

ХАРАКТЕР ИЗМЕНЕНИЯ НАПРЯЖЕННОГО СОСТОЯНИЯ ПРИЗАБОЙНОГО ГОРНОГО МАССИВА ПОСЛЕ ВЗРЫВАНИЯ ПРОХОДЧЕСКИХ ШПУРОВ

В.Н. Тюпин,

Белгородский государственный национальный исследовательский университет, Белгород, Россия;

К.Б. Пономаренко,

ОАО «ВЮГЕМ», Белгород, Россия

Аннотация: В статье приведены результаты исследования характера изменения напряженного состояния призабойного горного массива после взрывания проходческих шпуров, проведенных в промышленных условиях при проходке выработок в массиве кварцитов дренажной шахты «МГОК». Определено, что диаметр «стаканов» после взрыва проходческих шпуров (в плоскости образованного забоя) увеличивается от центра к контуру выработки в среднем с 0,112 до 0,154 м. Установлено, что напряженное состояние массива кварцитов в области оконтуривающих шпуров в центре выработки увеличивается с 10,2 МПа до 57,8 МПа, что объясняется формированием взрывных остаточных напряжений от взрыва врубных и отбойных шпуров. По аналитической формуле, разработанной для массива кварцитов, произведены расчеты параметров напряженного состояния массива. Результаты исследования характера изменения напряженного состояния призабойного горного массива после взрывания проходческих шпуров могут быть направлены на рекомендации по безопасному ведению горных работ во время буровзрывной проходки выработок, а также могут быть полезны при локальном определении степени удароопасности призабойной части массива и выборе способов крепления выработок.

Ключевые слова: призабойный горный массив, взрывной метод, взрыв проходческих шпуров, напряженное состояние, диаметр «стаканов», взрывные остаточные напряжения, удароопасность.

THE CHARACTER OF VARIATION STRESSED STATE IN MINE WORKING AFTER EXPLOSION BLAST-HOLE WHEN THE DRIFTING METHOD

V.N. Tyupin,

Belgorod State National Research University, Belgorod, Russia;

K.B. Ponomarenko,

VIOGEM, Belgorod, Russia

Abstract: The article presents the results of a character of variation stressed state in mine working after explosion blast-hole when the drifting method which were carried out in the industrial conditions when mine working «MGOK» drifting method of massive quartzite. Defined the diameters of blast-hole after explosion rising with 0,012 to 0,154 m. It is established that the stress state of the quartzite massif in the area of contouring boreholes in the center of the mine increases from 10.2 MPa to 57.8 MPa, which is explained by the formation of explosive residual stresses from the explosion of burncut and shoulder holes. According to the analytical formula developed for the quartzite array, calculations of the parameters of the stressed state of the array were performed. The results of the study of the nature of the change in the stress state of the blast hole rock mass after the blasting of tunneling holes can be directed to recommendations for safe mining during drilling and blasting of workings, and can also be useful in local determination of the degree of impact hazard of the blast hole part of the massif and the choice of methods for fixing workings.

Keywords: abbauort, blast-hole, stress state of a massif, the blast method, diameters of blast-hole, rock-bump hazard, to burncut, shoulder and perimeter holes.

Для эффективной и безопасной подземной разработки месторождений полезных ископаемых вначале проводят изыскательские работы, при которых определяют физико-механические свойства горных пород, параметры трещиноватости и напряженно-деформированное состояние массивов. По данным параметрам проводят проектные работы с выбором системы разработки, определением размеров устойчивых обнажений, целиков, выбором способов крепления выработок и т.д. [1-4]. Кроме того, по этим данным прогнозируют степень удароопасности горных мас-

сивов [5-13], определяют критическую глубину месторождения по условию удароопасности [14] и предлагают методы предупреждения удароопасных ситуаций.

Наиболее важным при проведении изыскательских работ является прогнозирование напряженного состояния (НС) массива, так как оно существенно влияет на устойчивость и удароопасность разрабатываемых горных пород. Как правило НС корректируется инструментально в процессе проходки горно-разведочных выработок. Сюда можно отнести способы определения НС, например [15-21], но они могут

быть весьма трудоемкими и дают очень широкий диапазон численных значений НС горного массива.

