

Р.В. Закусило, к.т.н.
А.М. Романченко, інж.

Шосткинський інститут Сумського державного університету

Дослідження характеристик та ефективності просторового розташування низькоенергетичних зарядів для видобування блокового каменю

В міжнародній практиці для «м'якого» відділення монолітів вибухом використовують метод К-труб, що містять спеціально розроблені та індустріально виготовлені заряди вибухових речовин (ВР) з низькою швидкістю детонації. В роботі представлено дослідження подібного, але більш безпечного вітчизняного аналога, що виготовляється на основі доступних невибухових матеріалів та з можливістю просторового розташування в заданому місці шпурі, що призводить до збереження монолітності блоку при простоті та безпечності використання зарядів.

Пристрій для видобування блокового каменю має вигляд пластмасової трубки зі сполучними елементами, представленими у вигляді пластмасових насадок, що обладнані гальмівними крильцями (оперенням), завдяки чому стає також можливим сполучати трубки між собою, продовжуючи заряд на потрібну довжину.

Досліджувані заряди мають невисокі значення температури вибуху і теплоти вибуху – 1730,5 С (2003,65 К) і 516,9 ккал/кг, відповідно, і незначний об'єм газоподібних продуктів – 334 л/кг.

По теплоті вибуху, швидкості детонації і об'єму газів низькоенергетичні заряди знаходяться на рівні кращих світових зразків, наприклад, К-труб фінського виробництва, які мають великий попит в Європі.

Проведено випробування, у висновках виконано аналіз ефективності використання вітчизняних низькоенергетичних зарядів типу К-труб для видобування блокового каменю.

Ключові слова: блоковий камінь; тріщинуватість; просторове розташування; енергетичні характеристики; ініціювання.

Постановка проблеми. Внаслідок швидкого розвитку і появи нових архітектурних рішень при будівництві різноманітних споруд все гостріше постає питання по ефективному і продуктивнішому добуванню блокового каменю.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Для видобування блокового каменю існує низка вибухових та механічних способів, заснованих на використанні різних видів устаткування. Незважаючи на відносно великі втрати цінної корисної сировини при видобуванні, вибухові технології і засоби відбивання каменю через свою високу продуктивність продовжують використовуватися і вдосконалюватися в усьому світі [1, 2].

На даний час в Україні для вибухового відбивання блокового каменю застосовується, в основному, димний порох, що використовується на 11 % кар'єрів України, детонуючий шнур та імпорتنі К-заряди, а також невибухова технологія видобування блокового каменю на кар'єрах за допомогою газогенеруючого патрона «ЛІТОКОЛ» [3, 4].

Враховуючи недоліки та складнощі більшості існуючих способів відділення блокового каменю, в державах світу, провідних за розробкою буровибухових технологій, розроблено і застосовуються заряди ВР з низькою швидкістю детонації, сенсibiliзовані нітроефірами, що здатні детонувати при малих діаметрах у пластиковій оболонці, так звані К-заряди або К-труби (заряди фінської фірми «Форсіт» та заряди такого ж типу, розроблені у Швеції («Гурит-А») і Росії «Гранілен») [5–7].

Враховуючі їхні переваги, зокрема, невисокі втрати корисної копалини та технологічність застосування, а також підвищення попиту на продукцію з блокового каменю, розробка конструкції подовжених зарядів вітчизняного виробництва (типу К-труб) є актуальною задачею.

Мета дослідження. Дослідження розробленого вітчизняного вибухового пристрою типу К-труб для ефективного відбивання блоків декоративного каменю, який можна було б розташовувати просторово у заданому місці шпурі, з урахуванням тріщинуватості блоку родовища, що розробляється.

Викладення основного матеріалу. При розробці конструкції низькоенергетичних зарядів було поставлено завдання розробки конструкції пристрою, що забезпечить зниження тріщинуватості при відбиванні декоративного каменю, збереження його міцнісних характеристик безпосередньо в зоні шпурі і підвищить якість блоків.

