

УДК [622.235.674.3:622.235.112.3](043.3)

ОПЫТНО-ПРОМЫШЛЕННАЯ ПРОВЕРКА КОНСТРУКЦИИ ЗАРЯДА ДЛЯ НАПРАВЛЕННОГО РАСКОЛА ПРИ ДОБЫЧЕ ШТУЧНОГО КАМНЯ

Я. С. Долударева

Кременчугский национальный университет имени Михаила Остроградского
ул. Первомайская, 20, г. Кременчуг, 39600, Украина. E-mail: tehm@kdu.edu.ua

Исходя из основного требования, предъявляемого к блокам из природных камней, а именно, необходимости получения товарной продукции с прочностными характеристиками, свойственными нетронутому массиву, большое значение наряду с выбором способа взрывания приобретает и конструкция заряда, что особенно важно в случае использования бризантных взрывчатых веществ. Для уменьшения дробящего действия взрыва разработали три типа конструкции шпуровых зарядов, ослабляющих параметры волны напряжений и усиливающих воздействие газового потока продуктов детонации в направлении плоскости раскола. Проведенные исследования показали, что разработанная конструкция заряда позволяет создавать направленные магистральные трещины с минимальным изменением прочностных свойств породы, что является целесообразным при добыче штучного камня.

Ключевые слова: конструкция заряда, плоскость раскола, направленные трещины.

ДОСЛІДНО-ПРОМИСЛОВА ПЕРЕВІРКА КОНСТРУКЦІЇ ЗАРЯДУ ДЛЯ СПРЯМОВАНОГО РОЗКОЛУ ПРИ ВИДОБУВАННІ ШТУЧНОГО КАМЕНЯ

Я. С. Долударева

Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського
вул. Першотравнева, 20, м. Кременчук, 39600, Україна. E-mail: tehm@kdu.edu.ua

Виходячи з основної вимоги, що пред'являється до блоків з природних каменів, а саме, необхідності отримання товарної продукції з міцносними характеристиками, властивими незайманому масиву, велике значення поряд з вибором способу підривання набуває і конструкція заряду, що особливо важливо у випадку використання бризантних вибухових речовин. Для зменшення дробильної дії вибуху розробили три типи конструкції зарядів, що послаблюють параметри хвилі напружень і підсилюють вплив газового потоку продуктів детонації в напрямку площини розколу. Проведені дослідження показали, що розроблена конструкція заряду дозволяє створювати спрямовані магистральні тріщини з мінімальною зміною міцносних властивостей породи, що є доцільним при видобуванні штучного каменя.

Ключові слова: конструкція заряду, площина розколу, спрямовані тріщини.

АКТУАЛЬНОСТЬ РАБОТЫ. Взрывной способ добычи штучного камня и получение полуфабрикатов для изделий из естественных каменных материалов имеет ограниченное применение вследствие повышенной вероятности образования большого количества новых микро- и макротрещин, уменьшающих выход кондиционной продукции даже при разработке месторождений крепких и очень крепких пород. Чтобы уменьшить количество наведенных макротрещин, и свести к минимуму количество образующихся трещин в блоках, для добычи штучного камня используют в большинстве случаев взрывчатых веществ (ВВ) метательного действия, в частности, – черный порох, при сгорании которого нарастание давления происходит относительно медленно, в результате чего порода не дробится, а раскалывается на крупные куски, отбрасываемые от забоя. Характерно при этом, что в блоках почти совсем не образуются макротрещины, уменьшающие прочность породы. Учитывая, что недостатком применения черного пороха является его повышенная чувствительность к внешним воздействиям и высокая гигроскопичность, то в шпуровых зарядах вместо дымного пороха применяли порохоподобные аммиачно-селитренные ВВ, относительно более безопасные, но обладающие более выраженным дробящим действием.

Существует множество вариантов конструкций зарядов ВВ для взрывной отбойки блочного камня, каждый из которых имеет свои достоинства и недостатки. Изучив и проанализировав существующие литературные источники [1–8] можно отметить, что еще не найдены оптимальные варианты конструкций зарядов и способов ведения взрывных работ для отбойки блочного камня, которые бы позволяли производить добычу качественных отдельностей при низких материальных и трудовых затратах.