В работе [22] предложен взрывной метод определения НС массива в призабойной части проходимой буровзрывным способом выработки. Метод основан на создании в призабойной части взрывающегося шпура давления продуктов детонации, которое суммируясь с горным давлением создает зону раздавливания (мелкодисперсного дробления). Чем больше горное давление, тем больше диаметр зоны раздавливания (диаметр «стакана») при одинаковых физико-технических свойствах массива и детонационных параметрах ВВ [22-23].

Достоверность взрывного метода доказана путем его сравнения с методами разгрузки на больших базах и щелевой разгрузки при проведении исследований лабораторией горного давления и сдвижения горных пород ОАО «ВИОГЕМ» в шахте им. Губкина, комбината «КМАруда».

В процессе промышленных исследований в выработках дренажной шахты «МГОК», в железистых кварцитах было установлено, что диаметр «стаканов» увеличивается от центра выработки к ее контуру. Согласно работам [22-23] с увеличением диаметра «стакана» горное давление увеличивается.

Цель работы: установление изменения НС призабойной части горного массива от центра к контуру проходимой буровзрывным способом выработки и обоснование причины его изменения.

Объект исследования: призабойная часть горного массива после цикла взрывания врубовых, отбойных и оконтуривающих шпуров.

Методы исследований. Анализ литературных источников на предмет влияния НС массива на устойчивость и удароопасность горных массивов. Промышленные экспериментальные исследования по определению диаметра «стаканов», физико-механических свойств пород. Численные расчеты по аналитической формуле НС горного массива с расстоянием от центра выработки. Обоснование изменения НС от центра к контуру выработки за счет действия взрыва врубовых и отбойных шпуров.

Результаты промышленно-экспериментальных исследований

В выработках дренажной шахты «МГОК» на горизонте – 100 м, глубина – 290 м, проводились исследования по определению диаметра зоны раздавливания «стакана» (D_c) с расстоянием (r) от центра выработки до ее контура во врубовых, отбойных и оконтуривающих шпурах. Сечение выработки – 7,8 м², диаметр шпуров 0,04 м, глубина шпуров 1,0-1,2 м, тип

ВВ аммонит 6ЖВ, интервал замедления – 500 мс. Всего в массиве кварцитов проведено 33 линейных замера диаметров «стаканов» в северо-западном штреке. Схема расположения «стаканов» от взрыва врубовых, отбойных, оконтуривающих шпуров представлена на рис. 1. Результаты измерений параметров «стаканов» от взрыва шпуров указаны в таблице 1.

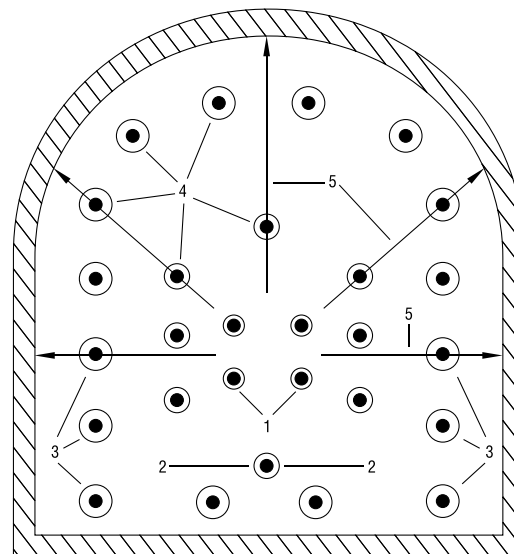


Рис. 1. Схема расположения проходческих шпуров: 1 - врубовые шпуры; 2 - отбойные шпуры; 3 - оконтуривающие шпуры; 4 - зоны раздавливания, «стаканы»; 5 - направления движения волн деформаций; ● - шпур; ○ - контур «стакана» после взрыва заряда ВВ /

Fig. 1. The schema location to burncut, shoulder and perimeter holes for the blast charge explosion; 1 - burncut; 2 - shoulder holes; 3 - perimeter holes; 4 - blast-hole after explosion; ● - blast-hole; ○ - blast-hole after explosion.

В работе [22] величину горного давления в кварцитах определяют взрывным методом по формуле

$$P = \sigma_{сж} - 1,57 \times 10^3 \frac{c}{D_c - 0,04}, \quad (1)$$

где $\sigma_{сж}$ – предел прочности породы на одноосное сжатие, Па; c – скорость продольной волны в породе, м/с; D_c – диаметр «стакана», м.

