

Код МРНТИ: 52.13.21

А.Ж. Имашев, *А.А. Мусин, А.К. Матаев, А.М. Суимбаева

*Некоммерческое акционерное общество «Карагандинский технический университет имени Абылкаса Сагинова»
(г. Караганда, Казахстан)*

МЕТОДЫ СНИЖЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТА ИЗЛИШКА СЕЧЕНИЯ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ ВЫРАБОТОК ВЗРЫВНЫМ СПОСОБОМ

Аннотация. В обзорной статье выполнен подробный анализ существующих конструктивных методов снижения коэффициента излишка сечения, оценена эффективность их использования в различных горно-геологических условиях. Определены основные факторы, влияющие на перебор сечения при проходке горизонтальных выработок. Представлен краткий обзор методов контурного взрывания, отражены их достоинства и недостатки. Выполнен анализ изменения коэффициента излишка сечения в зависимости от направления проходки относительно к простиранию крутопадающих пород. Особое внимание было обращено авторами на результаты зарубежных и отечественных исследователей в минимизировании перебора сечения за счет применения контурного взрывания.

Ключевые слова: коэффициент излишка сечения, буровзрывные работы, скважина, влияние взрыва, законтурный массив, структурные свойства, контурное взрывание, напластование пород, свойства массива, категория устойчивости пород.

Көлденең қазбаларды жарылғыш әдіспен жүргізу кезінде артық қиманың коэффициентін төмендету әдістері

Анатпа. Шолу мақаласында артық қима коэффициентін төмендетудің қолданыстағы конструктивті әдістеріне егжей-тегжейлі талдау жасалды, оларды әртүрлі тау-кен-геологиялық жағдайларда пайдалану тиімділігі бағаланды. Қазбаларды үңгілеу кезінде қиманың жобадан артық болуына әсер ететін негізгі факторлар анықталды. Контурлық жару әдістеріне қысқаша шолу, олардың артықшылықтары мен кемшіліктері көрсетілген. Тек түсетін жыныстардың созылуына қатысты үңгілеу бағытына байланысты артық қима коэффициентінің өзгеруіне талдау жасалды. Авторлар шетелдік және отандық зерттеушілердің нәтижелеріне контурлық жаруды қолдану арқылы көлденең қиманы барынша азайтуға ерекше назар аударды.

Түйінді сөздер: артық қима коэффициенті, бұрғылау-жару жұмыстары, жарылыстың әсері, контурдан тыс массив, құрылымдық қасиеттері, контурлы жару, жыныстардың қабаттасуы, массивтің қасиеттері, тау жыныстарының тұрақтылық категориясы.

Methods of reducing the coefficient of excess cross-section when carrying out horizontal workings by explosive method

Abstract. In the review article, a detailed analysis of existing constructive methods for reducing the coefficient of excess cross-section is carried out, the effectiveness of their use in various mining and geological conditions is evaluated. The main factors influencing the cross-section busting during horizontal workings are determined. A brief overview of contour blasting methods is presented, their advantages and disadvantages are reflected. The analysis of the change in the coefficient of excess cross-section depending on the direction of penetration relative to the strike of steeply falling rocks is carried out. Particular attention was paid by the authors to the results of foreign and domestic researchers in minimizing the cross-section busting through the use of contour blasting.

Key words: the coefficient of excess cross-section, drilling and blasting, the impact of explosion, structural array, structural properties, contour blasting, rock stratification, properties of the array, the category of rock stability.

Введение

В настоящее время разработка месторождений полезных ископаемых подземным способом характеризуется большими объемами проходческих работ. Скорость и качество проходки определяют эффективность развития рудника и подземных горных работ в целом. Одним из факторов, снижающих скорость проходки при использовании буровзрывных работ (БВР), является повышенное законтурное разрушение массива горных пород, приводящее к увеличению коэффициента излишка сечения (КИС).

При проведении горизонтальных выработок к буровзрывным работам предъявляются повышенные требования в части обеспечения необходимой отбойки породы после взрыва и качественного ее дробления, высокой устойчивости выработок и оконтуривания их в соответствии с проектом.