Исходя из основного требования, предъявляемого к блокам из природных камней, а именно необходимости получения товарной продукции с прочностными характеристиками, свойственными нетронутому массиву, большое значение, наряду с выбором способа взрывания, приобретает и конструкция заряда, что особенно важно в случае использования бризантных взрывчатых веществ [9, 10].

Целью работы является проверка эффективности различных конструкций зарядов в полигонных и промышленных условиях для направленного раскола штучного камня.

МАТЕРИАЛ И РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ. Для уменьшения дробящего действия взрыва разработали три типа конструкции шпуровых зарядов, ослабляющих параметры волны напряжений и усиливающих воздействие газового потока продуктов детонации в направлении плоскости раскола.

Эффективность различных конструкций шпуровых зарядов ВВ для отделения товарных блоков устанавливали при подготовке к эксплуатации Солошинского гранитного карьера (Полтавская область), где были проведены три серии экспериментов.

В первой серии экспериментов бурили группы шпуров диаметром 42 мм на расстояниях 0,5–0,6 м друг от друга. В шпурах размещали заряды аммонита № 6ЖВ диаметром 24 мм и массой 80 г на 1 п. м в каждом из них. Вокруг зарядов ВВ создавали демпфирующие инертные оболочки из резины и пенопласта.

В оболочках по направлению плоскости раскола были образованы прорезы для усиления силового воздействия в этом направлении. С использованием резиновых демпфирующих оболочек было отколото четыре каменных блока размерами 2,5x1,8x1,4 м. При этом два блока оказались непригодными для дальнейшего использования в качестве полуфабрикатов в технологическом процессе.

Такая же конструкция шпурового заряда ВВ, но с использованием демпфирующей оболочки из пенопласта, была использована во второй серии экспериментов при отбойке шесть гранитных блоков. Из них три блока оказались непригодны в качестве товарной продукции. Низкий процент пригодных блоков обусловил проведение исследований с другими конструкциями зарядов промышленных ВВ. Наиболее успешным оказалось применение специальных конструкций зарядов ВВ с эллиптическим поперечным сечением (рис. 1).

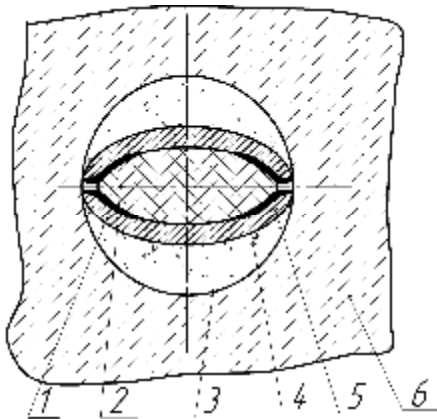


Рисунок 1 – Специальная конструкция заряда (вид сверху) для получения направленного раскола (1 – направляющая газодинамического потока; 2 – заряд ВВ; 3 – контур шпура (скважины); 4 – поролоновая оболочка; 5 – резиновая оболочка; 6 – пластина из лабрадорита)

Результаты опытно-промышленной проверки влияния формы и конструкции заряда ВВ на получение товарной продукции показали, что применение специальной конструкции заряда позволяет увеличить расстояние между шпурами от 50 до 80 см,

т.е. в 1,6 раза. При этом уменьшается количество образующихся лишних трещин, что дает возможность получать блоки нужной формы и размеров. Использование двухслойной оболочки (упругой и демпфирующей) позволяет минимизировать потери прочностных и качественных характеристик камня. Для получения высокого качества поверхности раскола расстояние между шпурами при использовании рекомендуемых конструкций зарядов можно не увеличивать или увеличить в 1,2–1,3 раза, т.е. до 60–65 см.

Экономическая эффективность использования энергии взрыва для откола блоков от массива или разделения на полуфабрикаты (блоки меньших размеров) оценивалась по статьям переменных затрат при применении различных конструкций зарядов ВВ.