Для расчета НС по формуле (1) отбирались образцы пород, в ОАО «ВИОГЕМ» проводились лабораторные испытания

Таблица 1 / Table 1

Параметры «стаканов» от взрыва шпуров и НС горного массива /
The blast-hole parameters after explosions and determination of stresses state of massif.

Врубовые шпуры / Burncut												Среднее / average
D_c , м	0,11	0,111	0,11	0,115	0,115	0,111	0,12	0,11	0,11	0,11	0,112	0,112
r , м	0,10	0,10	0,11	0,12	0,13	0,11	0,12	0,10	0,08	0,10	0,11	0,107
P , МПа	6,43	7,76	6,43	15,40	15,40	8,32	23,25	6,43	6,43	6,43	10,17	10,22
Отбойные шпуры / Shoulder holes												Среднее / average
D_c , м	0,11	0,12	0,13	0,13	0,15	0,11	0,13	0,13	0,135	0,145	0,12	0,128
r , м	0,8	0,85	0,7	1	0,8	0,6	0,5	0,7	0,5	0,8	0,7	0,72
P , МПа	6,43	23,25	36,33	36,33	55,36	6,43	36,33	36,33	41,84	51,29	23,25	32,11
Оконтуривающие шпуры / Perimeter holes												Среднее / average
D_c , м	0,15	0,155	0,17	0,15	0,17	0,16	0,15	0,14	0,14	0,16	0,15	0,154
r , м	1,3	1,4	1,4	1,5	1,3	1,5	1,2	1,4	1,1	1,4	1,5	1,36
P , МПа	55,36	59,09	68,54	55,36	68,54	62,50	55,36	46,80	46,80	62,50	55,36	57,84

ния с определением скорости продольной волны (c) и предела прочности ($\sigma_{сж}$) (среднее по 11 отобранным образцам $\sigma_{сж} = 141$ МПа; $c = 6000$ м/с). На взрывной «Способ определения НС массива горных пород» при буровзрывной проходке выработок получен патент РФ №2768768.

Значения НС при взрывной проходке горной выработки по врубовым, отбойным и оконтуривающим шпурам, рассчитанные по формуле (1), приведены в таблице 1.

По экспериментальным данным (таблица 1) построена зависимость диаметра зоны раздавливания «стакана» (D_c) с расстоянием от центра выработки (r) (рис. 2).

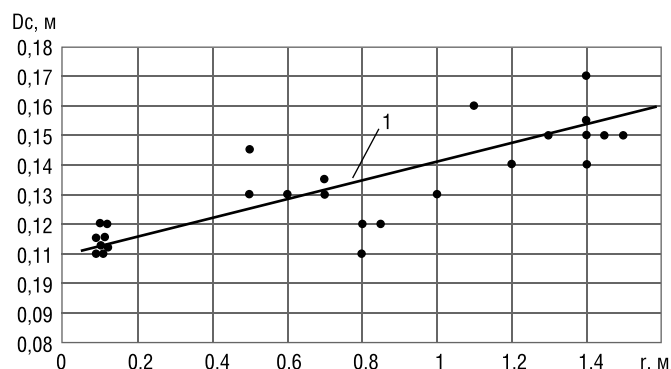


Рис. 2. Зависимость диаметра «стакана» (D_c) с расстоянием от центра выработки (r) в кварцитах дренажной шахты «МГОК»: • - экспериментальные данные; 1 - эмпирическая зависимость /

Fig. 2. Parameters of the diameter blast-hole after explosions (D_c) on the distance from the center (r) to burncut, shoulder and perimeter holes in mine working quartzite; • - experimental data; 1 - empirical dependence.