Обеспечить выполнение заданных требований возможно за счет разработки методов расчета оптимальных параметров буровзрывных работ, обеспечивающих оптимальный заданный отрыв и соответствие контура выработки в проходке ее проектному сечению. Существующие технологии ведения БВР не всегда обеспечивают требуемое оконтуривание выработки, что приводит к перебору сечения более чем на 20%. Причин, порождающих эти явления, может быть несколько: неправильный подбор типа взрывчатого вещества (ВВ) для данного массива пород, повышенный расход взрывчатых веществ, ошибка в подборе параметров сетки расположения шпуров и т. п.

Наибольшее распространение получила методика расчета параметров БВР при проходке выработок, предложенная профессором Н.М. Покровским¹. Она базируется

на определении удельного расхода ВВ, коэффициента, учитывающего структурные особенности пород, коэффициент зажима взрывающей породы и т. д. Недостатком этой методики является то, что используемые в расчетах коэффициенты имеют весьма широкий диапазон изменения принимаемых значений, которые зависят чаще всего от уровня подготовки и интуиции специалиста, выполняющего расчеты, нежели от собственно горно-геологических условий. В результате, параметры БВР устанавливаются по усредненным значениям, что отрицательно сказывается на эффективности взрывных работ. Несколько иной подход предложен в методике [1], в основе которой лежит определение радиуса зоны трещинообразования вокруг взрывающегося заряда ВВ. Б.Н. Кутузов отмечает, что при взрыве в массиве заряда ВВ

¹Ломоносов Г.Г. Условия рационального применения малогабаритного самоходного оборудования в проектах разработки тонких рудных тел. – М.: Горная книга, 2015. – 37 с.

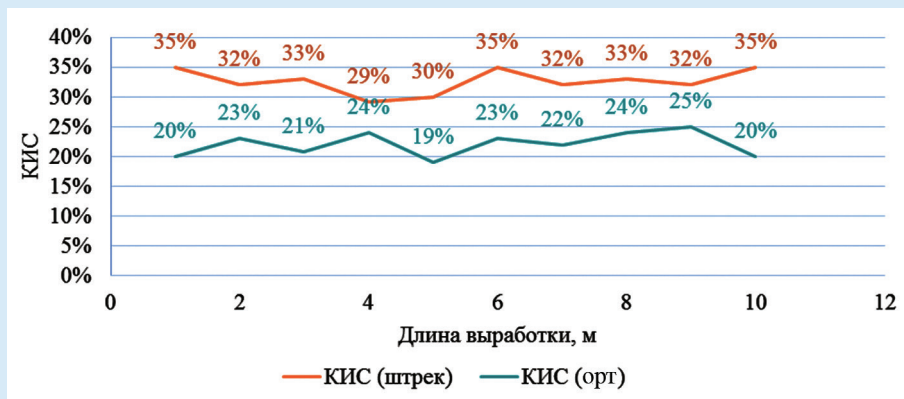


Рис. 1. Фактические показатели коэффициента излишка сечения в штреках и ортах.

Сурет 1. Штректер мен ортадағы артық кима коэффициентінің нақты көрсеткіштері.

Figure 1. Actual indicators of the coefficient of excess cross-section in drifts and orths.

вокруг места его расположения образуются две активные зоны (смятия и трещинообразования), размеры которых влияют на эффективность БВР. В данных методиках расчета БВР определение удельного расхода взрывчатых веществ осуществляется по формулам, учитывающим эталонный удельный расход ВВ и крепость пород по шкале проф. М.М. Протождяконова [2].

Стоит отметить, что горный массив неоднороден, и при разработке паспортов БВР требуется учитывать такие параметры, как направление выработки относительно простирания основной толщи пород (руд), глубина заложения, категория

устойчивости, структурные свойства пород и сейсмическое влияние силы взрыва на законтурный массив.

Несмотря на значительные успехи в области совершенствования технологии взрывных работ, существующие методики не в полной мере позволяют снизить КИС, что определило актуальность работы [3].

