Повышение эффективности проходки подземных горных выработок с использованием шпуровых зарядов с кумулятивным эффектом

Умаров Ф. Я.¹, Насиров У. Ф.¹, Нутфуллоев Г. С.^{1*},
Назаров З. С.², Шарипов Л. О.²

¹ Алмалыкский филиал Национального исследовательского технологического университета «МИСиС», г. Алмалык, Республика Узбекистан

² Навоийский государственный горный институт, г. Навои, Республика Узбекистан

*e-mail: gafurcom@mail.ru

Реферат

Введение. В настоящее время при проходке подземных горных выработок разработаны различные способы разрушения горных пород взрывом, но наибольший интерес представляет использование полей напряжений асимметричной направленности.

Цель работы. Изучение распределения энергии взрыва и максимальной ее концентрации в направлении в глубь разрушаемого массива. Концентрации энергии взрыва можно добиться путем использования принципа кумуляции в донной части шпура за счет изменения конструкции шпурового заряда ВВ.

Методология. На основе проведенного анализа литературных источников и теоретических исследований рекомендуется конструкция шпурового заряда ВВ с применением кумулятивного эффекта, позволяющая повысить коэффициент использования шпура (КИШ), снизить объем буровых работ, достичь более четких проектных контуров горных выработок и исключить образование неразрушенной части шпуров («стаканов»). Теоретически исследовано действие шпуровых зарядов ВВ с кумулятивным эффектом, рассмотрена гидродинамическая теория кумуляции и установлены зависимости изменения угла схлопывания кумулятивной облицовки от радиуса конуса, его высоты, начальной скорости и скорости кумулятивной струи.

Результаты. Основными факторами, определяющими эффективность предлагаемого нового способа взрывания по отношению к базовому способу, приняты коэффициент использования шпура, шаг подвигания забоя за один взрыв, объем горной массы, оторванной за один взрыв, и гранулометрический состав взорванной горной массы.

Выводы. Разработанная конструкция шпурового заряда ВВ с кумулятивным эффектом позволяет повысить КИШ, величину подвигания забоя за цикл и увеличить объем отбитой горной массы.

Ключевые слова: шпур; забойка; конструкция; заряд ВВ; кумулятивный эффект; забой; глубина пробития; высота кумулятивной облицовки; детонационная волна.

Постановка задачи. Повышение эффективности горных работ за счет совершенствования взрывных технологий позволяет обеспечить увеличение темпов и эффективности развития экономики горнодобывающих стран.

Современный этап развития буровзрывных работ при проходке подземных горных выработок характеризуется применением высокопроизводительной буровой техники и инструмента, внедрением новых методов и технологий проектирования горных работ и процессов, а также применением безопасных эмульсионных взрывчатых веществ (ЭВВ) и средств инициирования зарядов ВВ. Повышение безопасности горных и взрывных работ несомненно вносит свой вклад в развитие горнодобывающих отраслей промышленности. Однако совершенствование горных работ неразрывно связано с повышением эффективности буровзрывного

комплекса горнодобывающих предприятий, внедрением современных конструкций шпуровых зарядов ВВ. Это очень важно для увеличения длины заходки, повышения коэффициента использования шпуров (КИШ) и других параметров проходки. Отсутствие существенного совершенствования конструкций шпуровых зарядов ВВ снижает эффективность буровзрывного комплекса, который является основой большинства применяемых горных технологий. Необходимо отметить, что ассортимент ВВ, применяемых для подземных горных работ, не обновляется длительное время, а предлагаемые технические решения, как правило, являются сложными в реализации или требуют дополнительных высоких затрат. Традиционная отбойка пород и руд шпуровыми зарядами, изготавливаемыми из порошкообразных ВВ, в значительной степени исчерпала свои возможности.

