

ISSN 1999-4125 (Print)

ISSN 2949-0642 (Online)

**ГЕОМЕХАНИКА, РАЗРУШЕНИЕ ГОРНЫХ ПОРОД, РУДНИЧНАЯ
АЭРОГАЗОДИНАМИКА И ГОРНАЯ ТЕПЛОФИЗИКА
GEOMECHANICS, DESTRUCTION OF ROCKS BY EXPLOSION,
MINE AEROGASDYNAMICS AND MINING THERMOPHYSICS**

Научная статья

УДК 622.236.4:622.235

DOI: 10.26730/1999-4125-2023-4-75-83

**ВЛИЯНИЕ БУРОВЗРЫВНЫХ РАБОТ НА НАРУШЕННОСТЬ ЗАКОНТУРНОГО
МАССИВА ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК**

**Масаев Юрий Алексеевич¹,
Масаев Владислав Юрьевич^{1,2},
Политов Александр Петрович¹**

¹Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева²Кузбасская государственная сельскохозяйственная академия

*для корреспонденции: recess@bk.ru

**Информация о статье**

Поступила:

15 июня 2023 г.

Одобрена после
рецензирования:

15 сентября 2023 г.

Принята к публикации:

20 сентября 2023 г.

Опубликована:

27 сентября 2023 г.

Ключевые слова:

законтурный массив;
прочностные свойства;
ультразвуковое прозвучивание;
керна; трещиноватость

Аннотация.

Горные выработки проводятся по нетронутым породным массивам, прочностные свойства которых бывают различными в зависимости от глубины залегания, условий образования, напряженного состояния и других условий. Залегающие горные породы в зависимости от условий их образования имеют естественную трещиноватость, а при проведении горных выработок, особенно буровзрывным способом, происходит нарушение законтурного массива горных пород и образуются дополнительные трещины, существенно отличающиеся от естественной трещиноватости, и фактическую нарушение законтурного массива, полученную после взрывных работ, следует считать суммарной трещиноватостью. На протяжении многих лет ведутся исследования трещиноватости пород применительно к решению разнообразных задач, основными способами изучения которых являются геологические, физические, прочностные, производственные, моделирования. При проведении горных выработок буровзрывным способом учитывается только получение гладкого контура выработки, соответствующего проектному сечению, и не учитывается фактор нарушения законтурного массива за счет образования дополнительной системы трещин. Для установления влияния параметров контурного взрыва на нарушение законтурного массива были проведены экспериментальные исследования в производственных условиях, предусматривающие: сквозное прозвучивание ультразвуковой аппаратурой серийного изготовления; непосредственные наблюдения по кернам, выбуренным в бортах и кровле выработок на различной глубине; анализ трещиноватости и энергоемкости разрушения образцов горных пород.

Для цитирования: Масаев Ю.А., Масаев В.Ю., Политов А.П. Влияние буровзрывных работ на нарушение законтурного массива горных выработок // Вестник Кузбасского государственного

При проведении горных выработок буровзрывным способом практическое значение для оценки устойчивости горной выработки имеет нарушенность законтурного массива, которая может существенно отличаться от естественной трещиноватости породного массива. В зависимости от этого трещиноватость применительно к взрывным работам разделяется на начальную трещиноватость, которой обладает массив в естественном состоянии, и дополнительную трещиноватость, обусловленную влиянием горнотехнических факторов.

Фактическую нарушенность законтурного массива трещинами, полученную после взрывных работ, следует считать суммарной трещиноватостью.

При разработке месторождений полезных ископаемых подземным способом состояние породных массивов имеет большое значение и даже на соседних шахтах после производства взрывных работ нарушенность горных пород бывает различной. На протяжении многих лет ведутся исследования трещиноватости пород применительно к решению разнообразных задач, основными способами изучения которых являются геологические, физические, прочностные, производственные, моделирования.

Для изучения степени изменения физико-механических свойств горных пород после взрывных работ и определения границы распространения трещин в законтурный массив нашими исследованиями было предусмотрено три способа:

- сквозное прозвучивание ультразвуковой аппаратурой серийного изготовления;
- непосредственные наблюдения по кернам, выбуренным в бортах и кровле выработок;
- прочностной.

