

РАЗРУШЕНИЕ КРЕПКИХ ПОРОД ЗАРЯДОМ ВЗРЫВЧАТОГО ВЕЩЕСТВА КАРКАСНО-СТУПЕНЧАТОГО ДЕЙСТВИЯ

Т.М. Игбаев¹, Д.К. Ахметканов^{2*}

¹Ualikhanov University, г.Кокшетау, Казахстан,

²Satbayev University, г.Алматы, Казахстан,

e-mail: d.akhmetkanov@satbayev.university

В статье представлена технология многократного фокусирования кумулятивной струи и его направленного действия в кумулятивном боеприпасе для усиления кумулятивного потока без увеличения массы заряда взрывчатого вещества. Рассмотрен повышенный кумулятивный поток для повышения его скорости. При взрыве скважинного заряда горные породы разрушаются методом нажатия за счет большого давления энергии взрыва, в результате чего образуется значительное количество измельченной массы вокруг заряда, которая при перегрузке и доставке рассыпается и нарушает экологию. Увеличение массы скважинного заряда не обеспечивает кучность отбойки и приводит к повышению разлета горной массы, что снижает безопасность в местах ведения взрывных работ, а так же увеличиваются трудозатраты при демонтаже и монтаже оборудования для сохранения горных машин и системы обеспечения электрической энергией, и увеличивается объем ремонтных и восстановительных работ. Учитывая, вышеизложенный недостаток разработана новая конструкция ускорителя с каскадно-ступенчатым действием кумулятивного заряда. Форма кумулятивного ускорителя теперь имеет обтекаемую объёмную форму, которая увеличивается от взрывателя, чтобы не создавать воздушные подушки и обеспечивать уплотнение насыпного заряда. Предлагаемая инновационная взрывная технология может использоваться в горной и других отраслях промышленности для повышения производительности взрывных работ по разрушению, дроблению и кучности разрушенной горной массы для улучшения экологии в местах ведения взрывных работ без выхода негабаритных кусков.

Ключевые слова: взрывчатые вещества, ускорители, кумулятивные струи, воздушные подушки, фокусирование энергии взрыва, разрушение горных пород.

КАРКАСТЫ-САТЫЛЫ ӘРЕКЕТТІ ЖАРЫЛҒЫШ ЗАТТЫҢ ОҚТАМАСЫМЕН ҚАТТЫ ЖЫНЫСТАРДЫ УАТУ

Т.М. Игбаев¹, Д.К. Ахметканов^{2*}

¹Уәлиханов университеті, Көкшетау, Қазақстан,

²Сәтбаев университеті, Алматы, Қазақстан,

e-mail: d.akhmetkanov@satbayev.university

Мақалада жарылғыш оқтаманың массасын арттырмай, кумулятивті ағынды күшейту үшін кумулятивті оқ-дәрідегі кумулятивті реактивті фокустау технологиясы ұсынылған. Оның жылдамдығын арттыру үшін кумулятивті ағынның жоғарылауы қарастырылады. Ұңғыма оқтамасы жарылған кезде тау жыныстары жарылыс энергиясының үлкен қысымына байланысты қысу әдісімен уатылады, нәтижесінде оқтаманың айналасында ұсақталған массаның едәуір мөлшері пайда болады, ол шамадан тыс жүктелгенде және жеткізілгенде шашылып, экологияны бұзады. Ұңғыма оқтамасы массасының ұлғаюы уату дәлдігін қамтамасыз етпейді және тау-кен массасының уатылу кезінде кесектастардың жоғарылауына әкеп соғады, бұл жарылыс жұмыстарын жүргізу орындарындағы қауіпсіздікті төмендетеді, сонымен қатар тау-кен машиналары мен электр энергиясын қамтамасыз ету жүйесін сақтауға арналған жабдықты бөлшектеу және монтаждау кезінде еңбек шығындары артады және жөндеу, қалпына келтіру жұмыстарының көлемі артады. Жоғарыда келтірілген кемшілікті ескере отырып, көп қабатты кумулятивті оқтама үдеткішінің жаңа дизайны жасалды. Кумулятивті үдеткіштің пішіні енді ауа жастықшаларын жасамау және оқтаманың тығыздалуын қамтамасыз ету үшін жеңілдетілген пішінге ие. Ұсынылып отырған инновациялық жарылыс технологиясын тау-кен

және басқа да салаларда тау жыныстарын бұзу және ұсақтау бойынша жарылыс жұмыстарының өнімділігін арттыру үшін, габаритті емес кесектастардың шығуынсыз жарылыс жұмыстарын жүргізу мен жарылыс орындарындағы экологияны жақсарту үшін пайдалануға болады.