Теоретические исследования позволили получить достаточно полное представление о процессе образования кумулятивной струи. Кумулятивный эффект есть существенное повышение местного действия взрыва в одном направлении. Этот эффект получается при использовании зарядов, имеющих на одном из концов полость – кумулятивную выемку. Если такой заряд инициировать с противоположного конца, то эффект действия в направлении оси выемки оказывается значительно большим, чем при действии обычных зарядов. В связи с изложенным обоснование и разработка конструкции шпуровых зарядов с кумулятивным эффектом для повышения эффективности проходки подземных горных выработок является актуальной задачей горного производства.

Анализ известных существующих технических решений. Использование явления кумуляции позволяет распределить энергию взрыва в пространстве и максимально сконцентрировать ее в направлении глубины разрушаемого массива.

На основе теоретических исследований по выбору метода эффективного управления энергией взрыва и интенсификации разрушения горных пород определены оптимальные параметры кумулятивных шпуровых зарядов. Рассмотрены разные варианты размещения кумулятивных выемок, включая применение конических облицовок и внутренних осевых цилиндрических каналов. Создание кумулятивных зарядов ВВ обеспечивает увеличение скорости детонации зарядов ВВ, повышение интенсивности дробления горных пород и эффективности управления энергией взрыва в заданном направлении.

Использование кумулятивных зарядов ВВ с разрушением горных пород при проведении подземных горных выработок неразрывно связано с решением проблемы повышения эффективности буровзрывных работ.

Для реализации перечисленных задач разработан шпуровой заряд ВВ с поперечной кумулятивной конической выемкой для врубовых и отбойных шпуров (рис. 1, а), а по контуру были использованы заряды ВВ уменьшенного диаметра (28 мм).

В результате использования технологии проходки горных выработок зарядами с поперечно-кумулятивной конической выемкой установлено, что в связи с невозможностью формирования кумулятивной струи с эффективными параметрами в ограниченном пространстве эффект разрушения применяемых конических кумулятивных зарядов весьма низок. Также область применения ограничивается за счет снижения технологических возможностей их применения.

Впервые в практике проведения горных выработок кумулятивно-канальные заряды использованы при проведении восточного коренного штрека шахтоуправления «Алмазное» АО «Гуковуголь». Крепость пород достигала 14–16 по шкале М. М. Протодяконова. В качестве ВВ, в соответствии с паспортом буровзрывных работ, применялся детонит М, а в качестве средств инициирования – электродетонаторы марки ЭДЗД.

Для формирования внутренних асимметричных цилиндрических каналов использовались запаянные с обеих сторон стеклянные трубки (рис. 1), которые устанавливались строго по оси ВВ. Диаметр внутренних каналов был в пределах 4–6 мм, а длина – 200 мм.

В результате взрыва зарядов ВВ установлено незначительное увеличение КИШ, уменьшение развала и разброса пород и улучшение гранулометрического состава взорванной горной массы.

Рис. 1. Схемы асимметричных цилиндрических кумулятивно-канальных зарядов:
1 – патрон прессованного аммонита (литого тротила или россыпного ВВ); 2 – кумулятивная выемка;
3 – врубные шпур; 4 – выемка, сориентированная в сторону компенсационного шпура или обнаженного пространства

Fig. 1. Schemes of asymmetrical cylindrical shaped charges:
1 – cartridge of pressed ammonite (cast trotyl or explosive in bulk); 2 – focusing hollow;
3 – cut holes;
4 – well oriented towards the compensatory blasthole or stripped space

Анализ результатов экспериментов показал, что рассмотренные конструкции шпуровых зарядов ВВ с кумулятивным эффектом и способы ведения взрывных работ дают незначительное повышение эффективности взрывания, отличаются сложностью конструкции и технологии ведения взрывных работ.

Известны заряды ВВ, в которых выполняются конические кумулятивные выемки для концентрации энергии взрыва в определенных направлениях и предназначенные для взрывного разрушения горных пород [1–9]. Однако характер разрушения горных пород применяемыми коническими кумулятивными зарядами

не отличается от результатов взрыва обычными зарядами. По этой причине применение конических кумулятивных зарядов не имеет широкого распространения при горных работах.