При проведении выработок буровзрывным способом взрыв зарядов оконтуривающих шпуров кроме работы по отделению породы по линии контура и ее дробления производит нарушение сплошности законтурного массива формированием видимых переборов породы за контуром горной выработки и созданием трещиноватости вглубь законтурного массива. Эти сопутствующие явления, сопровождающие взрыв зарядов оконтуривающих шпуров, существенно снижают устойчивость горных выработок и повышают затраты на погрузку и транспортировку отбитой горной массы, крепление и поддержание горных выработок. Как показали данные практики, величина влияния взрыва на состояние законтурного массива зависит от параметров буровзрывных работ, схемы взрывания и свойств горных пород.

С применением широко известного в горной промышленности контурного взрывания при установлении параметров и схем взрывания учитывается только получение гладкого контура выработки, соответствующего проектному сечению, и не учитывается фактор нарушения законтурного массива за счет образования от взрыва дополнительной системы трещиноватости горной породы.

Для установления влияния параметров контурного взрывания на нарушенность законтурного массива были проведены экспериментальные исследования в производственных условиях.

Первым этапом исследования было установление параметров буровзрывных работ, обеспечивающих получение гладкого контура выработки, соответствующего проектному сечению. На втором этапе исследовалось влияние буровзрывных работ на нарушенность законтурного массива. Экспериментальные исследования были проведены по светло-серым песчаникам с коэффициентом крепости по шкале проф. М. М. Протоdjяконова $f = 9-12$ и темно-серым песчаником с $f = 4-6$.

Величина нарушенности законтурного массива определялась переносным импульсным ультразвуковым прибором сквозным прозвучиванием породы и исследованием на энергоемкость разрушения породных кернов, взятых из стенок горной выработки после взрыва. При исследовании принимались к учету крепость пересекаемых пород – f ; расстояние между оконтуривающими шпурами – E ; повторность воздействия взрывных нагрузок; нарушенность массива по длине шпура, а такие параметры, как линия наименьшего сопротивления (W), величина зарядов ВВ в оконтуривающих шпурах, тип ВВ, диаметр заряда ВВ, глубина шпуров и направление инициирования зарядов оставались постоянными.

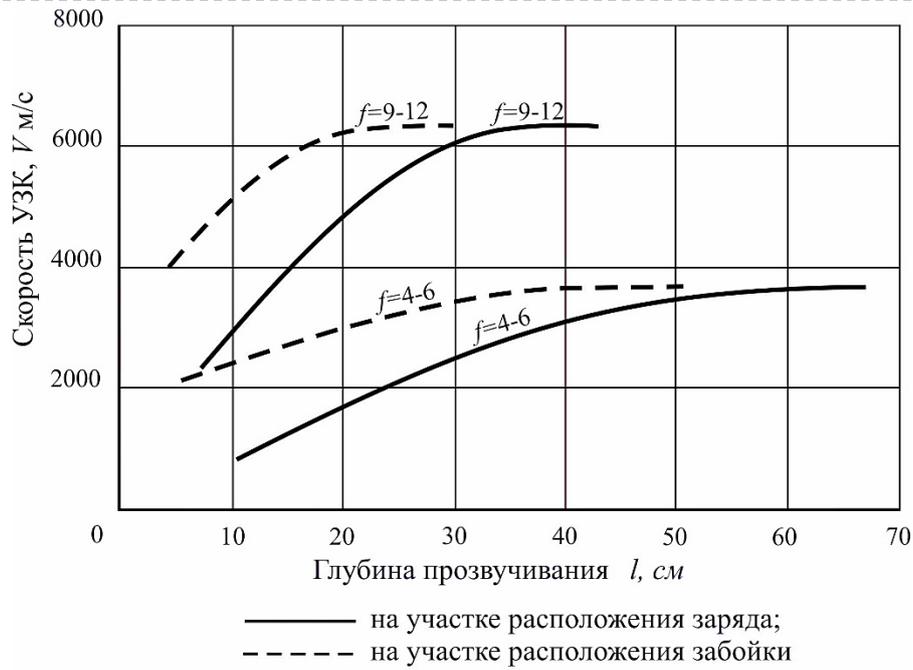


Рис. 1. График изменения скорости ультразвуковых колебаний в нарушенном законтурном массиве
 Fig. 1. Graph of the change in the speed of ultrasonic vibrations in the violated legal array

