

УДК 622.235.6

**ПУТИ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ СООРУЖЕНИЯ
ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК В УДАРООПАСНЫХ ПОРОДАХ РУДНЫХ ШАХТ****WAYS OF IMPROVING THE EFFICIENCY OF FACILITIES OF MINING IN
ROCKBURST-HAZARDOUS ORE MINES ROCKS****Масаев Юрий Алексеевич¹,**

действительный член СО АГН, кандидат техн. наук, профессор, e-mail: recess@bk.ru

Masaev Yriy A., C. Sc., Professor**Копытов Александр Иванович¹,**

президент СО АГН, доктор техн. наук, профессор, e-mail: L01BDV@yandex.ru

Kopytov Aleksandr I., Dr. Sc., Professor**Масаев Владислав Юрьевич²,**

кандидат техн. наук, доцент, e-mail: recess@bk.ru

Masaev Vladislav Y., C. Sc., Associate Professor¹Кузбасский государственный технический университет имени Т. Ф. Горбачева, 650000, Россия, г. Кемерово, ул. Весенняя, 28¹T. F. Gorbachev Kuzbass State Technical university, 28 street Vesennyaya, Kemerovo, 650000, Russian Federation²Российский экономический университет имени Г. В. Плеханова (Кемеровский университет), 650992, г. Кемерово, пр. Кузнецкий, 39²Trading enterprise Kemerovo Institute (branch) Plekhanov Russian University of Economics, 39, Prospect Kuznetsk, Kemerovo, 650000, Russian Federation

Аннотация. Рассмотрены условия проведения подземных горных выработок в крепких удароопасных горных породах при разработке железорудных месторождений Кузбасса. Приведены данные по геодинамическим проявлениям за 1987–2011 г.г. при производстве горнодобывающих работ на Таштагольском железорудном месторождении. Рекомендованы новая схема вруба с передовым камуфлетным взрыванием и способ формирования разгрузочной щели, обеспечивающие снижение удароопасности горных пород и повышение эффективности проведения горных выработок.

Abstract. The conditions for conducting underground mining in a strong rockburst-hazardous formations in the development of iron ore deposits of the Kuznetsk basin. The data on geodynamic manifestations for 1987-2011, with the production of mining in Tashtagol iron mines. Recommended a new scheme of the groove with the best camouflage blasting and method of forming the discharge gap, reducing rockburst hazard of rocks and improving the efficiency of mining.

Ключевые слова: напряженное состояние; горный удар; схема вруба; разгрузочная щель; горная выработка; заряд взрывчатого вещества.

Keywords: stress state; rock burst; diagram cut; discharge gap; excavation; explosive charge.

Условия сооружения горных выработок в рудных шахтах резко отличаются от угольных шахт. И главное отличие заключается в сложном залегании рудных тел и физико-механических свойствах вмещающих горных пород, коэффициент крепости которых достигает $f = 18-20$ и более по шкале проф. М. М. Протодяконова. Естественно, что в таких условиях единственным способом проведения горных выработок является буровзрывной, при котором основной задачей является обеспечение максимального использования энергии взрывчатого вещества на разрушение породного массива с требуемым качеством дробления.

Важной частью буровзрывного комплекса является обеспечение качества взрыва комплекта шпуровых зарядов ВВ за счет совершенствования технологии взрывных работ. При этом особое внимание необходимо уделять правильному выбору схем врубовых шпуров для конкретных условий, которые должны заранее планировать и формировать качество разрушения горной породы. Конечные результаты взрыва комплекта шпуровых зарядов ВВ зависят от глубины, объема и степени «очистки» врубовой полости от разрушенного объема горной породы, а также степени нарушенности заврубового массива после взрыва. Исследования показали, что общая нарушенность

заврубного массива породы проявляется в образовании двух зон: зоны трещиноватости, непосредственно прилегающей к образованной врубовой полости, и зоны волновой микронарушенности, распространяющейся в глубь массива на значительно большее расстояние за зоной трещиноватости [7]. В свою очередь, развитие указанных зон нарушенности зависит от напряженного состояния породного массива впереди сооружаемой горной выработки. Участки породы, прилегающие к забою горной выработки, после взрыва комплекта шпуровых зарядов ВВ оказываются частично разгруженными от горного давления и поэтому в следующем цикле впереди забоя горной выработки создаются условия для более эффективного использования энергии взрыва на разрушение породы в объеме врубовой полости, если она расположена в разгруженной зоне.