Основная часть

Цель работы – определение основных факторов, влияющих на показатель КИС при проходке горизонтальных выработок на основе существующих конструктивных решений.

На основе анализа литературных источников и опыта ведения горных работ были определены основные факторы, влияющие на показатель коэффициента излишка сечения:

- заложение выработки относительно простирания основной толщи пород;
- сейсмическое влияние силы взрыва в зависимости от категории устойчивости пород;
- качество бурения оконтуривающих шпуров.

Многолетний опыт ведения горных работ на золотодобывающем руднике Абыз показал, что наибольший объем вывалов наблюдается при проходке штреков по простиранию пород, а наименьший – при проходке ортов в крест простирания основной толщи пород.

На рис. 1 приведены фактические показатели КИС при заложении выработок по простиранию и в крест простирания пород; здесь видно,

что при проходке штреков перебор сечения доходит до 35%, тогда как в ортах КИС – не более 25%.

На рис. 2 показано, что при проходке выработок по простиранию пород происходят отслоения горных пород по напластованию пород преимущественно с кровли выработки, свод выработки приобретает форму «шатра».

Одним из важных факторов, влияющих на перебор сечения является категория устойчивости пород. На рис. 3 приведены данные анализа КИС в зависимости от категории устойчивости пород.

Результаты сравнительного анализа показывают, что категория устойчивости пород определяет сейсмическое влияние силы взрыва на законтурный массив горных пород, т. е., чем выше категория устойчивости пород, тем меньше обрушения приконтурной части. Для решения данной проблемы при проходке горных выработок часто применяют контурное взрывание.

На сегодняшний день при проведении горных выработок на рудниках Акбакай, Бескемпир, Жолымбет (АО «Алтыналмас»), Бозымчак (ТОО «KazMinerals»), Восход (ТОО «Восход-Oriel»), Абыз (ТОО «Корпорация Казахмыс») превышение проектных сечений достигает 10-30% и является проблемой, требующей нетрадиционного подхода.

Известно, что излишек сечения является основной проблемой проведения горных выработок, приводящей к увеличению объема горной массы для транспортировки, снижению несущей способности приконтурной части массива, значительному увеличению проходческого цикла и себестоимости погонного метра выработки. Несмотря на то, что имеются научные наработки [4], полученные результаты предыдущих исследований все еще не позволяют решить проблему сохранности проектных параметров сечений горных выработок.

На рис. 4 представлены результаты теоретических исследований по изменению некоторых параметров горнопроходческих работ в зависимости от излишка сечения горных выработок от 10% до 50%. Для расчета были приняты следующие

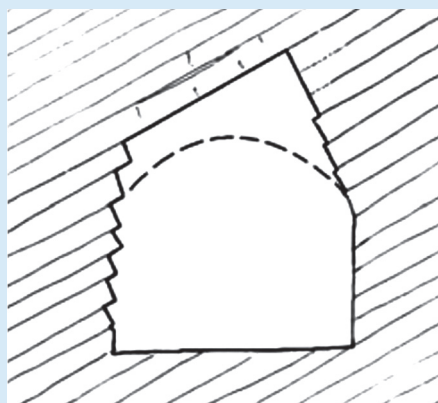


Рис. 2. Перебор сечения при заложении выработки по простиранию пород.

Сурет 2. Жыныстардың кеңею бойынша қазба төсеу кезінде қиманы қайта бөлу.

Figure 2. Search of the cross section when laying the workings along the strike of rocks.

параметры горной выработки: площадь сечения выработки – 10,9 м², ширина – 3,6 м, высота – 3,24 м.

При среднем коэффициенте излишка сечения 1,3 площадь сечения выработки составляет 14,17 м², что приводит к увеличению объема работ основных операций проходческого цикла. Количество погрузки отбитой горной массы увеличивается на 3 ковша (рис. 4а); число рейсов автосамосвала – на 1 рейс за один цикл подвигания забоя (рис. 4б). Расход торкретбетонной крепи возрастает на 0,12 м³ (рис. 4в); необходимый объем воздуха для проветривания горной выработки по расходу ВВ – на 3 м³ (рис. 4г).