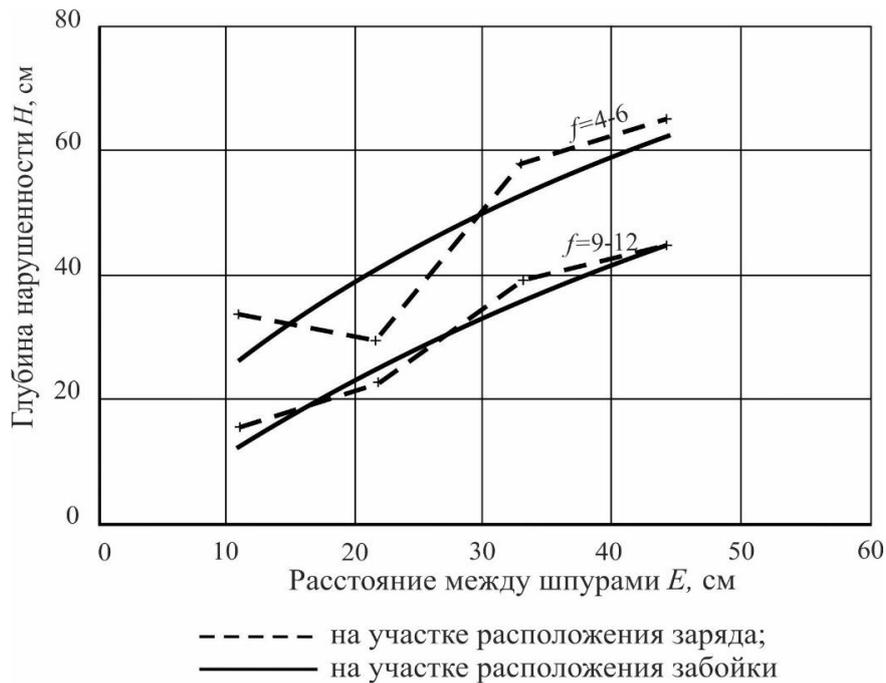
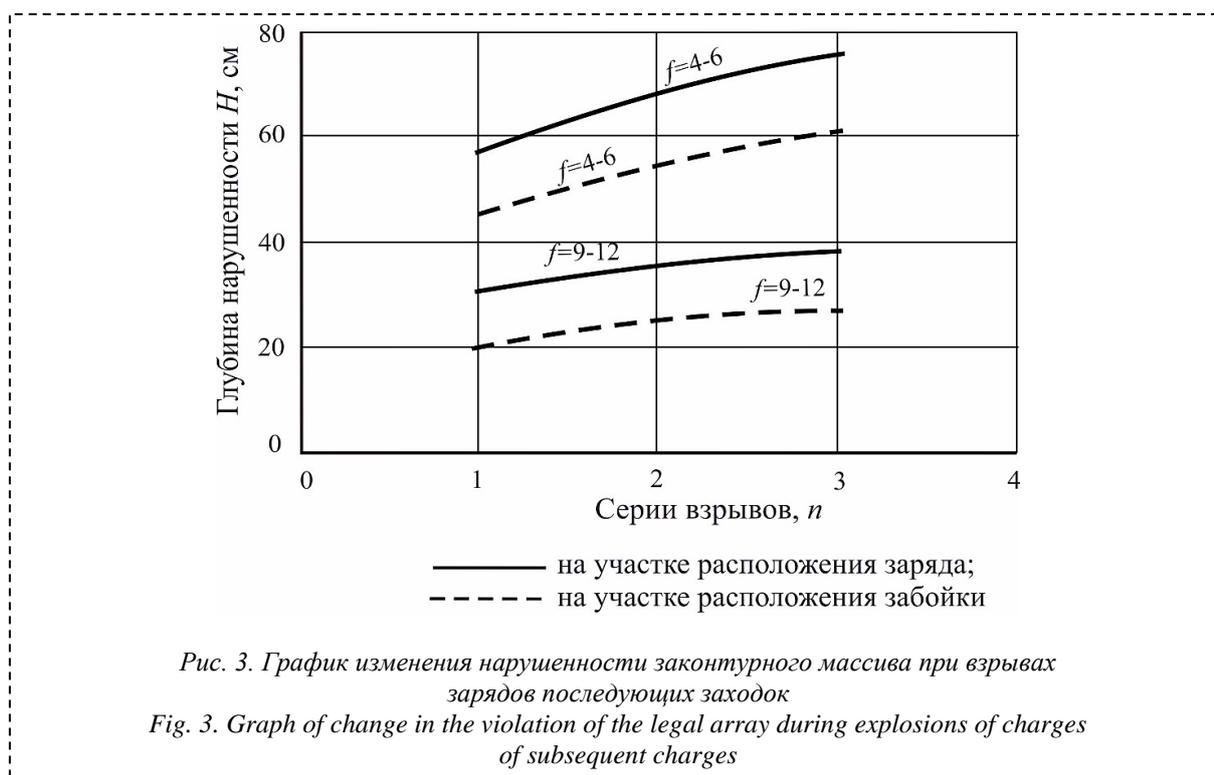