Вместе с тем, механизм формирования врубовой полости и общие результаты взрыва комплекта шпуровых зарядов ВВ в значительной степени зависят от глубины разработки рудных залежей, когда в горных породах вместе с коэффициентом крепости повышаются такие характеристики, как

упругость, вязкость и т.п., оказывающие существенное влияние на качество разрушения горных пород. В таких условиях необходимо учитывать действующие напряжения вокруг горной выработки не только из-за их влияния на качество взрывного разрушения горных пород, но и из-за опасности различных геодинамических проявлений [1, 2].

На Таштагольском железорудном месторождении глубина залегания рудных тел достигает 1260 м и более. При этом, как рудные тела, так и вмещающие породы пересекаются крупными тектоническими разломами, сопровождающимися зонами смятия. При сооружении горных выработок в зонах влияния тектонических нарушений, а также контактов пород, рудных даек и крупных тектонических блоков с резко отличающимися физико-механическими и акустическими свойствами значительно возрастает частота геодинамических проявлений – микроударов, стреляний пород, интенсивных заколообразований, горных ударов. Такие проявления на Таштагольском месторождении начали возникать с глубины 300 метров и оно было отнесено к опасным по горным

Таблица 1. Динамическая активность при ведении горных работ на Таштагольском месторождении

Год	Динамические явления 3–9 классов, связанные с ведением горных работ, шт.				Всего явлений за год, шт.	Из них 3–9 классов, %
	При массовых взрывах	При других взрывах	Остальные	Всего		
1987	69	115	67	251	299	84
1988	41	38	21	100	133	75
1989	39	31	25	95	293	32
1990	59	44	41	144	1213	12
1991	38	33	23	94	314	30
1992	32	35	20	87	294	30
1993	21	44	21	86	204	42
1994	31	34	42	107	284	38
1995	20	27	35	82	205	40
1996	77	42	69	188	245	77
1997	48	30	42	120	534	22
1998	47	30	35	112	438	26
1999	17	39	29	85	498	17
2000	37	31	52	120	507	24
2001	37	24	48	109	812	13
2002	32	34	36	102	1124	9
2003	36	33	45	114	1640	8
2004	39	49	49	177	1864	9
2005	45	22	28	95	1160	8
2006	55	61	44	160	1846	9
2007	42	55	42	139	1391	10
2008	17	19	13	49	489	10
2009	28	37	17	82	1025	8
2010	59	57	30	146	1484	10
2011	51	62	51	165	1483	11
Итого	1057	1026	925	3009	18296	
Среднее	42	41	37	120	791	

ударам.

При приближении горной выработки к тектоническим нарушениям, она попадает в зону повышенных напряжений и при этом возможен эффект наложения напряжений зоны опорного давления от выработки на напряжения в зоне повышенных напряжений от геологического нарушения и их результирующая будет значительно превышать значения напряжений в породном массиве, что еще более будет способствовать возникновению горных ударов.

По данным исследований проф. А. А. Еременко [3] на Таштагольском месторождении за период с 1987 по 2011 г.г. в пределах шахтного поля было зафиксировано 19000 толчков, 67 микроударов, 20 горных ударов, из них 7 горно-тектонического типа. В таблице приведены динамические проявления 3–9 классов при ведении горных работ за этот период.

Анализ приведенных данных показывает, что при разработке железорудных месторождений ежегодно происходит большое количество геодинамических проявлений и на протяжении многих лет исследовательские организации и производственные коллективы ищут способы предотвращения их. В качестве мероприятий по снижению динамических проявлений горного давления и предотвращения их аварийных воздействий при проведении горных выработок в таких условиях были предложены изменения в паспортных и технологических параметрах буровзрывных работ. Одним из таких предложений было изменение формы и размеров поперечного сечения горной выработки, проведение выработок с переменным поперечным сечением. Наибольшее распространение получили схемы проведения горных выработок с передовой незаряжаемой скважиной и разгрузка зон повышенной удароопасности с помощью камуфлетного взрывания.

Для решения вопросов эффективного формирования врубовой полости и снижения напряженного состояния породного массива впереди забоя горной выработки авторами была разработана конструкция вруба с использованием камуфлетного взрывания [4, 5].

Вруб включает центральную компенсационную скважину 1 (рис. 1) и комплект непосредственно врубовых шпуров 2. диаметр компенсационной скважины не более 125 мм, а глубина – в 2 раза должна превышать глубину комплекта врубовых шпуров.