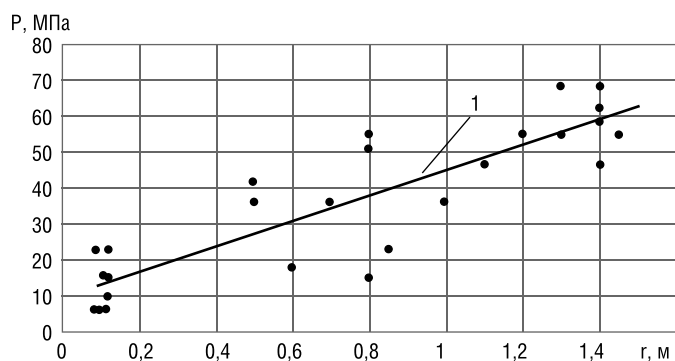


Рис. 3. Зависимость НС от величины горного давления в кварцитах (P) с расстоянием от центра выработки (r) в кварцитах дренажной шахты «МГОК»: • - расчетные данные по формуле (1), 1 - эмпирическая зависимость /

Fig. 3. Dependence of stresses state of massif on the distance from the center (r) to burncut, shoulder and perimeter holes in mine working quartzite; • - calculated data by formula (1); 1 - empirical dependence.

Зависимость НС от величины горного давления в кварцитах (P) призабойной части массива с расстоянием (r) от центра выработки, определенная по формуле (1), приведена на рис. 3.

Обсуждение результатов исследований

Анализ таблицы 1 и рис. 2, 3 показывает, что с расстоянием от центра выработки диаметр «стаканов» увеличивается с 0,112 до 0,154 м, а величина НС массива в призабойной части — с 10,2 до 57,8 МПа. Данный эффект можно объяснить формированием взрывных остаточных напряжений экспериментально доказанный в работах [23, 24]. Механизм деформирования трещиноватого массива взрывом представляется следующим образом: волна напряжений дробит отдельности, пронизанные зарядом ВВ и под действием квазистатического давления продуктов детонации происходит смещение раздробленных и нераздробленных отдельностей от заряда ВВ, то есть происходит распространение волн деформаций (рис. 1). Это сопровождается, в первую очередь, деформациями на берегах естественных трещин, а также упругими деформациями удаленных отдельностей. Упругие деформации отдельностей сопровождаются появлением остаточных напряжений в окружающем заряд ВВ массиве [23, 24].

Таким образом, при взрыве врубовых шпуров в районе отбойных и оконтуривающих формируются остаточное напряженное состояние. При взрыве отбойных, в районе оконтуривающих появляется дополнительное НС. В результате НС в районе забоев врубовых шпуров равно 10,2 МПа. Это характеризует НС не нарушенного массива в естественном состоянии, так как гравитационное горное давление при глубине 290 м, определенное по формуле А.Н. Динника составляет около 8,8 МПа.

НС в районе оконтуривающих шпуров равно 57,8 МПа, а взрывное остаточное напряжение, наведенное взрывом врубовых и отбойных шпуров, составляет 47,6 МПа.

Выводы

1. В статье приведены результаты исследования характера изменения напряженного состояния призабойного горного массива после взрывания проходческих шпуров.
2. Экспериментально в промышленных условиях установлено, что при проходке выработок в кварцитах дренажной шахты «МГОК» диаметр зоны раздавливания «стаканов» увеличивается от центра к контуру выработок с 0,112 до 0,154 м.
3. Расчеты по аналитической формуле, разработанные для кварцитов, позволили установить увеличение НС призабойной части горного массива с 10,2 МПа (в центре выработки) до 57,8 МПа (в районе оконтуривающих шпуров).
4. Увеличение НС от центра выработки к контуру объясняется формированием взрывных остаточных напряжений при взрыве врубовых и отбойных шпуров.
5. Естественное состояние горного массива можно определять по «стаканам» от взрыва врубовых шпуров. НС массива на контуре выработки можно определять по «стаканам» от взрыва оконтуривающих шпуров, что важно при выборе способов крепления проводимой горной выработки, а также для определения степени удароопасности горного массива.
6. Данные исследования могут быть полезны при разработке «Взрывного метода определения НС горного массива при проходке выработок». ■