Для направленного действия взрыва шпуровых зарядов разработаны различные конструкции зарядов ВВ с боковыми выемками, имеющими разнообразные формы и направленность. Основная цель применения таких зарядов – увеличение КИШ при проходке выработок. Существуют конструкции зарядов [10–15], в которых наклонно к продольной оси заряда выполняется трапецевидная выемка, размещенная у среза образующей торца заряда ВВ. Во взрывном шпуре выемка должна быть направлена в сторону дополнительной обнаженной поверхности или незаряжаемого шпура. Создание таких полостей существенно усложняет технологию зарядки шпуров, а их эффективность не позволяет рекомендовать их применение в промышленных масштабах.

В работе [2] предложен способ бурения шпуров с размещением в них зарядов с продольными кумулятивными выемками, которые направлены в сторону последующего заряда. Шпуровые заряды ВВ располагают по окружности, а в центре размещается компенсационный шпуровой заряд с равным количеством отбойных шпуров и числом продольных кумулятивных выемок. Отбойные шпуры располагают перпендикулярно линии, соединяющей их центры. При этом заряд, расположенный в центре, взрывают с опережением, а отбойные шпуровые заряды – мгновенно.

Установлено, что при взрывании эффект от применения таких продольных кумулятивных выемок невысок, а сам шпуровой заряд не концентрирует энергию взрыва в донной части шпура. В связи с этим КИШ при использовании зарядов с продольными кумулятивными выемками практически не отличается от КИШа обычных зарядов.

Изучением действующих паспортов БВР и достигнутых результатов проходческих работ горных выработок буровзрывным способом ряда подземных рудников Навоийского горно-металлургического комбината установлено, что при небольших площадях сечения выработок взрывные работы сопровождаются наличием невзорвавшихся частей шпуров, образующих «стаканы». Установлено, что эффективность ведения взрывных работ зависит как от схемы расположения шпура, так и от конструкции заряда ВВ.

Предлагаемое решение. Теоретическими исследованиями [1, 15] установлено, что существенное влияние на состояние поверхности и уровня забоя после взрыва оказывает форма донной части заряда.

С учетом имеющихся результатов теоретических исследований [1, 2, 6, 7, 9, 11] разработана новая конструкция шпурового заряда с кумулятивным эффектом [15], позволяющая увеличить КИШ, достичь более четких проектных контуров горных выработок и исключить невзорвавшиеся части шпуров («стаканы»). Данная конструкция обеспечивает направленное действие взрыва и повышает эффективность использования энергии взрыва на дробление горного массива за счет использования кумулятивного эффекта.

В результате решения уравнений механики сплошной среды и изучения гидродинамической теории кумуляции заряда установлена зависимость изменения угла схлопывания кумулятивной облицовки, град, от высоты и радиуса конуса, начальной скорости и скорости самой кумулятивной струи, толщины облицовки и времени схлопывания [5]:

$$\alpha = \arctg \left[\frac{r_{\text{шп}}}{h_k} + \frac{V_n}{V_{\text{к.с}} h_k} (V_n t + h_{\text{об}}) \right],$$

где $r_{\text{шп}}$ – радиус шпура, мм; V_n – начальная скорость кумулятивной струи, км/с;

h_k – высота конуса, мм; $V_{к.с}$ – скорость кумулятивной струи, км/с; t – время схлопывания, мс; $h_{об}$ – толщина облицовки, мм.

Известно, что для кумулятивных зарядов необходимо оптимальное фокусное расстояние F от заряда до преграды (рис. 2). При взрывании заряда с подбором наиболее оптимального фокусного расстояния пробитие кумулятивной струи максимально по сравнению с другими вариантами. При использовании конических зарядов $F = (2 - 3)d$, где d – диаметр заряда ВВ, при применении прецизионных зарядов $F = (6 - 10)d$.