В компенсационной скважине на глубине, соответствующей положению донных частей врубовых шпуров, размещается прострелочный заряд ВВ 3, величина которого зависит от конкретных условий проведения горной выработки.

Для обеспечения концентрированного действия прострелочного заряда ВВ в заданной зоне, в донной части прострелочной скважины перед зарядом ВВ размещаются водонаполненные ампу-

лы 4 и свободная устьевая часть скважины также заполняется водонаполненными ампулами 5. Заряжание врубовых шпуров производят согласно паспорта БВР.

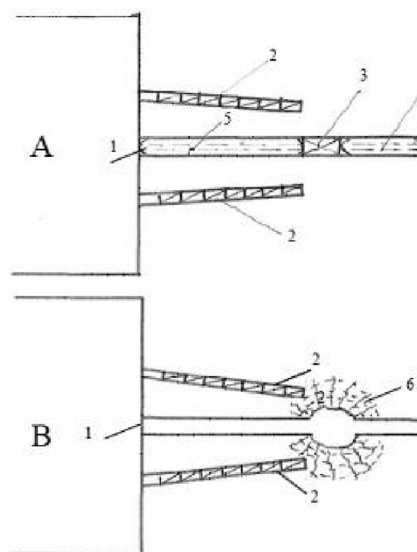


Рис. 1. Вруб для разрушения крепких пород :
А – до взрывания прострелочного заряда ВВ;
В – после взрывания прострелочного заряда ВВ

Первой серией взрывают прострелочный заряд ВВ в компенсационной скважине и при этом возбуждаемая мощная ударная волна воздействуя на гидрозабойку 4 и 5 создает эффективное распорное воздействие водяной массы на стенки компенсационной скважины, что не дает возможности преждевременному выходу газообразных продуктов взрыва из скважины. Это создает условия формирования максимального импульса давления и полноты использования энергии взрыва на эффективное образование камуфлетной полости, а прохождение по породному массиву сформированной волны напряжения обеспечивает передислокацию напряженной зоны впереди забоя горной выработки и за счет этого предотвращается возможность проявления горного удара.

В процессе формирования камуфлетной полости в окружающем пространстве образуется обширная зона трещиноватости – зона предразрушения 6 в области донных частей врубовых шпуров. Заряды ВВ врубовых шпуров взрывают второй серией, а к этому моменту из устьевой части компенсационной скважины выбрасывается гидрозабойка 5 и свободная часть скважины становится дополнительной обнаженной поверхностью в системе вруба. Совокупность наличия этой дополнительной обнаженной поверхности и зоны предразрушения в донных частях врубовых шпуров обеспечивают полноценную работу взрыва зарядов ВВ врубовых шпуров и отрыв горной породы на всю длину врубовых шпуров и в итоге – качественное разрушение породы при взрыве комплекта основ-

ных шпуровых зарядов ВВ.

Одним из направлений снижения напряженного состояния породного массива и предотвращения геодинамических проявлений, является образование разгрузочных щелей впереди забоя проводимых горных выработок.

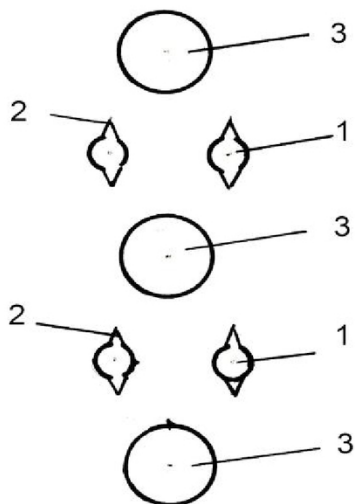


Рис. 2. Расположение парносближенных и компенсационных скважин

Авторами разработан способ формирования разгрузочной щели взрывным способом [6], сущность которого заключается в пробуривании компенсационных скважин и парносближенных скважин (или шпуров) между ними (рис. 2).

Компенсационные скважины 3 (три или более в зависимости от площади поперечного сечения горной выработки) диаметром 150–200 мм пробуривают на глубину 10–15 м (в зависимости от возможностей буровой техники) и располагают в центральной части сечения горной выработки.