Түйін сөздер: жарылғыш заттар, үдеткіштер, кумулятивті ағындар, ауалық қуыстар, жарылыс энергиясын фокусирлеу, тау жыныстарын уату.

DESTRUCTION OF HARD ROCKS BY EXPLOSIVE CHARGE OF A FRAME-STEP ACTION

T. Igbayev¹, D. Akhmetkanov^{2*}

¹Ualikhanov University, Kokshetau, Kazakhstan,

²Satbayev University, Almaty, Kazakhstan,

e-mail: d.akhmetkanov@satbayev.university

The article presents the technology of multiple focusing of a cumulative jet and its directional action in a cumulative ammunition to enhance the cumulative flow without increasing the mass of the explosive charge. An increased cumulative flow is considered to increase its velocity. When a downhole charge explodes, rocks are destroyed by compression due to the high pressure of the explosion energy, resulting in a significant amount of crushed mass around the charge, which crumbles during overload and delivery and violates the environment. An increase in the mass of the borehole charge does not ensure the accuracy of the rebound and leads to an increase in the spread of rock mass, which reduces safety in places where blasting operations are carried out, as well as labor costs increase during dismantling and installation of equipment to preserve mining machines and electric power supply systems, and the volume of repair and restoration work increases. Taking into account the above drawback, a new accelerator design with a cascade-step action of a cumulative charge has been developed. The shape of the cumulative accelerator now has a streamlined volumetric shape, which increases from the fuse so as not to create air cushions and ensure the sealing of the bulk charge. The proposed innovative explosive technology can be used in mining and other industries to increase the productivity of blasting operations for destruction, crushing and accuracy of the destroyed rock mass to improve the environment in places of blasting without the release of oversized pieces.

Keywords: explosives, accelerators, cumulative jets, airbags, focusing of explosion energy, destruction of rocks.

Введение. Взрывоподготовка горной массы на карьерах Соколовско-Сарбайского Горно-производственного объединения (далее, объединение) осуществляется на большой глубине. Ее доставка на поверхность на перерабатывающие предприятия осуществляется автосамосвалами большой грузоподъемности. При подъеме руды на «гора» тяжелые машины затрачивают значительное время и энергию. Такая замедленная цикличность технологического процесса доставки руды на поверхность резко снижает производительность труда.

Материалы и методы. Применяемые в настоящее время на карьерах объединения взрывные технологии разрушения горных пород несовершенны, железная руда выходит с неоднородной кусковатостью и значительным выходом негабарита. При высоте уступа 27м скважины бурят глубиной 30м с перебуром 3м. Это сдерживает использование в карьерах более прогрессивных способов доставки ру-

ды на переработку: *конвейерного, пневмо - или гидротранспорта*, позволяющих осуществлять непрерывную доставку руды на «гора».

Причиной неоднородной кусковатости разрушенной горной массы и выхода негабарита является то, что зарядку скважин осуществляют насыпным способом по горловине скважин с применением двух боевиков для надежности возбуждения взрыва. При этом надёжность возбуждения взрыва достигается, но часть энергии идёт на вылет, так как второй боевик располагается ближе к поверхности[1,2].

При взрыве скважинного заряда горные породы разрушаются методом на сжатие за счет большого давления энергии взрыва, в результате чего образуется значительное количество измельченной массы вокруг заряда, которая при перегрузке и доставке рассыпается и нарушает экологию. Взрыв сопровождается выделением большой температуры в пределах миллиона градусов по Цельсию, в результате че-

го разрушенная горная масса ещё и спекается, что затрудняет процесс переработки и обогащения. Измельченная пыль и спёкшиеся частицы горной массы выбрасываются в отвал ввиду отсутствия необходимой технологии её переработки и отрицательно сказываются на экологию горного региона [3,4,5].