К основным статьям переменных затрат относятся расходы на бурение шпуров, изготовление специальных гильз и формирование зарядов ВВ.

Кроме того, учитывали выход кондиционной продукции, пригодной для использования в последующих технологических процессах; качество образующих поверхностей раскола и объемы работ для доведения блоков до кондиционного состояния. Экономическая целесообразность различных конструкций зарядов промышленных ВВ определялась с помощью зависимости, представляющей разность затрат при базовом варианте откола блоков и при использовании предлагаемых конструкций зарядов ВВ:

$$\Delta = 3_1 - 3_2 = \left(C_1 + C_2 + \frac{C_3 P_1}{100} \right) V - \left(C'_1 + C'_2 + \frac{C_3 P_2}{100} \right) V, \quad (1)$$

$$\Delta = \left[(C_1 - C'_1) + (C_2 - C'_2) + \frac{C_3 P_1}{100} - \frac{C_3 P_2}{100} \right] V, \quad (2)$$

где C_1 и C_2 – удельная стоимость обурирования и приготовления гильз для зарядов ВВ для отделения 1 м³ блока по базовой технологии, грн./м³;

C_3 – удельная стоимость 1 м³ отбитого блока, грн./м³;

P_1 – процентное содержание отходов при базовой технологии;

C'_1 , C'_2 – удельная стоимость бурения и изготовления гильз для отбойки блока при использовании предлагаемой конструкции заряда, грн./м³;

P_2 – процентное содержание отходов при отбойке блоков с помощью предлагаемых конструкций зарядов;

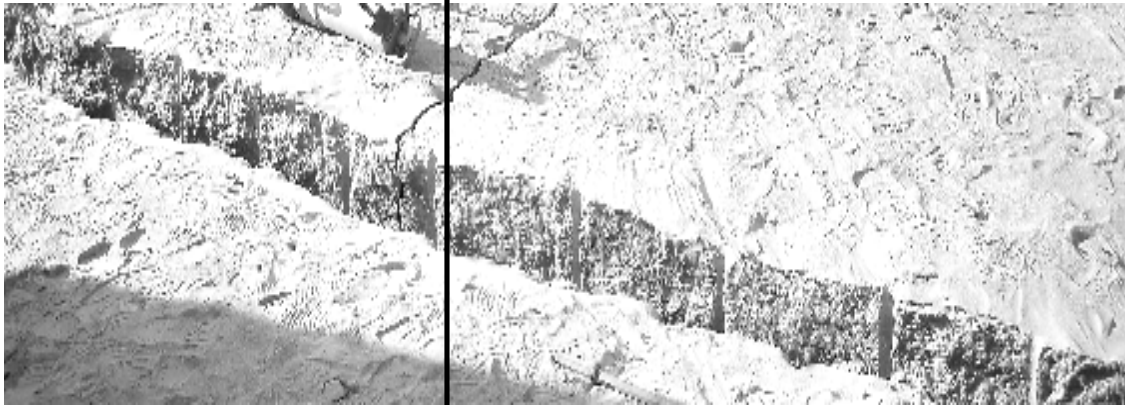
V – объем отбиваемого блока, м³.

На Капустинском гранитном карьере отделяли от массива монолиты шириной 2,8–3,2 м, длиной 8,5–9,5 м и высотой до 9,0 м (рис. 2, 3) с помощью пороховых зарядов размещенных в скважинах диаметром 100 мм.

Разделение монолита на товарные блоки осуществляли шпуровыми зарядами ВВ, предлагаемой

конструкції, прошедшей проверку на гранитных карьерах Кременчугского региона.

В результате снижения затрат на обработку блоков с расчета на 1,0 тыс.м³ блочного камня суммарный экономический эффект составил 12 тыс. грн.