БЛАГОДАРНОСТИ / ACKNOWLEDGMENTS

Авторы выражают признательность коллективу геологической службы дренажной шахты «МГОК» за помощь в организации и сопровождении работ на исследуемых участках.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ставрогин А.Н., Протосеня А.Г. Прочность горных пород и устойчивость выработок на больших глубинах // М.: Недра, 1985. 271 с.
2. Ломоносов Г.Г. Производственные процессы подземной разработки рудных месторождений // М.: Изд. «Горная книга», 2013. 517 с.
3. Фрейдин А.М., Неверов С.А., Неверов А.А., Конурин А.И. Геомеханическая оценка геотехнологий подземной добычи руд на стадии проектных решений // Горный журнал. 2016. N 2. С. 39-44. DOI: 10.17580/gzh.2016.02.08.
4. Куранов А.Д. Применение численного моделирования для выбора безопасных параметров систем разработки рудных месторождений в высоконапряженных массивах // Записки Горного института. 2013. Т. 206. С. 60-64.
5. Айнбиндер И.И., Овчаренко О.В. Исследования потенциальной удароопасности массива горных пород на проектируемых глубинах отработки месторождения «Валунистое» // ГИАБ. 2022. N 6. С. 35-45. DOI: 10.25018/0236_1493_2022_6_0_35.
6. Айнбиндер И.И., Овчаренко О.В., Пацкевич П.Г. Исследования потенциальной удароопасности массива горных пород на нижних горизонтах месторождения «Шануч» // ГИАБ. 2019. N 12. С. 30-40. DOI: 10.25018/0236-1493-2019-12-0-30-40.
7. Рассказов И.Ю., Саксин Б.Г., Усиков В.И., Потапчук М.И. Геодинамическое состояние массива пород Николаевского полиметаллического месторождения и особенности проявления удароопасности при его освоении // Горный журнал. 2016. N 12. С. 23-25. DOI: 10.17580/gzh.2016.12.03.
8. Рассказов И.Ю. Контроль и управление горным давлением на рудниках Дальневосточного региона // М.: Горная книга, 2008. 329 с.
9. Xia-Ting Feng, Jianpo Liu, Bingrui Chen, Yaxun Xiao, Guangliang Feng, Fengpeng Zhang. Monitoring, Warning, and Control of Rockburst in Deep Metal Mines // Engineering. 2017. Vol. 3. Iss. 4. pp. 538-545.
10. Li C.C. Principles of rockbolting design // Journal of Rock Mechanics and Geotechnical Engineering. 2017. Vol. 9. Iss. 3. pp. 396-414.
11. Malkowski P., Niedbalski Z. A comprehensive geomechanical method for the assessment of rockburst hazards in underground mining // International Journal of Mining Science and Technology. 2020, vol. 30, no. 3, pp. 345-355.
12. Simser B.P. Rockburst managements in Canadian hard rock mines // Journal of Rock Mechanics and Geotechnical Engineering. 2019, vol. 11, no. 5, pp. 1036-1043.
13. Jinglin Wen, Husheng Li, Fuxing Jiang. Rock burst risk evaluation based on equivalent surrounding rock strength // International Journal of Mining Science and Technology. 2019, vol. 29, no. 4, pp. 571-576.
14. Аксенов А.А., Ожиганов И.А. Совершенствование практики отнесения месторождений к склонным по горным ударам // Безопасность труда в промышленности. 2018. N 1. С. 58-60. DOI: 10.24000/0409-2961-218-1-58-60.
15. Еременко В.А., Еременко А.А., Потапов Е.В., Павлов Д.А., и др. Геомеханическая оценка состояния массива при ведении горных работ на Ждановском месторождении подземным способом // ГИАБ. 2010. N 11. С. 271-282.
16. Сергеев С.В., Синица И.В., Карякин В.Ф. Оценка склонности массива пород на КМА к горным ударам // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Естественные науки. 2015. N 9 (206). С. 132-137.
17. Раимжанов Б.Р., Хасанов А.Р., Фарманов О.Э. Исследование геодинамического состояния массива горных пород с целью прогнозирования горных ударов // ГИАБ. 2021. N 10. С. 29-41. DOI: 10.25018/0236_1493_2021_10_0_29.
18. Шкуратник В.Л. Методы определения напряженно-деформированного состояния массива горных пород // М.: МГГУ, 2012. 112 с.
19. Зубков А.В., Феклистов Ю.Г., Липин Я.И., Худяков С.В., и др. Деформационные методы определения напряженного состояния пород на объектах недропользования // Проблемы недропользования. 2016. N 4. С. 41-49.
20. Криницын Р.В. Мониторинг напряженного состояния массивов руд и пород в очистных блоках шахты «Магнитовая» // Вестник МГТУ им. Г.И. Носова. 2007. N 4. С. 18-21.
21. Феклистов Ю.Г. Деформационный способ комплексного определения напряженного состояния и упругих характеристик горных и строительных объектов // Проблемы недропользования. 2017. N 4. С. 28-32.
22. Тюпин В.Н., Пономаренко К.Б. Оценка горного давления в массиве железистых кварцитов на основе взрывания шпуровых зарядов ВВ // Маркшейдерия и недропользование. 2022. N 3(119). С.54-57.
23. Тюпин В.Н. Взрывные и геомеханические процессы в трещиноватых напряженных горных массивах // Белгород: ИД «Белгород» НИУ «БелГУ». 2017. 192 с.
24. Тюпин В.Н. Механизм формирования зоны остаточных напряжений при взрывании в трещиноватом гранитном массиве рудников ПАО «ППГХО» // Горный журнал. 2020. N 10. С. 60-64. DOI:10.17580/gzh.2020.10.04.

