

Код МРНТИ 52.13.07

А.Ж. Имашев, \*А.М. Суимбаева, А.Қ. Матаев, А.А. Мусин

НАО «Карагандинский технический университет имени Абылкаса Сагинова» (г. Караганда)

## ОБОСНОВАНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ КОНТУРНОГО ВЗРЫВАНИЯ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ СОХРАННОСТИ ПРОЕКТНЫХ ПАРАМЕТРОВ ВЫРАБОТОК

**Аннотация.** В статье приведены результаты исследований по изучению эффективности применения контурного взрывания в породах с повышенной трещиноватостью при проходке подземных горных выработок на примере месторождения Западный Каражал. Обоснование эффективности применения контурного взрывания производилось на основе численного анализа путем определения зон возможных обрушений законтурного массива после техногенного воздействия. Численное моделирование методом конечных элементов выполнялось в условиях применения обычного способа взрывания и контурного взрывания. На основе результатов численного анализа установлено, что с применением контурного взрывания наблюдается увеличение запаса прочности приконтурной части массива и уменьшение зоны возможного обрушения вокруг горной выработки, а также на порядок уменьшается влияние силы взрыва на законтурный массив по сравнению с обычным способом взрывания.

**Ключевые слова:** буровзрывные работы, контурное взрывание, численное моделирование, напряженно-деформированное состояние, геологический индекс прочности, критерий прочности.

### Қазбалардың жобалық параметрлерінің сақталуын қамтамасыз ету үшін контурлық жарылысты қолдануды негіздеу

**Аңдатпа.** Мақалада Батыс Қаражал кенорнының мысалында жерасты тау-кен қазбаларын үңгілеу кезінде жоғары тасжарықты тау жыныстарында контурлық жарылысты қолданудың тиімділігін зерттеу бойынша нәтижелер келтірілген. Контурлық жарылысты қолданудың тиімділігін негіздеу техногендік әсерден кейін контур маңы сілемнің ықтимал құлау аймақтарын анықтау арқылы сандық талдау негізінде жүргізілді. Соңғы элементтер әдісімен сандық модельдеу әдеттегі жарылыстың және контурлық жарылыстың қолдану жағдайында жүргізілді. Сандық талдау нәтижелерінің негізінде контурлық жарылысты қолдана отырып, сілемнің контурға жақын бөлігінің беріктік қорының ұлғаюы және тау-кен қазбасының айналасындағы ықтимал құлау аймағының азаюы байқалады, сондай-ақ жарылыстың әдеттегі әдісімен салыстырғанда контурлық жарылыс күшінің сілемге әсері азаятыны анықталды.

**Түйінді сөздер:** бұрғылау-жару жұмыстары, контурлық жарылыс, сандық модельдеу, кернеулі деформацияланған күй, беріктіктің геологиялық индексі, беріктік критерийі.

### Justification of the use of contour blasting to ensure the safety of the design parameters of the excavations

**Abstract.** The article presents the results of research on the effectiveness of the use of contour blasting in rocks with increased fracturing during the sinking of underground mine excavations using the example of the Zapadny Karazhal deposit. The justification of the effectiveness of the use of contour blasting was carried out on the basis of numerical analysis by determining the zones of possible collapses of the contour array after man-made impact. Numerical modeling by the finite element method was performed under the conditions of using the conventional method of blasting and contour blasting. Based on the results of numerical analysis, it was found that with the use of contour blasting, there is an increase in the margin of safety of the contour part of the array and a decrease in the zone of possible collapse around the mine, as well as an order of magnitude decrease in the effect of the explosion force on the contour array compared to the conventional method of blasting.

**Key words:** drilling and blasting, contour blasting, numerical modeling, stress-strain state, geological strength index, strength criterion.

### Введение

Анализ эффективности буровзрывных работ в капитальных и подготовительных выработках, особенно при их проведении по крепким породам, показывает, что не всегда достигаются достаточно хорошие результаты. Как правило, получается заниженное значение коэффициента использования шпуров (КИШ), неудовлетворительное оконтуривание выработок, низкие скорости проходки и производительности труда проходчиков.