а) использование базовой технологии

б) использование предлагаемой конструкции заряда ВВ

Рисунок 2 – Отделение монолитов от массива



Рисунок 3 – Блоки, отделенные от массива

При расчете экономической эффективности предложенного способа для условий Капустинского гранитного карьера принимали $C'_1 = C_1$, $C'_2 = C_2$, что позволило упростить выражение (2)

$$\mathcal{E} = C_3 \frac{(P_1 - P_2)}{100} V. \quad (3)$$

Для рассматриваемых условий $C_3=600$ грн/м³ для блоков 5 м³ I категории $P_1=26\%$, $P_2=24\%$. Тогда экономический эффект за счет увеличения выхода товарной продукции при отбойке $V=1000$ м³ составил

$$\mathcal{E} = 600 \cdot \frac{(26 - 24)}{100} \cdot 1000 = 12000 \text{ грн} / \text{м}^3.$$

ВЫВОДЫ. Проведенные исследования показали, что разработанная конструкция заряда позволяет создавать направленные магистральные трещины с

минимальным изменением прочностных свойств породы, что является целесообразным при добыче штучного камня. Применяя специальную конструкцию заряда, удалось повысить качество поверхности плоскости раскола блоков и снизить затраты на их обработку, в результате чего суммарный экономический эффект составил 12 тыс. грн в расчете на 1,0 тыс.м³ блочного камня.

ЛИТЕРАТУРА

1. Калюжна В.В. Дослідження впливу фізико-технічних властивостей гірських порід на продуктивність видобутку блочного каменю // Вісник Національного технічного університету України "Київський політехнічний інститут". Серія "Гірництво": Зб. наук. праць; наук. ред. В.Д. Воробйов. – К.: НТУУ "КПІ": ЗАТ "Техновибух", 1999. – Вип. 1. – С. 38–47.
2. Кутузов Б.Н. Проблемы взрывного разрушения скальных пород в горной промышленности // Изв. вузов. Горный журнал. – 1997. – № 10. – С. 31–33.
3. Кратковский И.Л. Совершенствование технологии добычи облицовочного камня с использованием энергии взрыва // Сучасні ресурсоенергозберігаючі технології гірничого виробництва. – Науково-виробничий збірник: Кременчуцький державний політехнічний університет імені Михайла Остроградського. – Кременчук: КДПУ, 2009. – Вип. 1/2009 (3). – С. 40–46.
4. Повышение эффективности действия взрыва в твердой среде / В.М. Комир, В.М. Кузнецов, В.В. Воробьев, В.Н. Чебенко – М.: Недра, 1988. – 209 с.
5. Определение оптимальных параметров заряда для контурного взрывания / В.В. Воробьев, В.В. Костин, В.Е. Проценко // Сучасні ресурсоенергозберігаючі технології гірничого виробництва. – Науково-виробничий збірник: Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського.

го. – Кременчук: КрНУ, 2011. – Вип. 2/2011 (8). – С. 39–43.

6. Перспективные направления повышения эффективности взрывного разрушения горных пород / В.В. Воробьев, А.М. Пеев // Сучасні ресурсоенергозберігаючі технології гірничого виробництва. – Науково-виробничий збірник: Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського. – Кременчук: КрНУ, 2010. – Вип. 1/2010 (5). – С. 19–21.

7. Исаков А.Л. О направленном разрушении горных пород взрывом // Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых. – 1983. – № 6. – С. 41–52.

8. Хорошман В.О. Определение оптимальных параметров отбойки лабрадорита при использовании низкотемпературного метода разрушения поро-

ды // Сучасні ресурсоенергозберігаючі технології гірничого виробництва. – Науково-виробничий збірник: Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського. – Кременчук: КрНУ, 2012. – Вип. 1/2012 (9). – С. 41–45.

9. О механизме разрушения горных пород под действием взрыва и управление им / М.Ф. Друкованый, В.М. Комир // Сборник «Взрывное дело». – М.: Изд-во «Недра», 1965. – № 57/14. – С. 112–117.

10. Воробьев В.В. Влияние параметров заряда на развитие начальных микротрещин при взрыве / В.В. Воробьев, М.В. Помазан, В.Е. Проценко // Сучасні ресурсоенергозберігаючі технології гірничого виробництва. – Науково-виробничий збірник: Кременчуцький державний університет імені Михайла Остроградського. – Кременчук: КДУ, 2009. – Вип. 2/2009 (4). – С. 7–11.