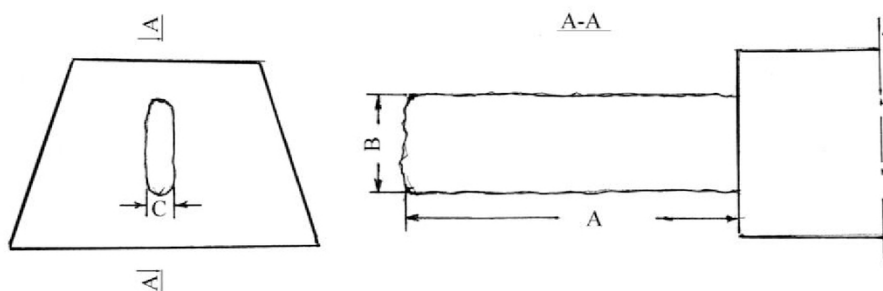


Рис. 4. Схема сформированной разгрузочной щели

Между компенсационными скважинами 3 в их средней части пробуривают параллельные парносближенные скважины 1 диаметром 65–80 мм, глубиной, как и компенсационные скважины, на пробивном расстоянии друг от друга $(2,0-2,5)d_{скв}$. На стенках парносближенных скважин 1, при их бурении формируют продольные прорезы 2 треугольной формы, вершины которых ориентирова-

ны в направлении компенсационных скважин 3.

Парносближенные скважины заряжают взрывчатым веществом на всю их глубину, а компенсационные скважины без зарядов ВВ служат дополнительными обнаженными плоскостями для обеспечения эффективного разрушения породы

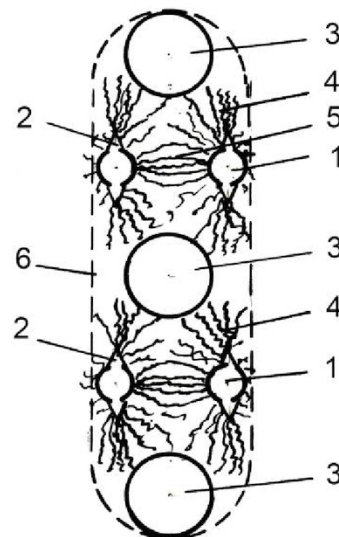


Рис. 3. Развитие системы трещин после взрыва зарядов ВВ в парносближенных скважинах

при взрыве зарядов ВВ парносближенных скважин.

При взрыве зарядов ВВ в парносближенных скважинах 1, образующаяся мощная ударная волна переходит в породный массив, трансформируясь затем в волну напряжения. Наличие продольных треугольной формы прорезей – концентраторов напряжений 2 на стенках парносближенных скважин 1 создает условия формирования системы отраженных волн напряжения, которые налагаясь на падающие волны напряжения усиливают рав-

нодействующие напряжения в сторону компенсационных скважин 3. Наибольшая концентрация напряжений создается на вершинах треугольных прорезей – концентраторов напряжений 2 и их равнодействующая направлена в сторону компенсационных скважин 3 (рис. 3). Это обеспечивает необходимое направление системы трещин 4 в сторону компенсационных скважин 3 и одновре-

менное развитие трещин 5 по пробивному расстоянию между парносближенными скважинами 1.

После взрывания зарядов ВВ в парносближенных скважинах, формируется разгрузочная щель (рис. 4) впереди забоя выработки с параметрами: А – глубина разгрузочной щели; В – высота и С – ширина разгрузочной щели.

Формирование разгрузочной щели способствует снижению напряженного состояния породного массива (его разгрузке), что предотвращает проявление горных ударов.

После формирования разгрузочной щели осуществляется проходка горной выработки обычным способом путем взрывания комплекта шпу-

ровых зарядов ВВ, а разгрузочная щель при этом выполняет другую функцию – является сформированной врубовой полостью. В этом случае взрыв комплекта шпуровых зарядов ВВ происходит в породном массиве, напряженное состояние которого значительно снижено и не угрожает проявлению горных ударов.