Рис. 2. Зависимость глубины нарушения законтурного массива от расстояния между оконтуривающими шпурами
 Fig. 2. Dependence of the depth of violation of the legal array on the distance between the contouring holes

Исследование нарушения массива проводилось при ЛНС оконтуривающих шпуров 50–60 см, расстоянии между ними 20–80 см, длине шпуров 2,3–2,5 м, весе заряда ВВ 1 кг, диаметре шпуров 42–44 мм, в качестве ВВ использовался аммонит 5-ЖВ. При этих параметрах на участке расположения забойки массив отрывается по линии оконтуривающих шпуров, в то время как на участке расположения заряда ВВ были переборы породы с образованием «гребешков», представляющих собой смятую породу, которая отбирается вручную. При воздействии

взрывных нагрузок последующих взрывов «гребешки» осыпаются. Общее отклонение контура от проектного положения составляло 7–15 см.



На Рис. 1 приведен график изменения скорости прохождения ультразвуковых колебаний (УЗК) в законтурном массиве в зависимости от глубины прозвучивания; видно, что на участке расположения зарядов ВВ в оконтуривающих шпурах скорость УЗК при глубине прозвучивания законтурного массива до 1,0 метра возрастает от 900 м/с до 3500 м/с, а в зоне размещения внутренней забойки изменение скорости УЗК от 2350 м/с до 3500 м/с наблюдается только до глубины 0,7 м.

Из этого следует, что нарушенность массива по длине заходки не одинакова и составляет большую величину в зоне расположения заряда ВВ.

Нарушенность массива в породе с коэффициентом крепости $f = 4-6$ на участке расположения заряда ВВ равна 1,08 м, а на участке расположения внутренней забойки 0,8 м, в породах крепостью $f = 9-12$, соответственно, нарушенность равна 0,56 м и 0,33 м. То есть на участках расположения зарядов нарушенность в 1,3–1,6 раза больше, чем на участках расположения внутренней забойки. Значительное влияние на нарушенность массива оказывает расстояние между оконтуривающими шпурами. При экспериментальном исследовании влияния величины E на нарушенность массива это расстояние изменялось в пределах от 80 ± 7 см до 20 ± 3 см.

На Рис. 2 приведено изменение нарушенности законтурного массива с изменением расстояния между оконтуривающими шпурами, где видно, что нарушенность массива возрастает по всей длине заходки при $E = 80 \pm 7$ см в два раза больше на участке расположения заряда и в 3,1 раза на участке расположения внутренней забойки, чем при $E = 20 \pm 7$ см. Увеличение расстояния между шпурами ведет к более резкому возрастанию глубины нарушенности массива на участке расположения забойки.

Система трещин, возникающих в массиве во время взрыва на участках расположения заряда и забойки получает дальнейшее развитие под воздействием взрывной волны зарядов последующих отпалок, в результате чего нарушенность массива на рассматриваемом участке увеличивается от последующих взрывов в 3–6 очередных отпалок.

На Рис. 3 приведен график изменения общей глубины нарушенности законтурного массива при первом и последующих взрывах.