EXPERIMENTAL AND INDUSTRIAL VERIFICATION OF CHARGE DESIGN FOR DIRECTIONAL SPLIT IN DIMENSION STONE QUARRYING

Ya. Doludareva

Kremenchuk National Mykhailo Ostrohradskyi University

vul. Pershotravneva, 20, Kremenchuk, 39600, Ukraine. E-mail: tehm@kdu.edu.ua

Based on the basic requirements for the natural cut stones, namely, the need for obtaining of commercial products with durability characteristics intrinsic to a tight rock, of great importance. Along with a blasting method defining, issue of charge design becomes significant, which is vital in the case of high explosives. To reduce the crushing effect of an explosion three types of cylindrical charge design were developed, which debilitate the stress wave parameters and intensify the gas flow impact of detonation products in the split plane direction. The studies conducted have shown that the charge structure designed allows for directed main cracks with minimal variations of rock strength properties, which is efficient for dimension stone quarrying.

Key words: charge design, split plane, directed cracks.

REFERENCES

1. Kalyuzhny V. V. The influence of physical and technical properties of rocks on productivity mining block stone / V. V. Kalyuzhny // *Transactions of National Technical University "Kyiv Polytechnic Institute". Series "Mining": Coll. Works; Ed. by V.D. Vorobyov.* – K.: NTU "KPI" "Tehnovyuh", 1999. – Iss. 1. – PP. 38–47. [in Ukrainian]

2. Kutuzov B.N. The problem of explosive destruction of rocks in mining // *Mining Journal.* – 1997. – № 10. – PP. 31–33. [in Russian]

3. Kratkovsky I.L. Perfection of technology of facing stone mining with use of energy of explosion // *Modern resources and energy saving technologies in mining industry.* – Kremenchuk: KSPU, 2009. – Iss. 1/2009 (3). – PP. 40–46. [in Ukrainian]

4. *Explosion efficiency enhancement in a solid medium* / V.M. Komir, V.M. Kuznetsov, V.V. Vorobyov, V.N. Chebenko. – Moscow: Nedra, 1988. – 209 p. [in Russian]

5. Determination of optimal size of explosive charges for contour Blasting / V.V. Vorobyov, V.V. Kostin, V.Ye. Protsenko // *Modern resources and energy saving technologies in mining industry.* – Kremenchuk: KrNU, 2011. – Iss. 2/2011 (8). – PP. 39–43. [in Ukrainian]

6. Promising directions of increase of efficiency of the explosive destruction of rocks / V.V. Vorobyov,

A.M. Peev // *Modern resources and energy saving technologies in mining industry.* – Kremenchuk: KSU, 2010. – Iss. 1/2010 (5). – PP. 19–21. [in Ukrainian]

7. Isakov A.L. On the directed destruction of rocks by explosion // *Physical and technical problems of mineral development.* – 1983. – № 6. – PP. 41–52. [in Russian]

8. Horoshman V.O. Determination of optimal parameters of breaking labradorite using low-temperature method of destruction of breed // *Modern resources and energy saving technologies in mining industry.* – Kremenchuk: KrNU, 2012. – Iss. 1/2011(9). – PP. 41–45. [in Ukrainian]

9. On the mechanism of destruction of rocks by explosion effects and management / M.F. Drukovany, V.M. Komir // *Blasting work.* – Moscow: «Nedra», 1965. – № 57/14. – PP. 112–117. [in Russian]

10. The effect of parameters of the initial charge on the development of micro-cracks in the explosion / V.V. Vorobyov, M.V. Pomasan, V.Ye. Protsenko // *Modern resources and energy saving technologies in mining industry.* – Kremenchuk: KSU, 2010. – Issue 2/2009 (4). – PP. 7–11. [in Ukrainian]

Стаття надійшла 27.11.2012.

Рекомендовано до друку
д.т.н., проф. Воробйовим В.В.