С целью решения проблем отрицательных факторов, наряду с другими мероприятиями, на протяжении многих лет предпринимаются попытки совершенствования паспортов буровзрывных работ (БВР) путем их оптимизации. В этом направлении проведено достаточно много работ различными исследователями и производственниками [1-5], высказывались различные рекомендации, которые позволили повысить эффективность взрывных работ в конкретных горно-геологических условиях. Основная часть рекомендаций посвящена совершенствованию параметров врубовых и оконтуривающих шпуров, поскольку показатель их эффективного взрыва предопределяет и эффективность взрыва всего комплекта шпуровых зарядов ВВ.

**Целью исследования** является обоснование эффективности применения контурного взрывания в крепких породах с повышенной трещиноватостью для дальнейшей оптимизации параметров БВР при проходке подземных

горных выработок (на примере месторождения Западный Каражал).

Контурное взрывание – способ производства взрывных работ, при котором достигается максимальное приближение фактического профиля выработок и выемок к проектному при сохранности сплошности массива горных пород [6]. Преимуществом контурного взрывания является повышение сохранности проектных размеров выработок и устойчивости законтурной части массива на основе выбора оптимальных параметров и рациональных конструкций шпуровых зарядов. Для проведения горных выработок контурным взрыванием необходима высокоточная реализация параметров, указанных в паспортах буровзрывных работ, т.е. следует более точно выполнять разметку шпуров, а при бурении строго выдерживать углы наклона шпуров к поверхности забоя выработки.

На месторождении Западный Каражал проходка горных выработок выполняется ручным способом с применением буровой установки ПП-63. Выработка бурится на глубину 1,8-2,0 м, диаметр коронки 40 мм. При бурении горизонтальной выработки сечением 9 м<sup>2</sup> общее количество шпуров – 27 шт., из них врубовые 8 шт., вспомогательные 6 шт. и оконтуривающие 13 шт. Вид вруба «клиновой». Применяются следующие виды взрывчатых веществ: аммонит 6ЖВ (диаметр патрона 32 мм), петроген (диаметр патрона 34 мм), ДШЭ-12, ЭД-3-Н, НСВ и УИШ-5. Из них тротилсодержащие патронированные ВВ аммонит 6ЖВ и петроген.

Качество взрыва оценивают следующими показателями: коэффициентом использования шпуров (КИШ), коэффициентом излишка сечения (КИС), гранулометрическим составом взорванной породы и разбросом породы по выработке [7].

По результатам натуральных наблюдений за состоянием подземных горных выработок горизонта +44 м (блока №1 скреперный орт №4, погрузка №2 скреперный орт №2) и горизонта +60,0 (блок №8 камера №3) рудника Западный Каражал выявлено, что фактическая величина коэффициента излишка сечения (КИС) превышает нормативную, то есть переборы породы составляют 15–20% проектного сечения вчерне. Основные причины перебора породы: неправильное расположение оконтуривающих шпуров, которые заходят за проектный контур выработки; заложение заряда большой массы или повышенной мощности в оконтуривающих шпурах; расположение зоны нарушенной, неустойчивой породы, которая после взрыва обрушается в выработку.

Одним из основных мероприятий по уменьшению «переборов» является применение контурного взрывания. При обычном взрывании пород для уменьшения «переборов» необходимо правильно располагать оконтуривающие шпуры с уменьшенной величиной заряда.

#### Методы исследования

Обоснование эффективности применения контурного взрывания производилось на основе численного анализа путем определения зон возможных обрушений законтурного массива после техногенного воздействия. Для выполнения поставленной задачи изучались физико-механические свойства приконтурной части массива и способы взрывания, применяемые на месторождении Западный Каражал. Численное моделирование выполнялось в условиях применения обычного способа взрывания и контурного взрывания.

В шахтных условиях определены структурные свойства горных пород и выполнена линейная съемка трещин, что в свою очередь является основными показателями для определения геологического индекса прочности (GSI). По результатам съемки трещин в выработках горизонта +44 м (блока №1 скреперный орт №4, погрузка №2 скреперный орт №2) и горизонта +60 (блок №8 камера №3) построена полярная диаграмма трещиноватости (рис. 1), по которой выявлены 3 системы трещин, элементы залегания которых приведены в таблице 1.

