

ВВ IV класса - порэзмит ПП-IV-1. Такой монозаряд представляет собой сборную конструкцию, состоящую из самого ВВ и пластичного забоечного состава (ингибитора) ПЗС-2К, размещенных раздельно в полиэтиленовых оболочках с наружным диаметром 36 мм. Между собой оболочки с эмульсионным ВВ и забойкой соединяются стыковочной муфтой. Ингибиторный состав ПЗС-2К при взрыве распыляется и создает в призабойном пространстве инертную атмосферу, предупреждая воспламенение метановоздушной смеси и одновременно эффективно связывает ядовитые про-

дукты взрыва, создавая более благоприятную атмосферу в забое выработки. По сравнению с эмульсионными ВВ, применяемыми на открытых работах с гарантийным сроком хранения всего 6-8 суток и имеющими в своем составе в качестве сенсибилизатора газогенерирующую добавку, у порэзмита ПП-IV-1 применяется микросфера МС-В, и гарантийный срок хранения таких монозарядов составляет 6 месяцев.

В настоящее время монозаряд МППИ-IV(V)-36 находится на стадии приемочных испытаний в производственных условиях.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Джигрин А. В., Горлов Ю. В., Горлов К. В. Состояние и перспективы применения на угольных шахтах России предохранительных ВВ. / Сб. Взрывное дело. Вып. № 95/52, Москва, 2005, с. 4249.
2. Колганов Е. В., Соснин В. А., Илюхин В. С. Состояние и перспективы развития предохранительных взрывчатых веществ. / Сб. Взрывное дело, вып. № 98/55, Москва, 2007, с. 150 -165.

□ Авторы статьи:

Масаев
Юрий Алексеевич,
канд. техн. наук, проф.
каф. «Строительство подземных
сооружений и шахт» КузГТУ,
т. 39-63-78.

Копытов
Александр Иванович,
докт. техн. наук, проф. каф.
«Строительство подземных со-
оружений и шахт» КузГТУ,
т. 39-63-78.

Першин
Владимир Викторович,
докт. техн. наук, проф. зав. каф.
«Строительство подземных со-
оружений и шахт» КузГТУ,
e-mail: L01bdv@yandex.ru

УДК 622.235

А. И. Копытов, В. В. Першин, Ю. А. Масаев

НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ БЕЗОПАСНОЙ РАЗРАБОТКИ РУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ В УСЛОВИЯХ КУЗБАССА

Разработка рудных месторождений в значительной степени отличается от угольных месторождений, как по условиям залегания рудных тел и физико-механическим свойствам вмещающих пород, так и по технологичности их выемки.

Значимость добычи, в частности железосодержащих руд, как в нашей стране, так и в зарубежных странах очень велика и масштаб их запа-

сов в земной коре весьма огромен.

В нашей стране прогнозные запасы железных руд по состоянию на 1 января 1991 г. составляли 256,3 млрд. т, из них богатых со средним содержанием железа 57-58 % – 33 млрд. т.

В Кузбассе по состоянию на 01.01.2003 г. прогнозные запасы железных руд составили 3240 млн. т, а балансовые запасы на 01.01.2006 г. со-

Таблица 1. Балансовые запасы рудных месторождений Кузбасса

№ п/п	Месторождения	Категория запасов, количество, млн. т	Содержание железа, %
1	Шерегешевское	A + B + C ₁ – 158,7	C ₂ – 14,5
2	Таштагольское	A + B + C ₁ – 424,1	C ₂ – 296,5
3	Кочуринское	A + B + C ₁ – 59,1	C ₂ – 25,4
4	Сухаринское	B + C ₁ – 2,8	C ₂ – 0,08
5	Кедровское	B + C ₁ – 4,0	C ₂ – 0,4
6	Самарское	B + C ₁ – 3,7	C ₂ – 1,1
7	Казское	A + B + C ₁ – 63,9	C ₂ – 25,4
8	Ампальское	B + C ₁ – 181,9	C ₂ – 20,1
9	Лавреновское	C ₁ – 17,9	C ₂ – 50,2
10	Ташелгинское	B + C ₁ – 65,6	C ₂ – 2,1
ИТОГО		981,7	435,78
ВСЕГО		A + B + C₁ + C₂ – 1417,48	