Рис. 2. Зависимость глубины пробития от фокусного расстояния:

1 – кумулятивный заряд конической формы; 2 – с прецизионной технологией; 3 – идеальная технология (с нулевыми допусками); 4 – идеальная технология с учетом торможения струи в воздухе

Fig. 2. Dependence of perforation depth on focal distance:

1 – conical-shaped charge; 2 – with precision technology; 3 – ideal technology (with zero tolerance); 4 – ideal technology with the account of jet stopping-down in air

На рис. 2 показана зависимость глубины пробития горных пород от фокусного расстояния. Для прецизионных зарядов $L/d = 10-12$.

Высота кумулятивной облицовки определяется по формуле:

$$h = \frac{d}{2 \operatorname{tg}(\alpha/2)},$$

где α – угол между стенками облицовки.

С использованием полученных аналитических зависимостей рекомендована конструкция шпурового заряда, основное отличие которой от известных заключается в направленности кумулятивной выемки с металлизированной облицовкой на дно шпура. Предлагаемая конструкция заряда (рис. 3) обеспечивает повышение КПД взрыва, его строгую направленность и повышение КИШ в различных горно-геологических условиях взрывания.

На основе проведенных теоретических исследований и предложенной конструкции шпурового заряда ВВ с кумулятивным эффектом для увеличения коэффициента использования шпуров при проходке подземных горных выработок рудника Каракутан Навоийского горно-металлургического комбината Республики Узбекистан были проведены экспериментальные взрывные работы по увеличению коэффициента использования шпуров на 20 % (КИШ = 0,95) при проходке подземных горных выработок разного, в том числе малого, сечения, что позволило снизить себестоимость буровзрывных работ.

Основными факторами, определяющими эффективность предлагаемого нового способа взрывания по отношению к базовому способу, приняты: коэффициент использования шпура; шаг подвигания забоя за один взрыв; объем горной массы, оторванной за один взрыв; гранулометрический состав взорванной горной массы.

Определение гранулометрического состава взорванной горной массы, коэффициента использования шпура, шага подвигания забоя за один взрыв и объема горной массы, оторванной за один взрыв, осуществлялось маркшейдерской съемкой.

Рис. 3. Конструкция шпуровых зарядов с кумулятивным эффектом:
1 – шпур; 2 – массив горных пород; 3 – конус из металлической облицовки;
4 – заряд ВВ; 5 – забойка; 6 – источник инициирования

Fig. 3. Construction of blasthole charges with the use of Munroe effect:
1 – blasthole; 2 – rock mass; 3 – cone of metal liner; 4 – explosive charge; 5 – tamping;
6 – fulmination source

Опытно-промышленные работы проведены на основе разработанной конструкции шпурового заряда по паспорту буровзрывных работ рудника Каракутан с использованием конструкции шпурового заряда ВВ с кумулятивным эффектом для трех подготовительных подземных горных выработок. В качестве взрывчатого вещества использовалось патронированное эмульсионное взрывчатое вещество (ЭВВ) марки Nobelit 216Z диаметром 36 мм, диаметр шпуров – 43 мм.

Выводы. Анализ проведенных исследований показал, что коэффициент использования шпуров (КИШ) является одним из основных критериев качества проведенного взрыва. Взрыв считается неудовлетворительным при КИШ менее 0,65–0,75 %, нормальным при КИШ 0,80–0,85 % и хорошим при КИШ 0,90 % и выше.

Разработана конструкция шпурового заряда ВВ с конической металлической облицовкой с кумулятивным эффектом, позволяющая повысить КИШ, шаг подвигания забоя за один взрыв при проходке подземных горных выработок и увеличить объем горной массы, оторванной за один цикл взрыва.