Свойства трещиноватых горных пород определены по критерию Хука-Брауна [8] с использованием геологического индекса прочности (GSI) [9]. GSI рассчитывается по формуле:

$$GSI = \frac{52J_r/J_a}{(1+J_r/J_a)} + \frac{RQD}{2}, \quad (1)$$

где  $J_r$ ,  $J_a$  – показатели шероховатости и измененности/заполнения трещин по Н. Бартону;  $RQD$  – показатель качества массива по выходу керна геологоразведочных скважин [9]. Для условий месторождения Западный Каражал принято  $J_r = 1,5$ ;  $J_a = 2$ .

Тогда, согласно уравнению (1), значение геологического индекса прочности составляет  $GSI = 70$ .

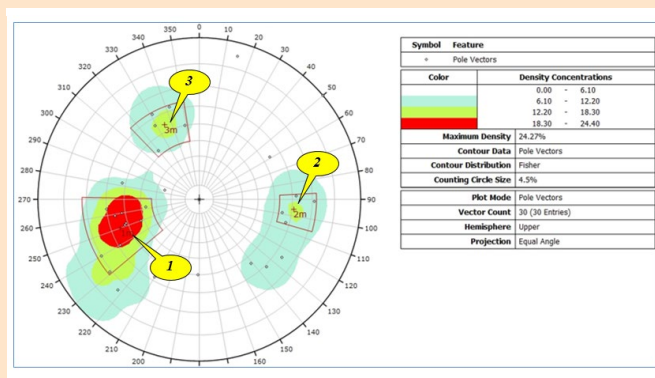


Рис. 1. Полярная диаграмма трещиноватости в программе Dips.

Сурет 1. Dips бағдарламасындағы тасжарықтардың полярлық диаграммасы.

Figure 1. Polar fracture diagram in the Dips program.

Таблица 1

Элементы залегания систем трещин

Кесте 1

Тасжарықтар жүйелерінің элементтері

Table 1

Elements of the occurrence of crack systems

№ системы	Средний угол падения, град.	Средний азимут падения, град.	Характеристика системы трещин
1	60	257	напластование
2	76	159	продольно секущая
3	34	48	поперечно секущая

Исследование сейсмического влияния взрыва на законтурный массив выполнялось на основе численного моделирования методом конечных элементов с применением программного обеспечения RS2.

Для численного анализа напряженно-деформированного состояния горных пород вокруг выработок в ПО RS2 необходима подготовка исходных данных. Исходные данные для моделирования составлены на основе результатов лабораторных и шахтных исследований с применением ПО RSData (таблица 2), которая позволяет реализовать переход от прочности образца горных пород к прочности массива на основе GSI. В процессе подготовки данных для численного анализа получены зависимости главных наибольших напряжений ( $\sigma_1$ ) от главных наименьших напряжений ( $\sigma_3$ ), а также паспорт прочности горных пород (рисунок 2).

Численное моделирование проводилось по критерию разрушения Кулона-Мора [10] с использованием полученных физико-механических свойств горных пород (таблица 3).

Таблица 2

Исходные данные для обработки в программе RSData

Кесте 2

RSData бағдарламасында өңдеуге арналған бастапқы деректер

Table 2

The initial data to be processed in the RSData program

Наименование	Прочность на сжатие в образце $\sigma_{сж}$ , МПа	Геологический индекс прочности GSI	Модуль упругости образца $E$ , ГПа	Объемная масса $\gamma$ , т/м <sup>3</sup>	Влияние буровзрывных работ, $D$
диабазы	101,5	70	32,825	2,7	0

Таблица 3

Обработанные физико-механические свойства пород

Кесте 3

Тау жыныстарының өңделген физика-механикалық қасиеттері

Table 3

Processed physical and mechanical properties of rocks

№ домена	Исходные данные для численного моделирования					
	Результаты обработанных физико-механических свойств пород					
	Прочность на растяжение в массиве $\sigma_p$ , МПа	Модуль упругости массива $E$ , МПа	Угол внутреннего трения $\phi$ , град	Сцепление $C$ , МПа	Коэф. Пуассона $\mu$	Объемная масса $\gamma$ , т/м <sup>3</sup>
I	0,292	12550,8	48,15	2,614	0,3	2,69
II	0,746	16960	46	3,2	0,3	2,7