Создание новых технологий ведения буровзрывных работ на основе комплекса геотехнических исследований путем минимизации коэффициента излишка сечения в зависимости от нарушенности массива горных пород взрывными работами, сейсмического воздействия силы взрыва и геомеханического состояния приконтурной части массива горных пород в соответствии с геологическим индексом прочности может стать решением актуальной научно-практической задачи обеспечения сохранности проектных параметров сечения выработки, снижения затрат и повышения эффективности горнопроходческих работ.

Контурное взрывание позволяет добиться максимального приближения фактического контура выработки к проектному и обеспечивает сохранность законтурного массива горных пород. Различают две разновидности контурного взрывания: предварительное и последующее оконтуривание. При предварительном оконтуривании вначале взрывают заряды ВВ в оконтуривающих шпурах, а затем – основные, расположенные по всему сечению выработки. При последующем оконтуривании заряды ВВ в шпурах, расположенных по контуру, взрывают после взрыва зарядов основного комплекта шпуров.

Впервые комплексное решение по количественным расчетам² было предложено Р.С. Пейном, Д.К. Холмсом, Х.Е. Кларком. Заключалось

оно в определении оптимальной массы заряда ВВ с учетом его свойств в шпуре на основе установления давления газов, при котором происходит превышение показателя предела прочности породы на сжатие, вследствие чего образуется минимальная зона разрушения за контурного массива.

Для решения проблемы перебора сечения разработано достаточно много способов [5], сущность которых сводится к использованию вдоль контура выработки зарядов взрывчатого вещества (ВВ) меньшей мощности. Самым распространенным вариантом контурного взрывания в настоящее время является использование ВВ в патронах малого диаметра и навески ВВ.

Контурное взрывание требует высокоточной реализации параметров, указанных в паспортах буровзрывных работ, т. е. надо точно размечать шпуры, а при бурении строго выдерживать углы наклона шпуров к поверхности забоя выработки.

Преимущества контурного взрывания: уменьшается объем «переборов» породы за проектным контуром; повышается устойчивость откосов уступов, выемок и горных выработок, что позволяет снизить затраты на их поддержание и ремонт в процессе эксплуатации; уменьшается расход материалов при возведении крепи, а в достаточно устойчивых породах удается

применить более экономичную напылочно-бетонную крепь [6-8].

Недостатки контурного взрывания: некоторое повышение объема буровых работ и необходимость более строгого контроля за расположением и направлением шпуров в процессе бурения.

В настоящее время в области контурного взрывания существуют нерешенные задачи, которые представляют определенную научно-практическую значимость и являются актуальными. Решение этих задач целесообразно проводить комплексно, на основе моделирования процессов контурного взрывания, используя и совершенствуя существующие методики. Также показатель коэффициента излишка сечения зависит от качества бурения забоя в соответствии с проектным сечением.

Выводы

Определены основные факторы, влияющие на «перебор» сечения при проходке горизонтальных выработок взрывным способом.

Выполнен анализ существующих методов снижения коэффициента излишка сечения при возведении горизонтальных выработок. Наиболее эффективным способом снижения КИС в практике ведения горных работ является применение контурного взрывания. Однако, существующие методы контурного взрывания основываются на снижении бризантности ВВ, а структурные

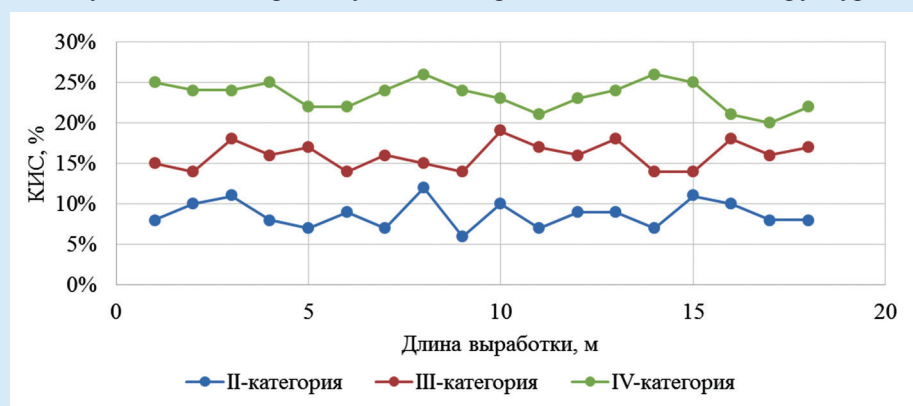


Рис. 3. Изменение коэффициента излишка сечения в зависимости от категорий устойчивости горных пород.