Увеличение массы скважинного заряда не обеспечивает кучность отбойки и приводит к повышению разлета горной массы, что снижает безопасность в местах ведения взрывных работ, а так же увеличиваются трудозатраты при демонтаже и монтаже оборудования для сохранения горных машин и системы обеспечения электрической энергией и увеличивается объем ремонтных и восстановительных работ.

Известно, что при взрыве 1 кг заряда взрывчатого вещества (далее - ВВ) образуется 1000 литров газа. Полезное использование взрыва заряда ВВ на горных предприятиях, по данным ученых, составляет около 60%, а 40%, несгоревшие частицы заряда и ядовитые газы, нарушают экологию в местах ведения взрывных работ. В Казахстане в течение года взрывают более 220 тысяч тонн ВВ на разных горных и других предприятиях и несложно подсчитать объем загрязнения атмосферы, (порядка 100 триллионов литров)

По закону Гука известно, что на разрушение горных пород методом на сжатие тратится энергии в несколько раз больше чем методом на изгиб и растяжение, однако при разрушении горных пород метод Гука не используется. Нами разработаны ускорители, которые позволяют, рассредоточено поднять скорость взрыва и обеспечить изгибающим методом разрушение горной массы. К настоящему времени нами разработано около 50 ускорителей различной геометрической формы, которые отражены в 37 патентах. С 1987г по 1992 г. эти ускорители прошли испытание на Соколовском карьере ССПЮ, которые легли в основу моей докторской диссертации.

Длительные испытания ускорителей позволили автору разработать метод многократного фокусирования продуктов взрыва. Многократное ускорение продуктов взрыва обеспечивает повышение скорости взрывным газам. Какую скорость можно получить при использовании метода многократного фокусирования? Для получения результата провели испытание многократного фокусирования на взрывном полигоне Инженерных войск Министерства обороны РК, где показали при пятикратном фокусировании скорость продуктов взрыва превысило скорость детонации заряда ВВ в 7,49 раза. На испытании было использовано аммиачно-селитренное

ВВ со скоростью 3400 м/с, а при взрыве с ускорителем получили скорость 25500 м/с, если бы применили заряд ВВ со скоростью детонации 7000 м/с, то скорость с ускорителем бы достигла 50 000 м/с. В результате проведенных научно-исследовательских работ была защищена кандидатская диссертация.

Результаты и обсуждение. В настоящее время конструкторская документация готова и выполнено изделие в металле для проведения испытаний инновационного метода, т.е. результат должен подтвердить наши теоретические расчеты (100 тыс. м/с).

Полигонно-промышленные испытания показали эффективность зарядов с кумуляцией энергии многократным (пятикратным) фокусированием взрывных газов и предложили продолжать исследования с целью определения новых путей использования её в гражданских и военных целях. Как отметил начальник инженерных войск Министерства обороны РК полковник Гареев М.Г.: "этот метод может быть применён также в боеприпасах для повышения поражающего действия." [6,7].

Руководство карьеров объединения готово модернизировать транспортный поток доставки руды при условии, если применяемая взрывная технология позволит получать железную руду без негабаритов и такой кусковатости, которая необходима для работы нового транспортного потока, без применения дополнительных взрывных работ и дробильных установок по разрушению негабаритных кусков руды.

После презентации инновационной взрывной технологии, руководство объединения разрешило провести опытный взрыв 2016 г. на Сарбайском карьере. Было взорвано 10 тонн ВВ в 18-ти скважинах диаметром 250 мм и глубиной 23 метра. Результаты взрыва удовлетворили руководство производственного объединения с малой кусковатостью горной массы и без негабаритов. В 2019 г. на Сарбайском карьере было взорвано 50 тонн в 70 скважинах и подготовлено взрывом 1 миллион кубических метров горной массы. К взрыву претензий нет и, однако, нет договора на продолжение взрывов.

Значимость технологии в национальном и международном масштабе состоит в том, что его результаты позволяют резко поднять потенциально полезную энергию взрыва заряда ВВ до 100%, что, по сравнению с существующими способами взрывания, больше в несколько раз. Кроме экономических показателей, разработанная инновационная взрывная технология безопасна по разлету кусков горной массы в пределах двух раз и улучшает экологию в местах

ведения взрывных за счет ликвидации ядовитых газов и уменьшения измельченной массы и пыли. Снижение выхода ядовитых газов за счет полноты сгорания всех компонентов ВВ при взрыве - очень важный показатель при работе в подземных условиях.