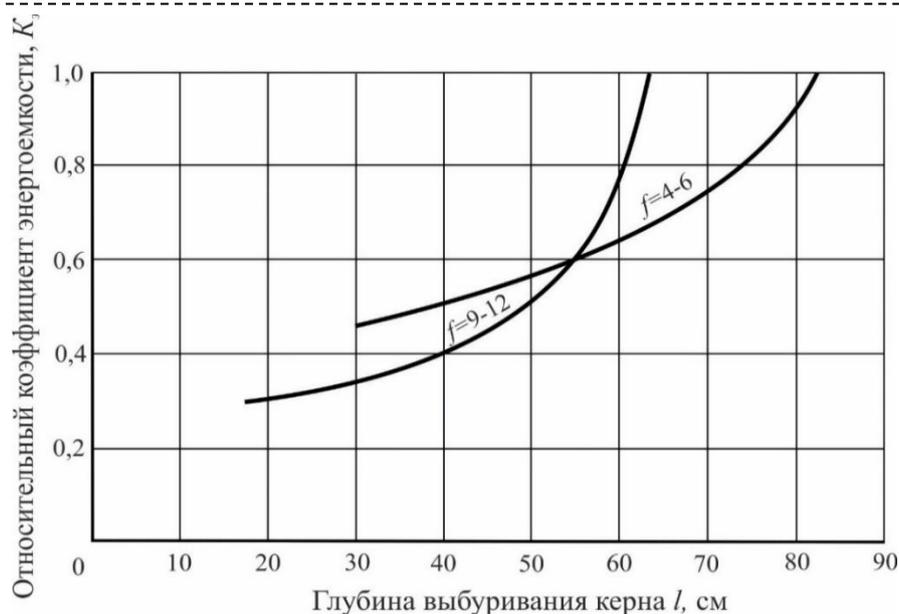


Рис. 4. График изменения относительной энергоёмкости разрушения породы с глубиной выбуривания кернов
 Fig. 4. Graph of changes in the relative energy intensity of rock destruction with the depth of drilling of cores

При повторном воздействии общая глубина нарушения в породах с коэффициентом крепости $f = 4-6$ увеличивается с 1,03 до 1,2 м на участке расположения забойки и с 0,80 до 0,95 м на участке расположения зарядов ВВ.

При третьем взрыве общая нарушенность возросла до 1,35 м на участке заряда и до 1,08 м на участке забойки. В породах крепостью $f = 9-12$ рост трещиноватости наблюдался с 0,56 до 0,67 м на участке расположения заряда ВВ и с 0,33 до 0,47 м на участке расположения забойки. Как показали эксперименты, прирост глубины распространения трещин в массиве при последующих взрывах примерно одинаков и на участках зарядов, и на участках забойки и составляет от 10 до 30% в зависимости от крепости породы и расстояния от забоя.

Исследование нарушенности законтурного массива с использованием ультразвуковой аппаратуры при проведении горных выработок буровзрывным способом показало, что по всей длине выработки массив нарушен системой трещин глубиной до 1,0 м. Кроме того, через некоторый интервал, равный длине применяемой внутренней забойки, в шпурах имеются дополнительные пояса ослабления массива с общей глубиной трещиноватости до 1,35–1,5 метра.

Подтверждением правильности показателей, свидетельствующих о наличии величины нарушенности законтурного массива взрывными работами, установленных ультразвуковым методом, явились результаты исследования на энергоёмкость разрушения кернов, выбуренных из массива, подвергнувшегося воздействию взрыва.

При выбурировании кернов установлена закономерность, что на расстоянии первых 20–40 см порода нарушена такой густой сетью трещин, что сплошной керн получить не представляется возможным. Однако с увеличением глубины выбуривания размеры кусочков, на которые распадаются керны, возрастают. И только с глубины 20–40 см выбуривается керн, разделенный на отдельные крупные куски более редкими трещинами, или сплошной керн с явно видимыми отдельными трещинами.

Таким образом, исследование кернов показало, что на глубине 10–20 см в массиве возникает весьма густая сетка трещиноватости, а на расстоянии до 40 см сетка трещиноватости становится значительно реже, и на глубине 0,6–1,0 м распространяются отдельные трещины.

Однако расстояние трещиноватости еще не полностью характеризует изменение состояния породы, подвергшейся воздействию взрывной волны. Более точную картину состояния породы вокруг горной выработки после взрыва дает исследование на энергоёмкость разрушения образцов породы, взятых с различной глубины из выбуренных кернов.

На Рис. 4 приведены кривые изменения энергоемкости разрушения породы с глубиной выбуривания керна, взятого в кровле выработки при расстоянии между оконтуривающими шпурами $E = 0,6$ м и видно, что относительная энергоемкость разрушения породы, равная единице, получена на глубине несколько большей, чем глубина нарушенности, установленная анализом трещиноватости кернов по шлифам и ультразвуковым методам.

Кроме того, видно, что в песчаниках до глубины 0,7 м, а в аргиллитах до 1,1 м, то есть до глубины трещинообразования, установленного ультразвуковым методом, идет медленное нарастание относительной энергоемкости разрушения до достижения единицы на глубине 1,1 и 1,5 м.

В таблице приведены величины нарушенности вокруг выработок различной крепости, установленные различными методами исследования.

