вип. 2. – С. 105–108.

6. Кутузов Б.Н. Лабораторные и практические работы по разрушению горных пород взрывом. – М.: Недра, 1981. – 255 с.

7. Hoek E. (2002). *Practical Rock Engineering*. London: Institution of Mining and Metallurgy, p. 325.

SUBSTANTIATION OF A NEW SCHEME OF ROCK BLASTING DURING SHAFTS SINKING

O. Solodyankin, O. Yankin

State Higher Education Institution "National Mining University"

prosp. K. Marks, 19, Dnipropetrovsk, 49027, Ukraine. E-mail: solodyankinO@nmu.org.ua, sieges@ua.fm

It was shown that existing parameters of drilling and blasting technologies are that inducing uneven destruction in the depth of a stope and excessive destruction along the contour while shaft sinking. This causes shattering of the shaft contour at the bottom of a stope and results in overbreak. It was suggested a new scheme of rocks breaking when shaft sinking. The particular feature of the new scheme is a stepped face with peripheral holes lagging from the basic set of holes. The numerical model for the research of a stress-strain state of the bottom-hole space was proved. It was performed a numerical study to determine the effective height of the ledge, such that there is no destruction of the shaft contour at the bottom of a stope. The dependence of the rock quality designation for peripheral rock masses on the cutting depth in the shaft foot was determined. Recommendations on how to reduce the overbreak volume during the drilling and blasting operations in the shafts are given.

Key words: vertical shafts, blasting operations, delineation quality, numerical studies.

REFERENCES

1. Turkan, R.A. (1996), "Improving the efficiency and optimization of the parameters of IOS in the sinking of vertical shafts", *Ugol Ukrainy*, no. 5–6, pp. 35–36.

2. Fisunov, V.D. and Fisunov, A.V. (1989), "Breaking characteristics of rock outcrops in shafts at rock blasting", *Ugol Ukrainy*, no. 12, pp. 37–38.

3. Baron, L.I. and Kluchnikov, A.V. (1967), *Conturnoe vzryvanie pri prohodke vyrabotok* [Contour blasting during the driving workings], Nedra, Moscow, Russia.

4. Brotanek, I. and Voda, Y. (1983), *Conturnoe vzryvanie v gornom dele i stroitelstve* [Contour blasting in mining and construction], Nedra, Moscow, Russia.

5. Borshevskiy, S.V. and Shevtsov, N.R. (2004), "Main ways to improve the strength of monolithic concrete lining", *Visti Donetskogo Girnichogo Institutu*, vol. 2, pp. 105–108.

6. Kutuzov, B. (1981), *Laboratorniye i prakticheskie raboty po razrusheniyu gornykh porod vzryvom* [Laboratory and practical works on the rock blasting], Nedra, Moscow, Russia.

7. Hoek, E. (2002), *Practical Rock Engineering*, Institution of Mining and Metallurgy, London, UK.

Стаття надійшла 17.05.2014.