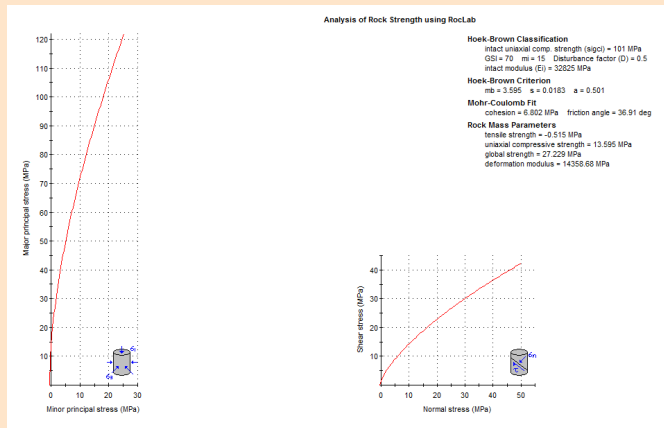


Рис. 2. Паспорт прочности горных пород.

Сурет 2. Тау жыныстарының беріктігі паспорты.

Figure 2. Rock strength passport.

**Результаты и обсуждения**

На рисунке 3 представлены геомеханические модели массива горных пород с выработкой сечением 9 м<sup>2</sup> и возможными зонами обрушения приконтурной части массива горных пород при ведении буровзрывных работ обычным способом (рис. 3а) и применением контурного взрывания (рис. 3б) в одинаковых горно-геологических условиях. Основным показателем для оценки устойчивости и анализа напряженно-деформированного состояния

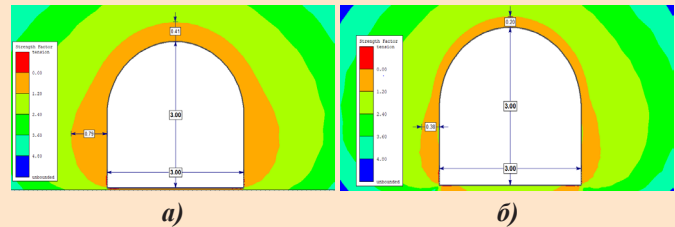


Рис. 3. Результаты численного анализа:

а – при применении обычного способа взрывания,

б – при контурном взрывании.

Сурет 3. Сандық талдау нәтижелері:

а – жарылыстың әдеттегі әдісін қолданған кезде,

б – контурлық жарылыс кезінде.

Figure 3. Results of numerical analysis:

a – using the conventional method of detonation,

b – with contour detonation.

массива горных пород вокруг техногенного обнажения является фактор прочности (Strength Factor), который представляет собой отношение возможной прочности горной породы к вызванному напряжению в рассматриваемой точке.

Анализ картины распределения изолиний по фактору прочности показал, что в обоих случаях наблюдается равномерное распределение запаса прочности по контуру выработки, заметны небольшие деформации по кровле,

а также перераспределение нагрузки на бока горной выработки. При применении обычного способа взрывания возможная зона разрушения может достигать: по кровле выработки до 0,41 м, по бокам до 0,79 м. При взрывании с применением контурного взрывания возможная зона обрушений от сейсмического воздействия силы взрыва уменьшается в два раза по сравнению с обычным способом взрывания и составляет 0,2 м с кровли и 0,38 м с боков выработки.

По результатам численного анализа можно полагать, что контурное взрывание на порядок уменьшает влияние силы взрыва на законтурный массив по сравнению с обычным способом взрывания. В дальнейшем, в целях повышения качества буровзрывных работ, планируется проведение исследований для разработки типового паспорта БВР с применением контурного взрывания, в котором будут учтены горно-геологические условия месторождения, структурные и прочностные свойства массива горных пород, а также глубина заложения выработок.

### Заключение

Контурное взрывание позволяет получить приближенное соответствие фактического и проектного контуров выработки, снизить шероховатость стенок и кровли, сократить объем по уборке излишней породы, уменьшить законтурное разрушение массива.

Анализ результатов исследования показал, что с применением контурного взрывания наблюдается увеличение запаса прочности приконтурной части массива и уменьшение площади возможного обрушения вокруг горной выработки.

Дальнейшее направление исследований заключается в разработке паспорта БВР, схемы зарядания контурных шпуров и проведение опытно-промышленных испытаний по разработанным паспортам БВР.