REFERENCES

1. Stavrogin A.N., Protosenya A.G. Rock strength and stability of workings at great depths. Moscow: Nedra, 1985. 271 p.
2. Lomonosov G.G. Production processes of underground mining of ore deposits. Moscow: Publishing house «Mining Book», 2013. 517 p.
3. Freydin A.M., Neverov S.A., Neverov A.A., Konurin A.I. Geomechanical assessment of geotechnologies of underground ore mining at the stage of design solutions // Mining Journal. 2016. N 2. P. 39-44. DOI: 10.17580/gzh.2016.02.08.
4. Kuranov A.D. Application of numerical modeling for the selection of safe parameters of ore deposit development systems in highly stressed massifs // Notes of the Mining Institute. 2013. Vol. 206. P. 60-64.
5. Einbinder I.I., Ovcharenko O.V. Studies of the potential impact hazard of the rock mass at the projected depths of the mining of the «Valunistoe» deposit // GIAB. 2022. N 6. P. 35-45. DOI: 10.25018/0236_1493_2022_6_0_35.
6. Einbinder I.I., Ovcharenko O.V., Patskevich P.G. Studies of the potential impact hazard of the rock mass on the lower horizons of the «Shanuch» deposit // GIAB. 2019. N 12. P. 30-40. DOI: 10.25018/0236-1493-2019-12-0-30-40.
7. Rasskazov I.Yu., Saksin B.G., Usikov V.I., Potapchuk M.I. Geodynamic state of the rock massif of the Mykolaiv polymetallic deposit and features of the manifestation of impact hazard during its development // Mining Journal. 2016. N 12. P. 23-25. DOI: 10.17580/gzh.2016.12.03.
8. Rasskazov I.Yu. Control and management of mining pressure in the mines of the Far Eastern region. Moscow: Gornaya kniga, 2008. 329 p.