Таблица. Экспериментальные данные
Table. Experimental data

№ п/п	Метод исследований	Песчаники, $f = 9-12$			Алевролиты с прослоями песчаников, $f = 4-6$		
		I	II	III	I	II	III
1	Ультразвуковой метод	0,56	0,63	0,67	1,03	1,2	1,35
	Изменение скорости УЗК	0,33	0,42	0,47	0,7	0,95	1,08
2	Трещиноватость кернов	–	–	0,12	–	–	0,19
	а) густая сеть трещин	–	–	0,30	–	–	0,45
	б) kern разделен трещинами на куски	–	–	0,20	–	–	0,35
	в) отдельные трещины	–	–	0,65	–	–	1,20
		–	–	0,50	–	–	1,10
3	Энергоемкость разрушения	–	–	1,10	–	–	1,50
	Относительная энергоемкость разрушения равна единице	–	–	1,10	–	–	1,50

Примечание: В числителе (в метрах) в месте расположения заряда ВВ, в знаменателе – в месте расположения внутренней забойки.

Таким образом, при проведении горных выработок буровзрывным способом от действия взрыва в законтурном массиве образуется система трещин, распространяющихся на глубину до 1,0 метра, причем изменение параметров и схемы ведения взрывных работ ведет к снижению действия взрыва на законтурный массив. При взрывах последующих серий зарядов ВВ под воздействием взрывной волны, проходящей по массиву, наблюдается увеличение зоны трещинообразования и общая глубина трещин, уходящих вглубь массива, достигает от 0,6 м до 1,4 м в зависимости от коэффициента крепости горных пород, что значительно снижает устойчивость горных выработок.

При подборе параметров контурного взрывания для повышения устойчивости проводимых выработок необходимо не только ориентироваться на получение гладкого контура выработки, соответствующего проектному сечению, но и добиваться снижения действия как первого, так и последующих взрывов на нарушенность законтурного массива.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Копытов А. И., Масаев Ю. А., Масаев В. Ю. Влияние технологии взрывных работ на состояние окружающей среды в Кузбассе // Уголь. 2020. № 5. С. 57–63.
2. Еременко А. А., Федоренко А. И., Копытов А. И. Проведение и крепление горных выработок в удароопасных зонах железорудных месторождений. Новосибирск : «Наука», 2008. 235 с.
3. Масаев Ю. А., Масаев В. Ю. Исследование условий формирования зон трещинообразования в породном массиве при сооружении горных выработок с применением взрывных работ // Вестник научного центра по безопасности работ в угольной промышленности. 2020. № 1. С. 17–22.
4. Копытов А. И., Масаев Ю. А. Методические основы для выбора эффективной геотехнологии разработки опасных по горным ударам железорудных месторождений Кузбасса // Вестник научного центра по

безопасности работ в угольной промышленности. 2016. №3. С. 28–37. EDN: WLSKCL

5. Оверченко М. Н. [и др.] Снижение законтурного разрушения массива при проходке горных выработок с использованием эмульсионных взрывчатых веществ // Горная промышленность. 2016. № 5 (129). С. 56.

6. Викторов С. Д. Развитие идей взрывного разрушения массивов горных пород // Прикладная физика и математика. 2013. № 2. С. 24–30.

7. Соломойченко Д. А. Определение величин напряжений и деформаций в окрестностях подготовительных выработок // Известия высших учебных заведений. Горный журнал. 2015. № 1. С. 68–71.

8. Ли К. Х., Иванов В. В. Кинетические представления о разрушении горных пород при подготовке горных ударов // Вестник научного центра по безопасности работ в угольной промышленности. 2020. № 2. С. 38–41.

9. Абрамов И. Л., Майоров А. Е. Совершенствование средств оперативного измерения контактной прочности горных пород приконтурной зоны массива // Вестник научного центра ВостНИИ по промышленной и экологической безопасности. 2018. № 4. С. 74–80.

10. Казанин О. И., Ильинец А. А. Контроль устойчивости выемочных выработок на шахте АО «Кузбасс» с применением видеоэндоскопов // Вестник Кузбасского государственного технического университета. 2020. № 2. С. 12–18.

11. Соколов С. В., Салтымаков Е. А., Кормин А. И. Комплексное геофизическое исследование состояния углепородного массива в условиях Кузбасса // Вестник Кузбасского государственного технического университета. Научно-технический журнал. 2017. № 2. С. 66–71.

12. Менжулин М. Г. [и др.] Физико-механическое обоснование перехода к ресурсосберегающим технологиям взрывного разрушения горных пород // Строительные материалы. 2011. № 5. С. 67–68.

13. Демин В. Ф. [и др.] Напряженно-деформированное состояние приконтурного углепородного массива // Уголь. 2020. № 5. С. 63–68.