Сурет 3. Тау жыныстарының тұрақтылық санаттарына байланысты артық қиманың коэффициентін өзгерту.

Figure 3. Change in the coefficient of excess cross-section depending on the categories of rock stability.

²Барон Л.И., Ключников А.В. Контурное взрывание при проходке выработок. – Л.: Наука, 1967. – 204 с.

и прочностные свойства горных пород не учитываются.

Необходимо проведение исследований по определению переборов сечения выработок при их заложении относительно простирания в зависимости от угла залегания и прочности горных пород.

При решении поставленных задач целесообразно использовать комплексный метод исследования, включающий анализ литературных источников по вопросам обеспечения сохранности проектных сечений горных выработок, проводимых буровзрывным способом; проведение теоретических исследований для разработки технологических предложений, направленных на разработку новых паспортов буровзрывных работ; проведение опытных экспериментов в производственных условиях для выявления эффективности рекомендуемых технологий ведения буровзрывных работ по снижению коэффициента излишка сечения; использование методов теории вероятности, математической статистики для обоснования конструктивных параметров БВР; технико-экономическую оценку эффективности научных разработок.

Важной составляющей метода исследования является определение геологического индекса прочности (GSI) и районирование участков месторождения на геомеханические домены. Метод определения GSI

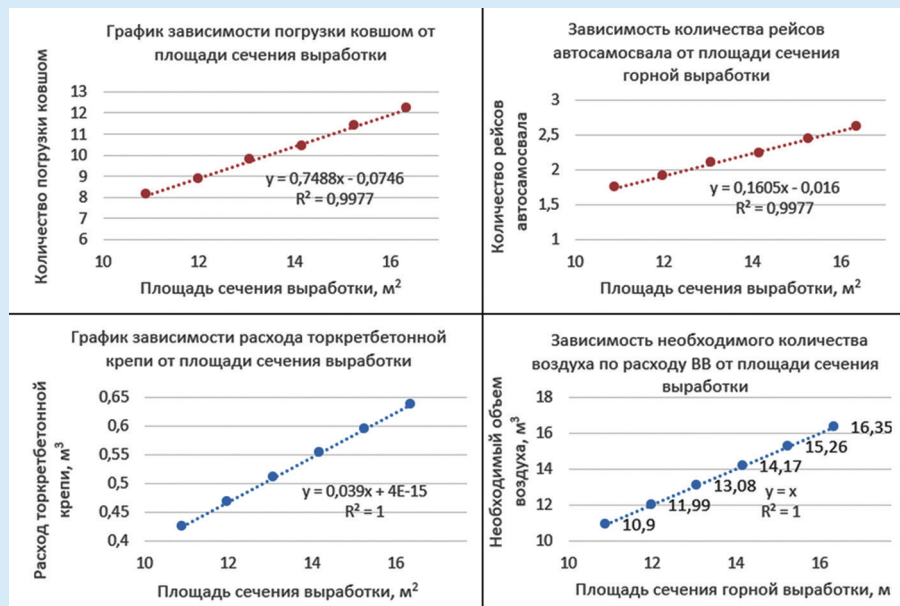


Рис. 4. Изменение некоторых параметров горнопроходческих работ в зависимости от излишка сечения горных выработок.

Сурет 4. Тау-кен қазбаларының артық кимасына байланысты тау-кен жұмыстарының кейбір параметрлерін өзгерту.

Figure 4. Change of some parameters of mining operations depending on the excess section of mine workings.