Экспериментальный взрыв провели в 1990 году на проходке штрека на шахте "Кварцитка" в Степногорске, где опыт показал КИШ равным единица, тогда как у них он был 0,8. Такие эксперименты были с положительными результатами проведены и в 2016-2017 годах. Однако, договор до сих пор не заключен [8,9,10].

Научная новизна технологии состоит в том, что впервые каскадным методом изменили направление взрыва и скорость взрывного процесса, тогда как раньше было принято, что заводская скорость детонации не изменяется в процессе взрыва заряда ВВ. Новая взрывная технология установила, что взрыв может распространяться с направленной, увеличенной или с направленной пониженной скоростью методом "домино", а при необходимости, пульсирующим способом, с отражением и концентрацией энергии взрыва в пределах заряда, в разрушаемом массиве горных пород.

Применение ускорителей разрешено при проведении буровзрывных работ на всей территории Республики Казахстан. Разрешение №KZ87VEN00005132 от 04.08.2016, подписано заместителем председателя Комитета.

Сущность инновационной взрывной технологии (далее – ИВТ):

- в пробуренные скважины с обычным ВВ закладываются через определенные промежутки на всю глубину скважины «Ускорители Игбаева» специальной конструкции;
- инициирующий боевик располагается в верхней части заряда (скважины);
- взрывной процесс развивается последовательно сверху скважины вниз каскадным методом от разделенного заряда к следующему заряду в скважине;
- последовательно ускорители увеличивают: до 5 раз – концентрацию взрывных процессов в скважине, до 10 раз – скорость истечения взрывных газов в зарядах ВВ, концентрируя и превращая продукты взрыва в плазму;
- скорость концентрированной энергии взрыва (плазмы), направленная от верхней части заряда скважины в ее донную часть, возрастает до 50 000 м/сек;
- последовательная серия усиливающихся взрывов зарядов ВВ создает высокочастотные и направленные удары по горному массиву, вызывая изгибные колебания, растяжение, а затем разрушение горной породы на мелкие куски, пригодные для добычи щебня, ускоритель много кратного фокусирования продуктов взрыва показано на рисунке 1. [11,12].

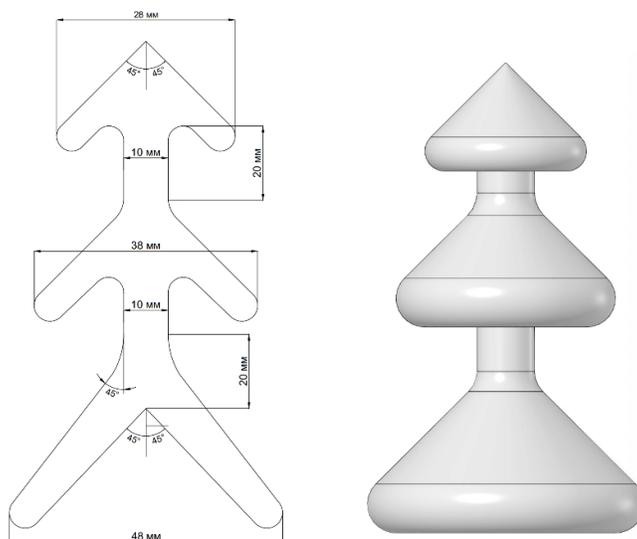


Рис. 1 - Ускоритель много кратного фокусирования продуктов взрыва

Область применения.

Целью предлагаемой инновационной взрывной технологии является внедрение ее в горную и другие отрасли промышленности для повышения производительности взрывных работ по разрушению и дроблению горных пород в щебень, без выхода негабаритных кусков и улучшения экологии в местах ведения взрывных работ.