Пристрій для видобування блокового каменю розроблено фахівцями Шосткинського Інститут СумДУ, він має вигляд пластмасової трубки зі сполучними елементами, представленими у вигляді пластмасових насадок, що обладнані гальмівними крильцями (оперенням), завдяки чому стає можливим

розміщення трубки просторово в заданому місці шпуру, а також сполучати трубки між собою, подовжуючи заряд на потрібну довжину [8].

Переваги цього пристрою полягають в тому, що при його використанні для видобування блокового каменю можливим стає проведення робіт у тріщинуватих масивах при збереженні міцнісних характеристик каменю в зоні тріщинуватості. Відсутність заряду безпосередньо в зоні тріщинуватості знижує радіальну дію тиску вибуху на цю ділянку і не призводить до подальшого розростання тріщини. Завдяки цьому здійснюється регулювання тиску вибуху по довжині шпуру, з урахуванням тріщин. Видобування блоків пропонованими розосередженими зарядами зменшує утворення тріщин, збільшує вихід якісних блоків і забезпечує збереження його монолітності.

Досліджуваний пристрій для видобування блокового каменю у вигляді поліетиленової трубки містить в собі низькоенергетичну вибухову суміш у складі перхлорату калію, оксиду марганцю (IV) і дизельного палива (або нітрометану) [9]. Трубка може мати зовнішній діаметр різних розмірів від 12 мм до 25 мм залежно від діаметру шпуру. Довжина вибухової трубки не має особливого значення тому, що трубка може подовжуватися за рахунок сполучного елемента (сполучної муфти) до довжини декількох метрів, що дає можливість використовувати її при видобуванні блокового декоративного каменю заввишки (завтовшки) 6 метрів. Зазвичай, виготовляють трубчасті заряди для вибухового пристрою завдовжки 40–50 см. На кінці трубка обладнана сполучним елементом (муфтою), який має внутрішній діаметр, що відповідає зовнішньому діаметру вибухової трубки, завдяки чому і відбувається нарощування довжини заряду до необхідної величини [10].

Сполучний елемент служить не лише для нарощування довжини заряду, він обладнаний гальмівними крильцями, які виконують роль фіксатора для просторового розміщення заряду, що дозволяє розташувати заряд у заданому місці шпуру, з урахуванням тріщинуватості декоративного блоку. В даному випадку ініціація кожного заряду індивідуальна за допомогою електродетонатора ЕД–8. Таким чином, за наявності тріщини у блоці спостерігається відсутність пристрою в зоні тріщинуватості.

Якщо за визначенням маркшейдерів у шпурі немає тріщинуватості, заряди послідовно приєднуються за допомогою сполучної муфти до торця інших вибухових трубок, тобто заряд у таких шпурах суцільний по довжині. Ініціаціювання суцільних зарядів виконується одним електродетонатором або детонуючим шнуром типу ДШЕ-9. Технологія дозволяє виготовляти трубки будь-якої необхідної довжини і діаметра. Після підведення детонаційного імпульсу до подовжених зарядів, останні відколюють від кам'яного масиву блок заданих геометричних розмірів.

Оскільки вибухова суміш знаходиться в герметичній трубці, зарядження шпурів може робитися за будь-яких погодних умов, а гірники не мають прямого контакту з вибуховою речовиною. Це підвищить безпеку при виконанні вибухових робіт і культуру роботи на блокових кар'єрах.

Проведено випробування з визначення вибухових характеристик низькоенергетичних зарядів на полігоні заводу «Імпульс» м. Шостка та виконано порівняння отриманих характеристик сумішей з існуючими засобами для відбивання блокового каменю (табл. 1).