осуществляется уточнением прочностных характеристик образцов горных пород в лабораторных условиях, изучением гидрогеологических условий месторождения, определением качества горных пород по выходу керна и съемкой трещиноватости горных пород в шахтных условиях. Показатель GSI позволит с высокой точностью осуществить переход от прочности образцов горных

пород к прочности реального массива горных пород. На основании выполненного анализа можно предположить, что для достижения минимального значения коэффициента излишка сечения необходимо проведение исследований по определению сейсмического влияния силы взрыва на законтурный массив в зависимости от структурных и прочностных свойств горных пород.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Макаров А.Б. и др. Геомеханическое обоснование параметров горных работ при переходе на подземный способ добычи руд Березитового месторождения. // ФТПРПИ. – 2016. – №3. – С. 27-38 (на русском языке)
2. Itashev A., Suimbayeva A., Zholmagambetov N., Takhanov D. Исследование возможных зон неупругой деформации горного массива // Известия Национальной академии наук Республики Казахстан. Серия геологических и технических наук. – 2018. – Вып. 2. – №428. – С. 177-184 (на английском языке)
3. Имашев А.Ж., Судариков А.Е., Мусин А.А., Матаев А.К. Повышение эффективности буровзрывных работ с учетом структурных и прочностных свойств массива. // Горный журнал Казахстана. – Алматы, 2020. – №8. – С. 29-35 (на русском языке)
4. Itashev A.Zh., Sudarikov A.E., Musin A.A., Suimbayeva A.M., Asan S.Yu. Повышение показателей качества взрывных работ путем изучения естественного поля напряжений и воздействия силы взрыва на массив горных пород. // Известия Национальной академии наук Республики Казахстан. Серия геологии и технических наук. – Алматы: НАН РК, 2021. – Т. 4. – №448. – С. 30-35 (на английском языке)
5. Оверченко М.Н., Луньков А.Г., Веселов И.А., Мозер С.П., Козырев С.А., Сакерин А.С. Снижение законтурного разрушения массива при проходке горных выработок с использованием эмульсионных взрывчатых веществ. // Горная промышленность. – 2016. – №5(129). – С. 56-59 (на русском языке)

6. Флягин А.С., Жариков С.Н. Контурное взрывание при разработке месторождений полезных ископаемых. // Проблемы недропользования. – 2016. – №3. – С. 70-73 (на русском языке)
7. Brown C., Thomas G. Экспериментальные исследования воспламенения и перехода к детонации, вызванных отражением и дифракцией ударных волн. // Ударные волны. – 2000. – Вып. 10(1). – С. 23-32 (на английском языке)
8. Адушкин В.В., Будков А.М., Кочарян Г.Г. Особенности формирования зоны разрушения взрыва в массиве скальных пород. // ФТПРПИ. – 2007. – №3. – С. 65-76 (на русском языке)