Новизна Инновационной взрывной технологии:

- при меньшей массе заряда ВВ во много раз увеличивается разрушительная мощность энергии взрыва;

- при превращении газообразных продуктов взрыва до плазменного состояния сгорают все вредные и ядовитые газы, чем исключается выброс их в атмосферу;

- разрушительная мощность энергии взрыва расходуется не в круговую, а направленно, концентрируясь на единицу площади разрушаемой поверхности;

- уменьшается сейсмическое воздействие взрыва на горный массив, т.к. вместо одномоментного взрыва большой массы ВВ производится каскадная серия ускоренных взрывов небольших рассредоточенных зарядов ВВ, распределенных по всей высоте скважин.

Концентрированная разрушительная мощность энергии взрыва, направленная сверху вниз, позволяет:

- использовать энергию взрыва полностью на 100%;

- разрушать высокочастотными изгибными колебаниями горную породу для добычи щебня до кусков требуемого размера;

- исключить выбросы опасных кусков горных пород, пыли и вредных газов на поверхность и в атмосферу.

Новая взрывная технология имеет свой недостаток в том, что ускорители имеют объемную форму. При зарядке взрывчатого вещества типа Игданит, в составе которого имеется соляровое масло, создается влажность и его насыпное свойство снижается. При засыпке такого ВВ в скважину могут образоваться бесконтрольные воздушные полости, которые могут способствовать снижению направленной энергии заряда ВВ.

Выводы. Учитывая вышеизложенный недостаток разработали новую конструкцию ускорителя многослойного кумулятивного заряда. Форма кумулятивного ускорителя теперь имеет обтекаемую форму, которая увеличивается от взрывателя, чтобы не создавать воздушные подушки и обеспечивать уплотнение насыпного заряда. При взрыве скорость детонации заряда ВВ увеличивается по принципу $D < D_1 < D_2 < D_3$, где D - скорость детонации заряда ВВ, D_1 - скорость продуктов взрыва после первого кумулятивного заряда, D_2 - скорость продуктов взрыва после второго кумулятивного заряда, D_3 - скорость продуктов взрыва после третьего кумулятивного заряда. На сколько увеличивается скорость сфокусированных продуктов взрыва после прохождения каскада кумулятивных зарядов покажет замер при проведении опытных взрывов. Многослойные кумулятивные заряды фокусируют продукты взрыва в 3 и более раза сильнее чем известные кумулятивные заряды. В этом состоит новизна многослойных кумулятивных зарядов.

Конструкцию формы оригинального кумулятивного заряда покажем когда появятся заказчики. Если ранее разработанные ускорители в кумулятивных зарядах применялись рассредоточено, то новая конструкция может применяться сплошняком или рассредоточено. Распределение многослойного кумулятивного заряда по заряду (расстояние) зависит от заданной кусковатости горной массы, которая создается воздушными подушками.

Литература

1. Игбаев Т.М. Патент №1750336 на изобретение «Скважинный заряд для разрушения скальных пород» РФ. 1989г.
2. Игбаев Т.М. Разрушение горного массива кумулятивными зарядами // Алматы. Монография. 1998г. У. изд. л. – 10 п. л.
3. Игбаев Т.М., Сукуров Б.М. О перспективе применения методов управляемого взрыва. Вестник КазНТУ им К.И. Сатпаева. - 2010. - № 6 (82) - стр.63-66.
4. P.K. Singh, M.P. Roy, Ranjit K. Paswan, R.K. Dubey Blast vibration effects in an underground mine caused by open-pitmining. Drebenstedt International Journal of Rock Mechanics & Mining Sciences 80.- (2015)- pp. 79-88