### Благодарность

*Статья подготовлена на основе научных исследований, выполненных в рамках грантового проекта ИРН №АР14869856, при финансировании Комитетом науки Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан (грант №АР14869856).*

### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Тоштемуров У.Т. Повышение эффективности буровзрывных работ при проведении подземных горизонтальных горных выработок. Монография: Алмалык, 2023, С. 96 (на русском языке)
2. Масаев Ю.А. Комплексное решение вопросов повышения эффективности буровзрывных работ на горнодобывающих предприятиях Кузбасса. // Труды Российско-Китайского симпозиума, Кемерово – Тайвань, 24-27 апреля 2000. – С. 37-45 (на русском языке)
3. Кирсанов А.К. Совершенствование методики расчета параметров буровзрывных работ при строительстве горизонтальных и наклонных горных выработок на примере рудников ЗФ ОАО ГМК «Норильский никель». / А.К. Кирсанов, С.А. Вохмин, Г.С. Курчин. // Журнал Сибирского федерального университета. Серия: Техника и технологии. 2015. Т. 8. №4. С. 396-405 (на русском языке)
4. Новая концепция проектирования взрывных работ с контролем периметра для подземного перемещения металла/неметалла: отчет о расследованиях 9691. / С.Р. Айверсон, У.А. Хуструлид, Дж.С. Джонсон, 2013, 79 с. (на английском языке)
5. Андреев Р.Е. К вопросу расчета параметров буровзрывных работ с учетом напряженно-деформированного состояния горного массива. // Взрывное дело. 2007. №98/55. С. 63- 67 (на русском языке)
6. Имашев А.Ж. Повышение показателей качества взрывных работ путем изучения естественного поля напряжений и воздействия силы взрыва на горный массив. / А.Ж. Имашев, А.Е. Судариков, А.А. Муз, А.М. Суимбаева, С.Ю. Сун. // Известия Национальной академии наук Республики Казахстан. Серия геолого-технических наук. 2021. Т. 4. №448. С. 30-35 (на английском языке)
7. Тоштемуров У.Т. Анализ методов расчета рациональных параметров буровзрывных работ при переходе горных выработок на припой. // Международный междисциплинарный исследовательский журнал ACADEMICIA. 2020. Т. 10. Вып. 11. С. 1923-1930 (на английском языке)
8. Хук Э. Критерий разрушения Хука-Брауна и издание GSI-2018. / Хук Э., Браун Э.Т. // Журнал механики горных пород и геотехнической инженерии. 2019. №11. С. 445-463 (на английском языке)
9. Хук Э., Картер Т., Дидерихс М. Количественная оценка диаграммы индекса геологической прочности. // Труды 47-го симпозиума по механике горных пород США. Симпозиум по геомеханике, Сан-Франциско, США, 2013. – С. 1-8 (на английском языке)
10. Хакстон А. Критерий Мора-Кулона для прочности и трения неповрежденных горных пород – переоценка и учет разрушения при многоосных напряжениях. / Хакстон А., Раттер Э. // Твердая земля. 2016. №7. С. 493-508 (на английском языке)

### ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Тоштемуров У.Т. Жерасты көлденең тау-кен қазбаларын жүргізу кезінде бұрғылау-жару жұмыстарының тиімділігін арттыру. Монография: Алмалык, 2023, С. 96 (орыс тілінде)