Таблиця 1

Порівняльні характеристики застосовуваних засобів для відбивання блокового каменю

Характеристики	OY Forcit	Димний порох	Гранілен-3	Заряди з нітрометаном	Заряди з дизпаливом
Щільність заряду, г/см ³	0,95	0,9–1,0	1,86	1,05–1,10	0,99–1,02
Швидкість детонації, м/с	1700–2000	1200–1600	2400	1300	1800–2100
Теплота вибуху, кДж/кг	1200–1500	3024	2070	858,1	2165,8
Лінійна маса ВР, кг/м	0,11–0,24	0,80–1,20	0,36	0,16–0,30	0,12–0,26
Об'єм газів, л/кг	160	280	440	334	310
Діаметр заряду, мм	11–17	32–42	17,0	5–20	10–20
Діаметр шпура, мм	27–32	32–42	42–50	27–32	27–32

Виявлено, що на відміну від аналогів, низькошвидкісні вітчизняні заряди типу К-труб мають можливість фактично любого просторового розташування та при контакті один з одним не ведуть до підбою або затухання детонаційної хвилі. Заряди можуть бути нарощені до любої довжини, за рахунок їх конструкції (рис. 1).



Рис. 1. Нарощені вітчизняні низько енергетичні заряди типу К-труб на випробуваннях

Проведено контрольні випробування вітчизняних низькоенергетичних зарядів кар'єрного виготовлення, порівняно з використанням димного порошу. Випробування проводили на території ТОВ «Буропідривник» м. Івано-Франківськ за стандартними методиками.

Для проведення експерименту (рис. 2) в умовах кар'єру вибрали:

- метод вибухових робіт – шпурові заряди;
- висота уступу $H_u=6$ м; розміщення шпурів вертикальне;
- діаметр пробурюваного шпура $D_{шп} = 42$ мм для димного порошу та $D_{шп} = 32$ мм для низькоенергетичних зарядів;
- спосіб підривання електровогневий, за допомогою електродетонаторів ЕД – 8Ж;
- розміри моноліту $6 \times 2 \times 3$ м.

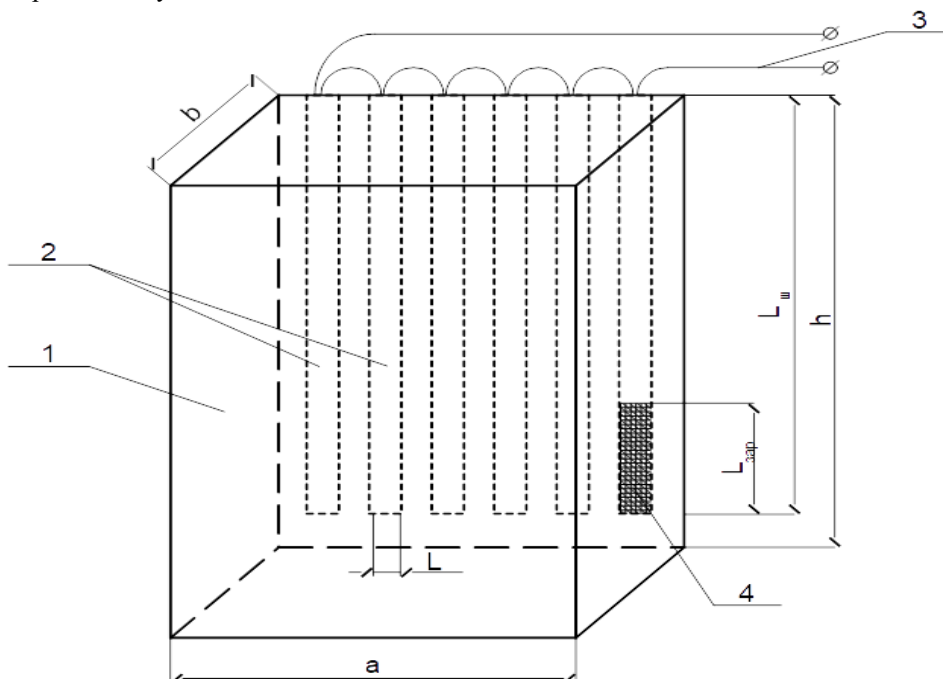


Рис. 2. Схема відокремлення блоку від масиву: 1 – моноліт, 2 – шпур, 3 – магістраль, 4 – заряд.