-
- 5.P.K Singh. Blast vibration damage to underground coal mines from adjacent open-pit blasting. International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences Volume 39, Issue 8, December 2002.- pp. 959-973, [https://doi.org/10.1016/S1365-1609\(02\)00098-9](https://doi.org/10.1016/S1365-1609(02)00098-9)
- 6.Т.М.Игбаев, Н.А.Данияров. Патент №23622 «Способ разрушения горных пород высокочастотным взрывом». РК. 2010г.
- 7.Т.М.Игбаев. Патент №25339 «Способ пробивания скважин направленным взрывом». РК. 2011г.
8. Игбаев Т.М Кумулятивный заряд. Патент №28482. РК. 2014г.
- 9.Игбаев Т.М.,Сукуров Б.М. ”Заряд, составленный из фигурных шашек”. Вестник Академии военных наук РК.- 2020.- № 4.-стр.14-18.
- 10.Игбаев Т.М., Кожакан А.К. Аймурзинов Ж. ”Разрушение пород при проходке выработок торпедными зарядами без бурения”. Norwegian Journal of the Inteatienol SciencI. Oslo.Norway.№18/2018. стр.14-20.
- 11.Игбаев Т.М., Ахметканов Д.К. и др.”Инновационный способ проходки тоннелей разрушением скального грунта кумулятивными зарядами”.Вестник Инженерной академии Республики Казахстан. – 2020 - №2 (76).- стр.111-117.
12. Игбаев Т.М.,Сукуров Б.М.”К вопросу повышения могущества выстреливаемых гранат с помощью составных зарядов из фигурных шашек”. Вестник Академии военных наук РК. – 2021 - №1. - стр.25-28.

References

- 1.Igbaev T.M. Patent №1750336 na izobretenie «Skvazhinnyj zarjad dlja razrusheniya skal'nyh porod» RF. 1989g.
- 2.Igbaev T.M. Razrushenie gornogo massiva kumuljativnymi zarjadami // Almaty. Monografiya. 1998g. U.izd.1. – 10 p.l. [in Russian].
- 3.Igbaev T.M., Sukurov B.M. O perspektive primeneniya metodov upravljaemogo vzryva. Vestnik KazNTU im K.I.Satpaeva. - 2010.- № 6 (82) - str.63-66. [in Russian].
- 4.P.K. Singh, M.P. Roy, Ranjit K. Paswan, R.K. Dubey Blast vibration effects in an underground mine caused by open-pitmining. Drebenstedt International Journal of Rock Mechanics & Mining Sciences 80.- (2015)- pp. 79-88
- 5.P.K Singh. Blast vibration damage to underground coal mines from adjacent open-pit blasting. International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences.- Vol. 39, Issue 8.- December 2002.- pp. 959-973, [https://doi.org/10.1016/S1365-1609\(02\)00098-9](https://doi.org/10.1016/S1365-1609(02)00098-9)
- 6.Т.М.Игбаев, Н.А.Данияров. Патент №23622 «Способ разрушения горных пород высокочастотным взрывом». РК. 2010г.
- 7.Т.М.Игбаев. Патент №25339 «Способ пробивания скважин направленным взрывом». РК. 2011г.
8. Игбаев Т.М Кумулятивный заряд. Патент №28482. РК. 2014г.
- 9.Игбаев Т.М.,Сукуров Б.М. ”Заряд, составленный из фигурных шашек”. Vestnik Akademii voennyh nauk RK.- 2020.- № 4.-стр.14-18. [in Russian].
- 10.Игбаев Т.М., Кожакан А.К. Аймурзинов Ж. ”Разрушение пород при проходке выработок торпедными зарядами без бурения”. Norwegian Journal of the Inteatienol SciencI. Oslo.Norway.№18/2018. стр.14-20. [in Russian].
- 11.Игбаев Т.М., Ахметканов Д.К. и др.”Инновационный способ проходки тоннелей разрушением скального грунта кумулятивными зарядами”.Вестник Инженерной академии Республики Казахстан. – 2020 - №2 (76).- стр.111-117. [in Russian].
12. Игбаев Т.М.,Сукуров Б.М.”К вопросу повышения могущества выстреливаемых гранат с помощью составных зарядов из фигурных шашек”. Vestnik Akademii voennyh nauk RK. – 2021 - №1. - стр.25-28. [in Russian].

Сведения об авторах

Игбаев Т.М.- д-р.техн.наук, профессор, Ualikhhanov University, г.Кокшетау, Казахстан, e-mail: i_tasbulat@mail.ru;
Ахметканов Д.К. – канд.техн.наук, ассоциированный профессор, Satbayev University, г.Алматы, Казахстан, e-mail: d.akhmetkanov@satbayev.university

Information about the authors

T. Igbayev – Doctor of Technical Sciences, Professor of Ualikhanov University, Kokshetau, Kazakhstan, e-mail: i_tasbulat@mail.ru;

D. Akhmetkanov – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of Satbayev University, Almaty, Kazakhstan, e-mail: d.akhmetkanov@satbayev.university