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Макаров А.Б. және т. б. Березит кен орнының кендерін өндірудің жерасты әдісіне көшу кезінде тау-кен жұмыстарының параметрлерін геомеханикалық негіздеу. // Пайдалы қазбаларды игерудің физика-техникалық мәселелері. – 2016. – №3. – Б. 27-38 (орыс тілінде)
2. Imashev A., Suimbayeva A., Zholmagambetov N., Takhanov D. Тау жотасының серпімді емес деформациясының ықтимал аймақтарын зерттеу. // Қазақстан Республикасы Ұлттық Ғылым академиясының жаңалықтары. Геологиялық және техникалық ғылымдар сериясы. – 2018. – Шығ. 2. – №428. – Б. 177-184 (ағылшын тілінде)
3. Имашев А.Ж., Судариков А.Е., Мусин А.А., Матаев А.К. Массивтің құрылымдық және беріктік қасиеттерін ескере отырып, бұрғылау-жару жұмыстарының тиімділігін арттыру. // Қазақстанның тау-кен журналы. – Алматы, 2020. – №8. – Б. 29-35 (орыс тілінде)
4. Imashev A.Zh., Sudarikov A.E., Musin A.A., Suimbayeva A.M., Asan S.Yu. Кернеулердің табиғи өрісін және жарылыс күшінің тау жыныстары массивіне әсерін зерделеу арқылы жарылыс жұмыстарының сапа көрсеткіштерін арттыру. // Қазақстан Республикасы Ұлттық Ғылым академиясының жаңалықтары. Геология және техникалық ғылымдар сериясы. – Алматы: ҚР ҰҒА, 2021. – Шығ. 4. – №448. – Б. 30-35 (ағылшын тілінде)
5. Оверченко М.Н., Луньков А.Г., Веселов И.А., Мозер С.П., Козырев С.А., Сакерин А.С. Эмульсиялық жарылғыш заттарды пайдалана отырып, тау-кен қазбаларын үңгілеу кезінде массивтің контурдан тыс бұзылуын азайту. // Тау-кен өнеркәсібі. – 2016. – №5(129). – Б. 56-59 (орыс тілінде)
6. Флягин А.С., Жариков С.Н. Пайдалы қазбалар кен орындарын игеру кезіндегі контурлық жарылыс. // Жер қойнауын пайдалану мәселелері. – 2016. – №3. – Б. 70-73 (орыс тілінде)
7. Brown C., Thomas G. Соққы толқындарының шағылысуы мен дифракциясынан туындаған тұтануды және детонацияға көшуді эксперименттік зерттеу. // Соққы толқындары. – 2000. – Шығ. 10(1). – Б. 23-32 (ағылшын тілінде)
8. Адушкин В.В., Будков А.М., Кочарян Г.Г. Тау жыныстары массивіндегі жарылыстың жойылу аймағын қалыптастыру ерекшеліктері // Пайдалы қазбаларды игерудің физика-техникалық мәселелері. – 2007. – №3. – Б. 65-76 (орыс тілінде)

REFERENCES

1. Makarov A.B. et al. Geomechanicheskoe obosnovanie parametrov gornyx rabot pri perexode na podzemnyj sposob dobychi rud Berezitovogo mestorozhdeniya [Geomechanical substantiation of the parameters of mining operations during the transition to the underground method of ore extraction of the Berezite deposit. // FTPrPI = Physico-technical problems of mineral development. – 2016. – №3. – P. 27-38 (in Russian)
2. Imashev A., Suimbayeva A., Zholmagambetov N., Takhanov D. Research of possible zones of inelastic deformation of rock mass // News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan. Series of Geology and Technical Sciences. – 2018. – Vol. 2. – №428. – P. 177-184 (in English)
3. Imashev A.Zh., Sudarikov A.E., Musin A.A., Mataev A.K. Povyshenie e'ffektivnosti burovzryvnyx rabot s uchetom strukturnyx i prochnostnyx svojstv massiva [Improving the efficiency of drilling and blasting operations taking into account the structural and strength properties of the massif]. // Gornyj zhurnal Kazaxstana = Mining Journal of Kazakhstan. – Almaty, 2020. – №8. – P. 29-35 (in Russian)

4. *Imashev A.Zh., Sudarikov A.E., Musin A.A., Suimbayeva A.M., Asan S.Yu. Improving the quality of blasting indicators by studying the natural stress field and the impact of the blast force on the rock mass // News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan. Series of Geology and Technical Sciences. – Almaty: NAS PK, 2021. – Vol. 4. – №448, P. 30-35 (in English)*
5. *Overchenko M.N., Lunkov A.G., Veselov I.A., Moser S.P., Kozyrev S.A., Sakerin A.S. Snizhenie zakonturnogo razrusheniya massiva pri proxodke gornyx vyrabotok s ispol'zovaniem e'mul'sionnykh vzryvchatykh veshhestv [Reduction of structural destruction of the massif during the excavation using emulsion explosives]. // Gornaya Promyshlennost' = Mining Industry. – 2016. – №5(129). – P. 56-59 (in Russian)*
6. *Flyagin A.S., Zharikov S.N. Konturnoe vzryvanie pri razrabotke mestorozhdenij poleznykh iskopaemykh [Contour blasting during the development of mineral deposits]. // Problemy nedropol'zovaniya = Problems of subsoil use. – 2016. – №3. – P. 70-73 (in Russian)*
7. *Brown C., Thomas G. Experimental studies of ignition and transition to detonation induced by the reflection and diffraction of shock waves. // Shock Waves. – 2000. – Vol. 10(1). – P. 23-32 (in English)*
8. *Adushkin V.V., Budkov A.M., Kocharyan G.G. Osobennosti formirovaniya zony razrusheniya vzryva v massive skal'nykh porod [Features of the formation of an explosion destruction zone in an array of rocks // FTPRPI = Physico-technical problems of mineral development. – 2007. – №3. – P. 65-76 (in Russian)*