Разработанный способ формирования разгрузочной щели был апробирован и получил положительные результаты при проведении выработок в удароопасных породах с коэффициентом крепости по шкале проф. М. М. Протодяконова $f=16-18$ на Шерегешском руднике в Кузбассе.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Еременко, А. А. Проведение и крепление горных выработок в удароопасных зонах железорудных месторождений / А. А. Еременко, А. И. Федоренко, А. И. Копытов – Новосибирск, «Наука», 2008. – 235 с.
2. Копытов, А. И. Методические основы для выбора эффективной геотехнологии разработки опасных по горным ударам железорудных месторождений Кузбасса / А. И. Копытов, Ю. А. Масаев // Вестник научного центра по безопасности работ в угольной промышленности. – Кемерово, ООО «ВостЭКО», №4, 2016. – С. 28–36.
3. Еременко, А. А. Совершенствование технологии буровзрывных работ на железорудных месторождениях Западной Сибири. – Новосибирск, «Наука», 2013. – 191 с.
4. Пат. 122476 РФ МПК F 42 D 1/08 (2006.1). Вруб для разрушения крепких пород / Масаев Ю. А., Копытов А. И., Масаев В. Ю., Лебедев А. А.; заявитель и патентообладатель Кузбасс. гос. техн. ун-т. – №2012124493/03, заявл. 13.06.2012, опубл. 27.11.2012. Бюл. № 33.
5. Масаев, Ю. А. Новые разработки в области проведения горных выработок в удароопасных породах / Ю. А. Масаев, В. Ю. Масаев, К. В. Кузнецова // Вестник научного центра по безопасности работ в угольной промышленности. – Кемерово, ООО «ВостЭКО», №4, 2015. – С. 30–33.
6. Пат. 2540125 РФ МПК E 2/ C 37/00 (2006.1). Способ формирования разгрузочной щели / Копытов А. И., Масаев Ю. А., Першин В. В., Масаев В. Ю.; заявитель и патентообладатель Кузбасс. гос. техн. ун-т. – №2012140581/03, заявл. 21.09.2012, опубл. 27.03.2014. Бюл. № 9.
7. Копытов А.И., Масаев Ю.А., Масаев В.Ю., Костинiec И.К. Технологические решения для повышения эффективности буровзрывных работ при сооружении горных выработок в рудных шахтах. Вестник Кузбасского государственного технического университета. 2015. № 2 (108). С. 56-60.

REFERENCES

1. Eremenko, A. A. Provedenie i krepnenie gornyh vyrabotok v udaroopasnyh zonah zhelezorudnyh mestorozhdenij / A. A. Eremenko, A. I. Fedorenko, A. I. Kopytov – Novosibirsk, «Nauka», 2008. – 235 s.
2. Kopytov, A. I. Metodicheskie osnovy dlja vybora jeffektivnoj geotehnologii razrabotki opasnyh po gornym udaram zhelezorudnyh mestorozhdenij Kuzbassa / A. I. Kopytov, Ju. A. Masaev // Vestnik nauchnogo centra po bezopasnosti rabot v ugol'noj promyshlennosti. – Kemerovo, ООО «VostJeKO», №4, 2016. – S. 28–36.
3. Eremenko, A. A. Sovershenstvovanie tehnologii burovzryvnyh rabot na zhelezorudnyh mestorozhdenijah Zapadnoj Sibiri. – Novosibirsk, «Nauka», 2013. – 191 s.
4. Pat. 122476 RF MPK F 42 D 1/08 (2006.1). Vrub dlja razrushenija krepkih porod / Masaev Ju. A., Kopytov A. I., Masaev V. Ju., Lebedev A. A.; zajavitel' i patentoobladatel' Kuzbass. gos. tehn. un-t. – №2012124493/03, zajavl. 13.06.2012, opubl. 27.11.2012. Bjul. № 33.
5. Masaev, Ju. A. Novye razrabotki v oblasti provedenija gornyh vyrabotok v udaroopasnyh po-rodah / Ju. A. Masaev, V. Ju. Masaev, K. V. Kuznecova // Vestnik nauchnogo centra po bezopasnosti rabot v ugol'noj promyshlennosti. – Kemerovo, ООО «VostJeKO», №4, 2015. – S. 30–33.
6. Pat. 2540125 RF MPK E 2/ C 37/00 (2006.1). Sposob formirovanija razgruzochnoj shheli / Ko-pytov A. I., Masaev Ju. A., Pershin V. V., Masaev V. Ju.; zajavitel' i patentoobladatel' Kuzbass. gos. tehn. un-t. – №2012140581/03, zajavl. 21.09.2012, opubl. 27.03.2014. Bjul. № 9.
7. Kopytov A.I., Masaev Ju.A., Masaev V.Ju., Kostinec I.K. Tehnologicheskie reshenija dlja povyshenija

jeffektivnosti burovzryvnyh работ pri sooruzhenii gornyh vyrabotok v rudnyh shahtah. Vestnik Kuzbasskogo gosudarstvennogo tehničeskogo universiteta. 2015. № 2 (108). S. 56-60

Поступило в редакцию 28.02.2017
Received 28.02.2017