2. Масаев Ю. А. Кузбасс тау-кен өндіру кәсіпорындарында бұрғылау-жару жұмыстарының тиімділігін арттыру мәселелерін кеңенді шешу. // Ресей-Қытай симпозиумы, Кемерово – Тайвань 24-27 сәуір 2000 ж. – Б. 37-45 (орыс тілінде)
3. Кирсанов А.К. Көлденең және көлбеу кен қазбаларын салу кезінде бұрғылау-жару жұмыстарының параметрлерін есептеу әдістемесін «Норильск никель» ТМК» ААҚ Полярлық бөлімшесінің шахталарының мысалында жетілдіру. / А.К. Кирсанов, С.А. Вохмин, Г.С. Курчи. // Сібір федералды университетінің журналы. Серия: Техника және технология. 2015. Т.8. №4. Б. 396-405 ББ (орыс тілінде)
4. Металды/бейметалды жер асты қозғалысына арналған периметрді басқаратын жарылғыш заттарды жобалаудың жаңа тұжырымдамасы: тергеу есебі 9691. / С.Р. Айверсон, В.А. Хустрелид, Дж.С. Джонсон, 2013, 79 б. (ағылшын тілінде)
5. Андреев Р.Е. Тау сілемінің кернеулі-деформацияланған күйін ескере отырып, бұрғылау-жару жұмыстарының параметрлерін есептеу мәселесіне. // Жарылыс ісі. 2007. №98/55. Б. 63-67 (орыс тілінде)
6. Имашев А.Ж. Кернеулердің табиғи өрісін және жарылыс күшінің тау жотасына әсерін зерттеу арқылы жарылыс жұмыстарының сапа көрсеткіштерін арттыру. / А.Ж. Имашев, А.Е. Судариков, А.А. Мусин, А.М. Суимбаева, С.Ю. Асан. // Қазақстан Республикасы Ұлттық Ғылым академиясының жаңалықтары. Геологиялық-техникалық ғылымдар сериясы. 2021. Т. 4. № 448. Б. 30-35 (ағылшын тілінде)
7. Тощтемиров У.Т. Тау-кен қазбаларын дәнекерлеуге көшіру кезінде бұрғылау-жару жұмыстарының ұтымды параметрлерін есептеу әдістерін талдау. // Academicia халықаралық пәнаралық зерттеу журналы. 2020. Т. 10. Шығ. 11. Б. 1923-1930 (ағылшын тілінде)
8. Хук Э. Хук-Браунды жою критерийі және GSI-2018 басылымы. / Хук Э., Браун Э.Т. // Тау жыныстары механикасы және геотехникалық инженерия журналы. 2019. №11. Б. 445-463 (ағылшын тілінде)
9. Хук Э., Картер Т., Дидерихс М. Геологиялық беріктік индексінің кестесін Сандық Анықтау. // АҚШ-тың 47-ші Тау Жыныстары Механикасының Еңбектері. Геомеханика Симпозиумы. Сан-Франциско, АҚШ, 2013. – Б. 1-8 (ағылшын тілінде)
10. Хакстон А. Бүтін жыныстардың беріктігі мен үйкелісі үшін Мор-Кулон критерийі – көп осьті кернеулердегі бұзылуды қайта бағалау және есепке алу. / Хакстон А., Руттер Э. // Қатты жер. 2016. №7. Б. 493-508 (ағылшын тілінде)

## REFERENCES

1. Toshtemirov U.T. Improving the efficiency of drilling and blasting operations during underground horizontal mining. Monograph: Almalyk, 2023. 9 P. 6 (in Russian)
2. Masaev Yu.A. Comprehensive solution to the issues of increasing the efficiency of drilling and blasting operations at Kuzbass mining enterprises. // Proceedings of the Russian-Chinese Symposium, Kemerovo – Taiwan, April 24-27 2000, 2000. – P. 37-45 (in Russian)
3. Kirsanov A.K. Improving the methodology for calculating the parameters of drilling and blasting operations during the construction of horizontal and inclined mine workings on the example of the mines of the ZF of OJSC MMC Norilsk Nickel. / A.K. Kirsanov, S.A. Vokhmin, G.S. Kurchin. // Journal of the Siberian Federal University. Series: Engineering and Technology. 2015. Vol. 8. №4. P. 396-405 (in Russian)
4. A new perimeter control blast design concept for underground metal/nonmetal drifting applications: Report of Investigations 9691. / S.R. Iverson, W.A. Hustrulid J.C. Johnson, 2013, 79 p. (in English)
5. Andreev R.E. On the issue of calculating the parameters of drilling and blasting operations taking into account the stress-strain state of the mountain range. // Explosive case. 2007. №98/55. P. 63-67 (in Russian)
6. Imashev A.Zh. Improving the quality of blasting indicators by studying the natural stress field and the impact of the blast force on the rock mass. / Imashev A.Zh., Sudarikov A.E., Musin A.A., Suimbayeva A.M., Asan S.Yu. // News of the National academy of sciences of the Republic of Kazakhstan. Series of geology and technical sciences. 2021. Vol. 4. №448. P. 30-35 (in English)
7. Toshtemirov U.T. Analysis of methods for calculating the rational parameters of drilling-blasting operations in the transition of mining solder. // International interdisciplinary research journal ACADEMICIA. 2020. Vol. 10. Issue 11. P. 1923-1930 (in English)
8. Hoek E. The Hoek-Brown failure criterion and GSI - 2018 edition. / Hoek E., Brown E.T. // Journal of Rock Mechanics and Geotechnical Engineering. 2019. №11. P. 445-463 (in English)
9. Hoek E., Carter T., Diederichs M. Quantification of the geological strength index chart. // Proceedings of the 47th US Rock Mechanics. Geomechanics Symposium, San Francisco, USA, 2013. – P. 1-8 (in English)