14. Жариков С. Н., Кутуев В. А., Васильева Л. А. Обеспечение сейсмобезопасности при ведении открытых и подземных горных работ в условиях сарбайского месторождения // В сборнике: Инновационные геотехнологии при разработке рудных и нерудных месторождений. сборник трудов XI Международной научно-технической конференции в рамках Уральской горнопромышленной декады. Екатеринбург, 2022. С. 55–60.

15. Вьюников А. А., Ворожцов С. Г., Пуль Э. К., Ковешников П. Ю. Способы профилактики внезапных выбросов породы и газа при ведении горных работ на сверхглубоких горизонтах подземного рудника «Интернациональный» // Горный журнал. 2023. № 1. С. 133–138.

© 2023 Авторы. Эта статья доступна по лицензии Creative Commons «Attribution» («Атрибуция») 4.0 Всемирная (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>)

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Об авторах:

Масаев Юрий Алексеевич, канд. техн. наук, профессор, Почетный член Академии горных наук, Кузбасский государственный технический университет имени Т. Ф. Горбачева (650000, Россия, г. Кемерово, ул. Весенняя, 28)

Масаев Владислав Юрьевич, канд. техн. наук, доцент, Кузбасский государственный технический университет имени Т. Ф. Горбачева, кафедра физических процессов и строительной геотехнологии освоения недр (650000, Россия, г. Кемерово, ул. Весенняя, 28), Кузбасская государственная сельскохозяйственная академия (650056, г. Кемерово, ул. Марковцева, 5)

Политов Александр Петрович, канд. техн. наук, доцент, Кузбасский государственный технический университет имени Т. Ф. Горбачева (650000, Россия, г. Кемерово, ул. Весенняя, 28)

Заявленный вклад авторов:

Масаев Юрий Алексеевич – постановка исследовательской задачи, научный менеджмент, организация и проведение экспериментальных исследований, сбор и анализ данных, написание текста, выводы.

Масаев Владислав Юрьевич – концептуализация исследований, сбор и анализ данных, написание текста.

Политов Александр Петрович – обзор соответствующей литературы, сбор и анализ данных, написание текста.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

Original article

THE IMPACT OF DRILLING AND BLASTING OPERATIONS ON THE DISTURBANCE OF THE LEGAL ARRAY OF MINE WORKINGS

Yury A. Masaev¹,
Vladislav Y. Masaev^{1,2},
Aleksandr P. Politov¹

¹T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University

²Kuzbass State Agricultural Academy

*for correspondence: recess@bk.ru



Article info

Received:

15 June 2023

Accepted for publication:

15 September 2023

Accepted:

20 September 2023

Published:

27 September 2023

Keywords: legal array; strength properties; ultrasonic sounding; cores; cracking

Abstract.

Excavations are carried out over undisturbed rock masses, the strength properties of which vary depending on the depth of occurrence, formation conditions, stress state and other conditions. Depending on the conditions of their formation, the underlying rocks have natural fracturing, and during excavation, especially by drilling and blasting, the rock massif is disturbed and additional fractures are formed, which differ significantly from the natural fracturing. And the actual disturbance of the massif, obtained after explosive works, should be considered as the total fracturing. For many years, studies of rock fracturing in relation to solving a variety of problems, the main ways of studying these problems are geological, physical, strength, production, modeling. When carrying out mine workings by drilling and blasting method, only obtaining of a smooth contour of the workings that complies with the design cross-section is taken into account, and the factor of disturbance of the contour massif by formation of an additional system of cracks is not taken into account. To determine the influence of the contour blasting parameters on the disturbance of the massif, experimental research was carried out under production conditions. It included: continuous sounding by commercially available ultrasound equipment; direct observations of cores drilled in the faces and roofs of workings at different depths; analysis of fracturing and energy intensity of rock samples fracture.

For citation: Masaev Yu.A., Masaev V.Y., Politov A.P. The impact of drilling and blasting operations on the disturbance of the legal array of mine workings. *Vestnik Kuzbasskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta*=Bulletin of the Kuzbass State Technical University. 2023; 4(158):75-83. (In Russ., abstract in Eng.). DOI: 10.26730/1999-4125-2023-4-75-83, EDN: HGRIYU