9. Xia-Ting Feng, Jianpo Liu, Bingrui Chen, Yaxun Xiao, Guangliang Feng, Fengpeng Zhang. Monitoring, Warning, and Control of Rockburst in Deep Metal Mines // Engineering. 2017. Vol. 3. Iss. 4. P. 538-545.
10. Li C.C. Principles of rockbolting design // Journal of Rock Mechanics and Geotechnical Engineering. 2017. Vol. 9. Iss. 3. P. 396-414.
11. Malkowski P., Niedbalski Z. A comprehensive geomechanical method for the assessment of rockburst hazards in underground mining // International Journal of Mining Science and Technology. 2020, vol. 30, no. 3, pp. 345-355.
12. Simser B.P. Rockburst managements in Canadian hard rock mines // Journal of Rock Mechanics and Geotechnical Engineering. 2019, vol. 11, no. 5, pp. 1036 -1043.
13. Jinglin Wen, Husheng Li, Fuxing Jiang. Rock burst risk evaluation based on equivalent surrounding rock strength // International Journal of Mining Science and Technology. 2019, vol. 29, No. 4, pp. 571-576.
14. Aksenov A.A., Ozhiganov I.A. Improving the practice of classifying deposits as prone to mining impacts // Occupational safety in industry. 2018. N 1. P. 58-60. DOI: 10.24000/0409-2961-218-1-58-60.
15. Eremenko V.A., Eremenko A.A., Potapov E.V., Pavlov D.A., etc. Geomechanical assessment of the state of the massif during mining operations at the Zhdanovskoye deposit by underground method // GIAB. 2010. N 11. P. 271-282.
16. Sergeev S.V., Sinitsa I.V., Karyakin V.F. Assessment of the propensity of the rock mass on the KMA to mountain impacts // Scientific Bulletin of the Belgorod State University. Series: Natural Sciences. 2015. N 9 (206). P. 132-137.
17. Raimzhanov B.R., Khasanov A.R., Farmanov O.E. Investigation of the geodynamic state of a rock mass in order to predict mountain impacts // GIAB. 2021. N 10. P. 29-41. DOI: 10.25018/0236_1493_2021_10_0_29.
18. Shkuratnik V.L. Methods for determining the stress-strain state of a rock mass. Moscow: MGSU, 2012. 112 p.
19. Zubkov A.V., Feklistov Yu.G., Lipin Ya.I., Khudyakov S.V., et al. Deformation methods for determining the stress state of rocks at subsurface use facilities // Problems of subsurface use. 2016. N 4. P. 41-49.
20. Krinitsyn R.V. Monitoring of the stressed state of ore and rock arrays in the treatment blocks of the Magnezitovaya mine // Bulletin of the Moscow State Technical University named after G.I. Nosov. 2007. N 4. P. 18-21.
21. Feklistov Yu.G. Deformation method of complex determination of the stress state and elastic characteristics of mining and construction objects // Problems of subsoil use. 2017. N 4. P. 28-32.
22. Tyupin V.N., Ponomarenko K.B. Estimation of rock pressure in an array of ferruginous quartzites on the basis of exploding hole charges of explosives // Surveying and subsoil use. 2022. N 3(119). P. 54-57.
23. Tyupin V.N. Explosive and geomechanical processes in fractured stressed mountain massifs. Belgorod: Publishing house «Belgorod» NRU «BelGU». 2017. 192 p.
24. Tyupin V.N. The mechanism of formation of the zone of residual stresses during blasting in the fractured granite massif of the mines of «PPGHO» // Mining Journal. 2020. N 10. P. 60-64. DOI:10.17580/gzh.2020.10.04.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ



Тюпин Владимир Николаевич:
доктор технических наук, профессор,
Белгородский государственный национальный
исследовательский университет,
г. Белгород, Россия,
<https://orcid.org/0000-0002-3709-0957>,
e-mail: tyupinvn@mail.ru

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Tyupin Vladimir Nikolaevich:
Doctor of Technical Sciences, Professor,
Belgorod State National Research University,
Belgorod, Russia.
ORCID iD: 0000-0002-3709-0957,
e-mail: tyupinvn@mail.ru



Пономаренко Константин Борисович:
аспирант, инженер,
Белгородский государственный национальный
исследовательский университет, ;
ОАО «ВНОГЕМ», лаборатория горного давления
и сдвига горных пород,
г. Белгород, Россия,
<https://orcid.org/0000-0003-1745-9670>

Ponomarenko Konstantin Borisovich:
Postgraduate student,
Belgorod State National Research University,
VIOGEM, Laboratory of Rock Pressure and Rock
Displacement,
Belgorod, Russia,
e-mail: ponomarenkokb@yandex.ru,
ORCID iD: 0000-0003-1745-9670

ВКЛАД АВТОРОВ / CONTRIBUTION:

Тюпин В.Н. — формирование идеи исследования; развитие ключевых целей и задач; планирование направления исследования; анализ результатов исследования; написание текста статьи; консультация по вопросам, характеризующим тему исследования. Пономаренко К.Б. — проведение исследования; получение экспериментальных данных, анализ и интерпретация; систематизация материала; написание текста статьи; работа с графическим материалом; редактирование и переработка рукописи. / Tyupin V.N. — the process of creation idea to research; promotion to key objectives; result analysis; writing the text of a scientific article; consultation of questions theme research. Ponomarenko K.B. — execution to the research; gather experimental data; analysis and systematic to the material; the edit to the science text; creation of the graphics material.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ / CONFLICT OF INTEREST:

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов / The authors declare no conflict of interest.