10. Hackston A. *The Mohr-Coulomb criterion for intact rock strength and friction – a reevaluation and consideration of failure under polyaxial stresses.* / Hackston A., Rutter E. // *Solid Earth*. 2016. №7. P. 493-508 (in English)

**Сведения об авторах:**

**Имашев А.Ж.**, PhD, ассоциированный профессор, заведующий кафедрой «Разработка месторождений полезных ископаемых», НАО «Карагандинский технический университет имени Абылкаса Сагинова» (г. Караганда, Казахстан), [a.imashev@kstu.kz](mailto:a.imashev@kstu.kz); <https://orcid.org/0000-0002-9799-8115>

**Суимбаева А.М.**, PhD, и.о. доцента кафедры «Рудничная аэрология и охрана труда», НАО «Карагандинский технический университет имени Абылкаса Сагинова» (г. Караганда, Казахстан), [suimbayeva.aigerim@mail.ru](mailto:suimbayeva.aigerim@mail.ru); <https://orcid.org/0000-0001-6582-9977>

**Матаев А.К.**, PhD, старший преподаватель кафедры «Разработка месторождений полезных ископаемых», НАО «Карагандинский технический университет имени Абылкаса Сагинова» (г. Караганда, Казахстан), [mataev.azamat@mail.ru](mailto:mataev.azamat@mail.ru); <https://orcid.org/0000-0001-9033-8002>

**Мусин А.А.**, PhD, ст. преподаватель кафедры «Разработка месторождений полезных ископаемых», НАО «Карагандинский технический университет имени Абылкаса Сагинова» (г. Караганда, Казахстан), [musin\\_aibek@mail.ru](mailto:musin_aibek@mail.ru); <https://orcid.org/0000-0001-6318-9056>

**Авторлар туралы мәліметтер:**

**Имашев А.Ж.**, PhD, қауымдастырылған профессор, «Әбілқас Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университеті» КЕАҚ «Пайдалы қазбалар кен орындарын игеру» кафедрасының меңгерушісі (Қарағанды қ., Қазақстан)

**Суимбаева А.М.**, PhD, «Әбілқас Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университеті» КЕАҚ «Кеніштік аэрология және еңбекті қорғау» кафедрасы доцентінің м.а. (Қарағанды қ., Қазақстан)

**Матаев А.К.**, PhD, «Әбілқас Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университеті» КЕАҚ «Пайдалы қазбалар кен орындарын игеру» кафедрасының аға оқытушысы (Қарағанды қ., Қазақстан)

**Мусин А.А.**, PhD, «Пайдалы кенорындарын қазып өндіру» кафедрасының аға оқытушысы, «Әбілқас Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университеті» коммерциялық емес акционерлік қоғамы (Қарағанды қ., Қазақстан)

**Information about the authors:**

**Imashev A.Zh.**, PhD, Associate Professor, Head of the Department «Development of mineral deposits» NPJSC «Abylkas Saginov Karaganda Technical University» (Karaganda, Kazakhstan)

**Suimbayeva A.M.**, PhD, Acting Associate Professor of the Department of «Mining Aerology and Labor Protection» NPJSC «Abylkas Saginov Karaganda Technical University» (Karaganda, Kazakhstan)

**Mataev A.K.**, PhD, senior lecturer of the department «Development of mineral deposits» NPJSC «Abylkas Saginov Karaganda Technical University» (Karaganda, Kazakhstan)

**Mussin A.A.**, PhD, Senior Lecturer of the Department «Development of mineral deposits» Non-profit joint-stock company «Abylkas Saginov Karaganda Technical University» (Karaganda, Kazakhstan)