Сведения об авторах:

Имашев А.Ж., PhD, заведующий кафедрой «Разработка месторождений полезных ископаемых» Некоммерческого акционерного общества «Карагандинский технический университет им. Абылкаса Сагинова» (г. Караганда, Казахстан), imashev_85@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-9799-8115>

Мусин А.А., магистр техн. наук, старший преподаватель кафедры «Разработка месторождений полезных ископаемых» Некоммерческого акционерного общества «Карагандинский технический университет им. Абылкаса Сагинова» (г. Караганда, Казахстан), musin_aibek@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0001-6318-9056>

Матаев А.К., магистр техн. наук, преподаватель кафедры «Разработка месторождений полезных ископаемых» Некоммерческого акционерного общества «Карагандинский технический университет им. Абылкаса Сагинова» (г. Караганда, Казахстан), mataev.azamat@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0001-9033-8002>

Суимбаева А.М., PhD, старший преподаватель кафедры «Разработка месторождений полезных ископаемых» Некоммерческого акционерного общества «Карагандинский технический университет им. Абылкаса Сагинова» (г. Караганда, Казахстан), aygerim_86@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0001-6582-9977>

Авторлар туралы мәліметтер:

Имашев А.Ж., PhD, «Әбілқас Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университеті» Коммерциялық емес акционерлік қоғамы, «Пайдалы қазбалар кенорындарын игеру» кафедрасының меңгерушісі (Қарағанды қ., Қазақстан)

Мусин А.А., техника ғылымдарының магистрі, «Әбілқас Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университеті» Коммерциялық емес акционерлік қоғамы, «Пайдалы қазбалар кенорындарын игеру» кафедрасының аға оқытушысы (Қарағанды қ., Қазақстан)

Матаев А.К., техника ғылымдарының магистрі, «Әбілқас Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университеті» Коммерциялық емес акционерлік қоғамы, «Пайдалы қазбалар кенорындарын игеру» кафедрасының оқытушысы (Қарағанды қ., Қазақстан)

Суимбаева А.М., PhD, «Әбілқас Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университеті» Коммерциялық емес акционерлік қоғамы, «Пайдалы қазбалар кенорындарын игеру» кафедрасының аға оқытушысы (Қарағанды қ., Қазақстан)

Information about authors:

Imashev A.Zh., PhD, Head at the Department «Development of Mineral Deposits» of the Non-Profit Joint Stock Company «Karaganda Technical University named after Abylkas Saginov» (Karaganda, Kazakhstan)

Musin A.A., Master of Technical Sciences, Senior Lecturer at the Department «Development of Mineral Deposits» of the Non-Profit Joint Stock Company «Karaganda Technical University named after Abylkas Saginov» (Karaganda, Kazakhstan)

Matayev A.K., Master of Technical Sciences, Lecturer at the Department «Development of Mineral Deposits» of the Non-Profit Joint Stock Company «Karaganda Technical University named after Abylkas Saginov» (Karaganda, Kazakhstan)

Suimbayeva A.M., PhD, Senior Lecturer at the Department «Development of Mineral Deposits» of the Non-Profit Joint Stock Company «Karaganda Technical University named after Abylkas Saginov» (Karaganda, Kazakhstan)

Статья подготовлена на основе научных исследований, выполненных в рамках грантового проекта ИРН №AP14869856, при финансировании комитета науки Министерства образования и науки Республики Казахстан.