REFERENCES

1. Kopytov A.I., Masaev Y.A., Masaev V.Yu. Influence of blasting technology on the state of the environment in Kuzbass. *Ugol*. 2020; 5:57–63.
2. Eremenko A.A., Fedorenko A.I., Kopytov A.I. Conducting and anchoring of mine workings in shock hazardous zones of iron-ore deposits. Novosibirsk: "Nauka"; 2008.
3. Masaev Y.A., Masaev V.Yu. Study of the formation conditions of fracture zones in the rock mass in the construction of mine workings with the use of blasting / Yu Masaev, V. Yu Masaev. *Bulletin of the Scientific Center for Safety Works in the Coal Industry*. 2020; 1:17–22.
4. Kopytov A.I., Masaev Y.A. Methodological bases for choosing an effective geotechnology of development of dangerous by rock impacts iron ore deposits of Kuzbass. *Bulletin of the scientific center for safety works in the coal industry*. 2016; 3:28-37. EDN: WLSKCL.
5. Overchenko M.N. [et al.] Reducing the outline destruction of the massif when sinking mine workings using emulsion explosives. *Mining Industry*. 2016; 5(129):56.
6. Viktorov S.D. Development of ideas of explosive destruction of rock massifs. *Applied Physics and Mathematics*. 2013. № 2. C. 24-30.
7. Solomoychenko D.A. Determination of the values of stresses and strains in the vicinity of preparatory workings. *Izvestiya vysokikh izuchenii. Mining Journal*. 2015; 1:68–71.

8. Lee K.H., Ivanov V.V. Kinetic ideas about the destruction of rocks during the preparation of rockbursts. *Bulletin of the scientific center for bez-hazardous works in the coal industry*. 2020; 2:38–41.
9. Abramov I.L., Mayorov A.E. Improvement of means of operational measurement of contact strength of rocks near the contour zone of the massif. *Bulletin of scientific center VostNII on industrial and environmental safety*. 2018; 4:74–80.
10. Kazanin O.I., Ilyinets A.A. Monitoring the stability of mine workings at the mine of JSC "Kuzbass" using video endoscopes. *Bulletin of the Kuzbass State Technical University*. 2020; 2:12–18.
11. Sokolov S.V., Saltymakov E.A., Kormin A.I. Complex geophysical study of the state of the coal-rock massif in the Kuzbass. *Bulletin of the Kuzbass State Technical University. Scientific and technical journal*. 2017; 2:66–71.
12. Menzhulin M.G., Korshunov G.I., Zhuravlev A.A., Afanasyev P.I. Physico-mechanical justification for transition to resource-saving technologies of explosive destruction of rocks. *Stroitel'nye materialy*. 2011; 5:67–68.
13. Demin V.F. The stressed and deformed state of the near-contour ole rock massif. *Ugol*. 2020; 5:63–68.
14. Zharikov S.N. [et al.] Ensuring seismic safety when conducting open-pit and underground mining operations in the Sarbaisky field / S.N. Zharikov, V.A. Kutuev, L.A. Vasiliev. *In the collection: Innovative geotechnology in the development of ore and nonmetallic deposits. collection of papers of XI International Scientific and Technical Conference under the Ural Mining Week*. 2022.
15. Vyunikov A.A., Vorozhtsov S.G., Puhl E.K., Kovesnikov P. Y. Methods for prevention of sudden rock and gas emissions during mining at the ultra-deep horizons of the underground mine "International". *Mining Journal*. 2023; 1:133–138.

© 2023 The Authors. This is an open access article under the CC BY license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

The authors declare no conflict of interest.

About the authors:

Yuri A. Masaev, C. Sc. in Engineering, Professor, Honorary Member of the Academy of Mining Sciences, T. F. Gorbachev Kuzbass State Technical University (650000, Russia, Kemerovo, 28 Vesennaya str.), e-mail: recess@bk.ru

Vladislav Yu. Masaev, C. Sc. in Engineering, Associate Professor, T. F. Gorbachev Kuzbass State Technical University (650000, Russia, Kemerovo, 28 Vesennaya str.), Kuzbass State Agricultural Academy (650056, Russia, Kemerovo, Markovtseva str., 5), e-mail: recess@bk.ru

Aleksandr P. Politov, C. Sc. in Engineering, Associate Professor, T. F. Gorbachev Kuzbass State Technical University (650000, Russia, Kemerovo, 28 Vesennaya str.), e-mail: politov@mail.ru

Contribution of the authors:

Yuri A. Masaev – setting a research task, scientific management, organization and conduct of experimental research, data collection and analysis, text writing, conclusions.

Vladislav Yu. Masaev – conceptualization of research, data collection and analysis, text writing.

Aleksandr P. Politov – review of the relevant literature, data collection and analysis, text writing.

All authors have read and approved the final manuscript.