Разработанная конструкция шпурового заряда ВВ с кумулятивным эффектом при опытных взрывах позволила получить положительные результаты и изменить параметры БВР (повысить шаг уходки выработки на 20 % и КИШ до 0,95).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Франтов А. Е. Конверсионные взрывчатые вещества – условия рационального применения в геотехнологиях. Германия: Ламберт Академик, 2014. 136 с.
2. Франтов А. Е., Бригадин И. В., Тучков Е. Н., Дорошенко С. И. О связи энергетических и взрывчатых характеристик при оценке действия взрыва в сложных горнотехнических условиях // Взрывное дело. 2015. № 113/70. С. 204–216.
3. Тюпин В. Н., Святецкий В. С. Методика определения параметров БВР при отработке маломощных урановых рудных тел с целью снижения разубоживания // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. 2013. № 3(39). С. 89–94.
4. Тюпин В. Н., Лизункин М. В., Лизункин В. М. Определение размера зоны разрушения, напряженного трещиноватого горного массива при одновременном взрывании нескольких параллельно сближенных зарядов // ГИАБ. 2015. № 12. С. 46–51.
5. Оверченко М. Н., Мозер С. П., Галушко Ф. И., Луников А. Г. Развитие схем контурного взрывания для проходки подземных горных выработок // Взрывное дело. 2016. № 115/72. С. 202–214.
6. Бунин Ж. В., Норов Ю. Д., Нутфуллаев Г. С., Заиров Ш. Ш. Определение глубины разрушения крепкого пропластка в массиве разнопрочных горных пород зарядом взрывчатых веществ с кумулятивным эффектом // Взрывное дело. 2015. № 113/70. С. 133–140.
7. Сакерин А. С., Константинов Д. О., Козырев С. А., Оверченко М. Н. Эмульсионные взрывчатые вещества, зарядное оборудование и взрывные технологии для подземных горных работ // Горный журнал. 2014. № 10. С. 38–41.
8. Кутузов Б. Н., Старшинов А. В., Жамьян Ж. Некоторые проблемы и их решение при использовании смесевых взрывчатых веществ на горных предприятиях Монголии // Горный журнал. 2017. № 1. С. 80–84.
9. Трубецкой К. Н., Захаров В. Н., Викторов С. Д., Жариков И. Ф., Закалинский В. М. Взрывное разрушение горных пород при освоении недр // Проблемы недропользования. 2014. № 3. С. 80–95.
10. Добрынин А. А. Взрывчатые вещества. Химия. Составы. Безопасность. М.: ИД Академия Жуковского, 2017. 528 с.
11. Купер Пол, Куровски Стэнли. Введение в технологию взрывчатых веществ. 2015. 204 с.
12. Кубота Наминосуке. Пропелленты и взрывчатые вещества: термохимические аспекты горения. Пермь, 2015. 260 р.
13. Гохале Бальнандра В. Роторное бурение и взрывные работы в шахтах с большой поверхностью. Донецк, 2016. 748 с.
14. Форд Жан Отто. Взрывчатка и расследование поджога. Мейсон Крест, 2014. 112 с.
15. Умаров Ф. Я., Нутфуллоев Г. С., Назаров З. С., Шарипов Л. О. Повышение эффективности проходки подземных горных выработок с использованием шпуровых зарядов с кумулятивным эффектом // Горный вестник Узбекистана. 2019. № 1. С. 82–85.

Поступила в редакцию 5 ноября 2019 года

Сведения об авторах:

Умаров Фарходбек Яркулович – доктор технических наук, профессор, директор Алмалыкского филиала Национального исследовательского технологического университета «МИСиС». E-mail: farkhodbek.umarov@yandex.ru

Насиров Уткир Фатидинович – доктор технических наук, профессор, заместитель директора по научной работе и инновациям Алмалыкского филиала Национального исследовательского технологического университета «МИСиС». E-mail: unasirov@yandex.ru

Нутфуллоев Гафур Субхонович – кандидат технических наук, начальник отдела контроля качества образования Алмалыкского филиала Национального исследовательского технологического университета «МИСиС». E-mail: gafurcom@mail.ru