Результати розрахункових експлуатаційних параметрів відбивання блокового каменю за допомогою вітчизняних низькоенергетичних зарядів типу К-труб та димного порошу, підтверджених експериментами, наведено в таблиці 2.

Таблиця 2

Параметри параметрів відбивання блокового каменю

№	Використаний заряд	Довжина шпура, м	Діаметр шпура, м	Вага суміші на шпур, кг	Відстань між шпурами, м	Витрати порошу на моноліт, кг	Кількість шпурів, шт
1	Димний порох	5,7	0,42	1,2	0,5	7,2	6
2	Розроблені заряди типу К-труб (ПХК+ДТ+MnO ₂)	4,0	0,32	1,3	0,6	6,5	5

Зіставлення отриманих при випробуваннях характеристик показує, що розроблені вітчизняні заряди типу К-труб мають ряд переваг над аналогами:

- необмежене просторове розміщення зарядів, що призводить до збереження монолітності блоку при простоті використання пристрою;
- зменшення використання ВР, порівняно з насипним зарядом;
- зниження кількості викидів шкідливих газів в атмосферу внаслідок малого обсягу їх виділення;
- низькі значення теплоти вибуху і швидкості детонації, що сприяє досягненню техніки «м'якого» вибуху;
- конкурентоспроможні енергетичні характеристики, порівняно із застосовуваними в наш час засобами для видобування блокового каменю.

Висновки. В результаті проведеного дослідження було виявлено:

1. Низькоенергетичний пристрій для видобування блокового каменю є ефективним завдяки просторовому розташуванню зарядів, що призводить до збереження монолітності блоку та збільшення продуктивності при простоті та безпечності використання зарядів;
2. Заряди надійно спрацьовують від штатних засобів ініціації електродетонатора ЕД – 8 і детонуючого шнура ДШЕ – 12. Враховуючи це і низьку чутливість до механічних дій, розроблені заряди типу К-труб можуть застосовуватися в якості засобів відбивання блокового каменю.

Список використаної літератури:

1. Русаков О.Н. Разрушение горных пород : конспект лекцій / О.Н. Русаков. – Донецьк : Донецкий горный техникум им. Абакумова, 2015. – 162 с.
2. Кузьмин Е.В. Основы горного дела : учебник / Е.В.Кузьмин, М.М. Хайрутдинов, Д.К. Зенько ; под. ред. Е.В. Кузьмин. – Москва : ООО «АртПРИНТ+», 2007. – 472 с.
3. Основы горного дела : учебник / Е.А. Бобер, Ю.Н. Кузнецов, Е.А. Косьминов и др. – Москва : Изд-во МГГУ, 2006. – 408 с.
4. Кравець В.Г. Руйнування гірських порід вибухом : навч. посібник / В.Г. Кравець, В.В. Коробійчук, О.А. Зубченко. – Житомир : ЖДТУ, 2012. – 328 с.
5. Іськов С.С. Особливості розробки родовищ декоративного каменю і значення геометризації їх основних властивостей для удосконалення технології видобування блоків / С.С. Іськов // Вісник Житомирського технологічного університету. – 2004. – № 3 (30). – С. 132–134.
6. Product catalogue // Nitro Nobel. Series : Gyttorp. – S-713. – No. 82. – Nora, Sweden. – 64 p.
7. Соколов В.В. Технологія та безпека виконання вибухових робіт : курс лекцій / В.В. Соколов. – Дніпропетровськ : Національний гірничий університет, 2008. – 164 с.
8. Закусило В.Р. Низькоскоростні заряди для отбойки блочного каменя / В.Р. Закусило, А.Н. Романченко // Современные концепции научных исследований : сб-к науч. тр. «Технические науки» VIII Международной научно-практической конференции. – Москва. – 28–29 ноября, 2014. – Вып. 8. – С. 144–147.
9. Zakusylo V. Potassium perchlorate – the component of the low-speed explosive composition / V.Zakusylo, A.Romanchenko // Metallurgical and Mining Industry, 2014. – No 6. – Pp. 64–70.
10. Пат. 106545 Україна, МПК F 42 B 3/02. Вибуховий пристрій для відбивання блочного декоративного каменю / В.Р. Закусило, Р.В. Закусило, А.М. Романченко. – № u 2015 11414 ; заявл. 19.11.2015 ; опубл. 25.04.2016, Бюл. № 8. – 4 с.