Назаров Зоир Садыкович – кандидат технических наук, доцент кафедры горного дела Навоийского государственного горного института. E-mail: gafurcom@mail.ru

Шарипов Лазизжон Окилджонович – старший преподаватель кафедры добычи руд редких и радиоактивных металлов Навоийского государственного горного института. E-mail: gafurcom@mail.ru

DOI: 10.21440/0536-1028-2020-3-15-23

Improving the efficiency of tunneling underground mine workings with the use of blasthole charges with Munroe effect

Farkhodbek Ia. Umarov¹, Utkir F. Nasirov¹, Gafur S. Nutfulloev¹, Zoir S. Nazarov², Lazizhon O. Sharipov²

¹ Almalyk branch of the National Research and Technology University MISiS, Almalyk, Republic of Uzbekistan.

² Navoiy State Mining Institute, Navoiy, Uzbekistan.

Abstract

Introduction. Various techniques of breaking rock by explosion have currently been developed when tunneling underground mine workings, but asymmetrically directed stress fields application is of the main interest.

Research aim is to study explosion energy distribution and maximum concentration deep down the blasted rock mass. Blast energy concentration may be achieved by using the principle of cumulation in the hole back by means of changing the design of the blasthole explosive charge.

Methodology. Based on the analyzed literature and theoretical research it is recommended to use the design of a blasthole explosive charge with the use of Munroe effect, which makes it possible to increase the blasthole efficiency ratio (BER), reduce drilling activity, reach sharper design contours of mine workings and eliminate bootlegs. The action of blasthole explosive charges with Munroe effect has been theoretically investigated, hydrodynamic theory of cumulation has been studied, and the dependences have been determined between the liner's collapsing angle alternation and the radius of the cone, its height, initial velocity, and cumulative jet velocity.

Results. The main factors which determine the efficiency of the proposed new technique of blasting against the basic technique are the blasthole efficiency ratio, face advance pace after one blast, the amount of rock mass detached after one blast, and the granulometric composition of the blasted rock mass.

Summary. The developed design of the blasthole explosive charge with Munroe effect makes it possible to increase BER, face advance per one cycle, and increase the amount of the broken rock mass.

Key words: blasthole; tamping; design; explosive charge; Munroe effect; stope face; perforation depth; liner's height; detonation wave.

REFERENCES

1. Frantov A. E. *Conversion explosives – conditions for rational application in geotechnologies*. Germany: Lambert Academic Publishing; 2014. (In Russ.)
2. Frantov A. E., Brigadin I. V., Tuchkov E. N., Doroshenko S. I. On the connection between energy and explosive characteristics when assessing the action of a blast in complex mine and technical conditions. *Vzryvnoe delo = Explosion Technology*. 2015; 113/70: 204–216. (In Russ.)
3. Tiupin V. N., Sviatetskii V. S. Methods of boring-blasting ratings determination in the low-powered uranium ore-bodies mining for the purpose of increasing the useful component in the bulk. *Sovremennye tekhnologii. Sistemnyi analiz. Modelirovanie = Modern Technologies. System Analysis. Modeling*. 2013; 3(39): 89–94. (In Russ.)
4. Tiupin V. N., Lizunkin M. V., Lizunkin V. M. Determination of breaking zone of strained fractured array during simultaneous explosion of several parallel contiguous charges of blasting compounds. *Gornyi informatsionno-analiticheskii biulleten (nauchno-tehnicheskii zhurnal) = Mining Informational and Analytical Bulletin (scientific and technical journal)*. 2015; 12: 46–51. (In Russ.)
5. Overchenko M. N., Mozer S. P., Galushko F. I., Lunkov A. G. Developing the schemes of smoothwall blasting to tunnel underground mine workings. *Vzryvnoe delo = Explosion Technology*. 2016; 115/72: 202–214. (In Russ.)
6. Bunin Zh. V., Norov Iu. D., Nutfullaev G. S., Zairov Sh. Sh. Determining the depth of breaking strong intercalation in the mass of rock of various strength by a charge of explosives with a shaped charge. *Vzryvnoe delo = Explosion Technology*. 2015; 113/70: 133–140. (In Russ.)
7. Sakerin A. S., Konstantinov D. O., Kozyrev S. A., Overchenko M. N. Emulsion explosives, charging equipment, and blasting technology for underground mining. *Gornyi zhurnal = Mining Journal*. 2014; 10: 38–41. (In Russ.)
8. Kutuzov B. N., Starshinov A. V., Zhamian Zh. Some problems and their solution when using mixed explosives at mining enterprises of Mongolia. *Gornyi zhurnal = Mining Journal*. 2017; 1: 80–84. (In Russ.)
9. Trubetskoi K. N., Zakharov V. N., Viktorov S. D., Zharikov I. F., Zakalinskii V. M. The explosive destruction of rocks mass in the development of mineral resources. *Problemy nedropolzovaniia = The Problems of Subsoil Use*. 2014; 3: 80–95. (In Russ.)
10. Dobrynin A. A. *Explosives. Chemistry. Makeups. Security*. Moscow: ID Akademiia Zhukovskogo Publishing; 2017. (In Russ.)
11. Paul Cooper, Stanley R. Kurowsky. *Introduction to the technology of explosives*. 2015. 204 p.
12. Kubota Naminosuke. *Propellants and explosives: thermochemical aspects of combustion*. Perm; 2015. 260 p.
13. Gokhale Bhalchandra V. *Rotary drilling and blasting in large surface mines*. Donetsk. 2016. 748 p.
14. Ford Jean Otto. *Explosives and arson investigation*. Mason Crest Publishing; 2014. 112 p.
15. Umarov F. Ia., Nutfulloev G. S., Nazarov Z. S., Sharipov L. O. Improving the efficiency of tunneling underground mine workings with the use of blasthole charges with shaped charge. *Gornyi vestnik Uzbekistana = Mining Bulletin of Uzbekistan*. 2019; 1: 82–85.

Received 5 November 2019

Information about authors:

Farkhodbek Ia. Umarov – DSc (Engineering), Professor, Director of National University of Research and Technology MISiS in Almaty. E-mail: farkhodbek.umarov@yandex.ru

Utkir F. Nasirov – DSc (Engineering), Professor, Deputy director for science, Almalyk branch of the National Research and Technology University MISiS. E-mail: unasirov@yandex.ru

Gafur S. Nutfulloev – PhD (Engineering), Head of the Department of education quality control, Almalyk branch of the National Research and Technology University MISiS. E-mail: gafurcom@mail.ru

Zoir S. Nazarov – PhD (Engineering), associate professor of the Department of Mining, Navoiy State Mining Institute. E-mail: gafurcom@mail.ru

Lazizzhon O. Sharipov – senior lecturer of the Department of Mining of Rare and Radioactive Metals, Navoiy State Mining Institute. E-mail: gafurcom@mail.ru

Для цитирования: Умаров Ф. Я., Насиров У. Ф., Нутфуллоев Г. С., Назаров З. С., Шарипов Л. О. Повышение эффективности проходки подземных горных выработок с использованием шпуровых зарядов с кумулятивным эффектом // Известия вузов. Горный журнал. 2020. № 3. С. 15–23. DOI: 10.21440/0536-1028-2020-3-15-23

For citation: Umarov F. Ia., Nasirov U. F., Nutfulloev G. S., Nazarov Z. S., Sharipov L. O. Improving the efficiency of tunneling underground mine workings with the use of blasthole charges with Munroe effect. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenii. Gornyi zhurnal = News of the Higher Institutions. Mining Journal.* 2020; 3: 15–23 (In Russ.). DOI: 10.21440/0536-1028-2020-3-15-23