References:

1. Rusakov, O.N. (2015), *Razrushenie gornyh porod*, konspekt lekciy, Doneckij gornyj tehnikum im. Abakumova, Donec'k, 162 p.
2. Kuz'min, E.V., Hajrutdinov, M.M. and Zen'ko, D.K. (2007), *Osnovy gornogo dela*, in Kuz'min, E.V. (ed.), ООО «АртПРИНТ+», Moskva, 472 p.
3. Bober, E.A., Kuznecov, Ju.N., Kos'minov, E.A. and others (2006), *Osnovy gornogo dela*, Izd-vo MGGU, Moskva, 408 p.

4. Kravec', V.G., Korobijchuk, V.V., Zubchenko, O.A. (2012), *Rujnuvannja girs'kyh porid vybuhom*, ZhDTU, Zhytomyr, 328 p.
5. Is'kov, S.S. (2004), «Osoblyvosti rozrobky rodovyshh dekoratyvnogo kamenju i znachennja geometryzacji i'h osnovnyh vlastyvostej dlja udoskonalennja tehnologij' vydobuvannja blokiv», *Visnyk Zhytomyrs'kogo tehnologichnogo universytetu*, No. 3 (30), pp. 132–134.
6. «Product catalogue», *Nitro Nobel*, Series *Gyttorp*., S-713, No. 82, Nora, Sweden, 64 p.
7. Sobolev, V.V. (2008), *Tehnologija ta bezpeka vykonannja vybuhovyh robot*, kurs lekcij, Nacional'nyj girnychij universytet, Dnipropetrovs'k, 164 p.
8. Zakusilo, V.R. and Romanchenko, A.N. (2014), «Nizkoskorostnye zarjady dlja otbojki blochnogo kamnja», *Sovremennye koncepcii nauchnyh issledovanij*, sb-k nauch. tr. «*Tehnicheskie nauki*» VIII *Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii*, ot 28–29 nojabrja, Vol. 8, Moskva, pp. 144–147.
9. Zakusylo, V. and Romanchenko, A. (2014), «Potassium perchlorate – the component of the low-speed explosive composition», *Metallurgical and Mining Industry*, No. 6, pp. 64–70.
10. Zakusylo, V.R., Zakusylo, R.V. and Romanchenko, A.M. (2016), *Vybuhovyj prystrij dlja vidbyvannja blochnogo dekoratyvnogo kamenju* [Explosive device for reflecting block decorative stone] MPK F 42 V 3/02, Ukrain'a, No. u 2015 11414, zajavl. vid 19 lystopada, opubl. vid 25 kvitnja, Bjul. № 8, 4 p., Pat. 106545.

Закусило Роман Васильович – кандидат технічних наук, доцент кафедри хімічної технології високомолекулярних сполук, в.о. заступника директора з наукової роботи Шосткинського інституту Сумського державного університету.

Наукові інтереси:

- фізичні і хімічні процеси вибуху;
- відкрита розробка родовищ корисних копалин;
- полімерне і вибухове матеріалознавство та кристалографія;
- технологія конструкційних матеріалів;
- фізичні процеси функціонування машин та механізмів.

E-mail: r.zakusylo@ishostka.sumdu.edu.ua.

Романченко Анжела Миколаївна – фахівець центру заочної та дистанційної форм навчання Шосткинського інституту Сумського державного університету.

Наукові інтереси:

- відкрита розробка родовищ корисних копалин;
- вибухові роботи.

E-mail: angela.romanchencko@gmail.com.

Стаття надійшла до редакції 03.04.2018.