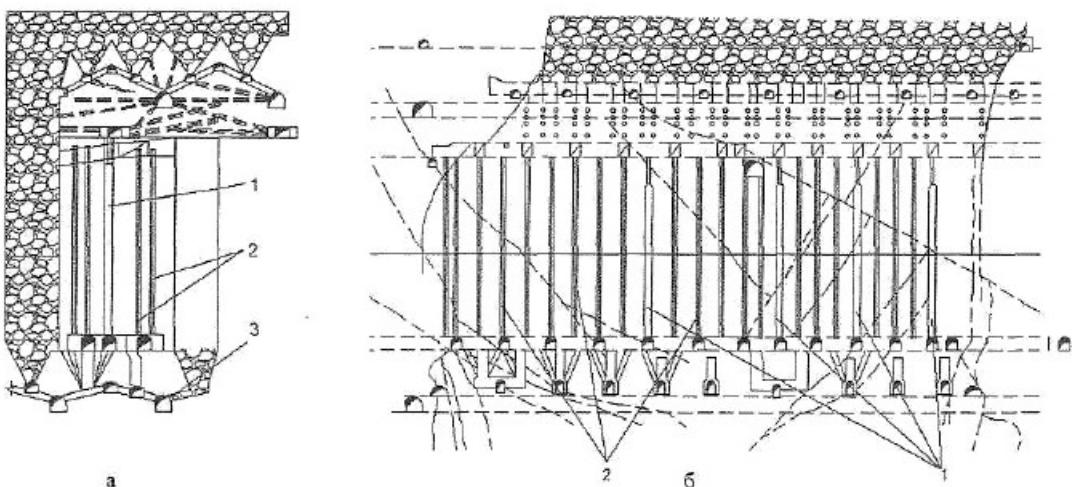


Рис. 1. Схема отбойки блока в этаже с пучками сближенных зарядов: 1 – вертикальный концентрированный заряд ВВ; 2 – пучки сближенных скважин; 3 – откаточные выработки
а – вертикальный поперечный разрез; б – вертикальный продольный разрез

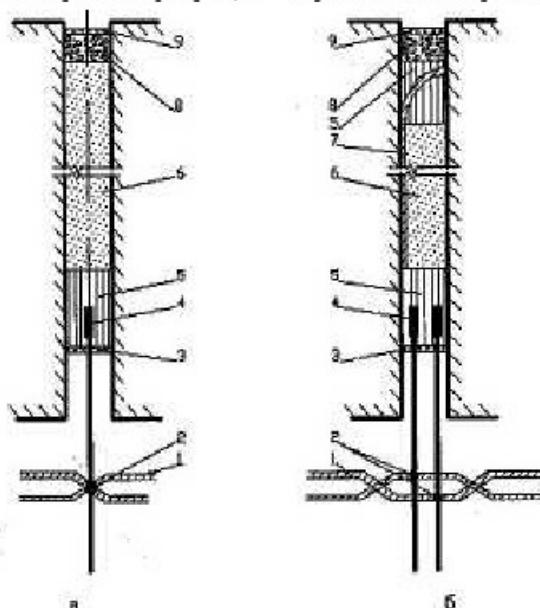


Рис. 2. Конструкция скважинного заряда с боевиком (СИНВ-Ш), установленным в устье скважины:
1 – ДШ; 2 – соединитель волновода с ДШ; 3 – парашют; 4 – СИНВ-Ш; 5 – аммонит № 6ЖВ (патронированный); б – гранулированное ВВ; 7 – нить ДШ; 8 – шлам или буровая мелочь; 9 – пыж;
а – при длине скважин $l \leq 15,0$; б – при длине скважин $l > 15,0$

ставляли по категориям А + В + С₁ – 938,6 млн. т, а по категории С₂ – 517,6 млн. т. В южной части области разведано десять месторождений, состоящих из пяти групп (районов): Кондомский (Шерегешевское, Таштагольское, Кочуринское); Тельбесский (Сухаринское, Самарское, Кедровское, Казское); Терсинский (Лавреновское); Тайдонский (Ампалаукское); Ташелгино-Майзасский (Ташелгинское).

Балансовые запасы данных месторождений по состоянию на 01.01.2006 г. приведены в табл. 1

Разработка рудных месторождений по сравнению с угольными месторождениями имеет весьма существенные отличия.

На протяжении многих лет распространены-

ми при разработке рудных залежей являются системы подэтажных штреков и подэтажного обрушения, при которых отбойка руды осуществляется зарядами ВВ размещаемыми в пробуренных из подэтажных штреков веерных скважинах.

В этом случае расстояние между скважинами обычно принимается равным линии наименьшего сопротивления, определяемой в зависимости от диаметра зарядов ВВ, концентрации энергии ВВ, физико-механических свойств вмещающих пород и др. Размещение взрывчатого вещества в скважинах производится обычно с недозарядом, равным, примерно, величине линии наименьшего сопротивления, взрывание зарядов ВВ веера производится одновременно с интервалами замедления

15-50 мс. При таком методе удельный заряд ВВ в зависимости от горногеологических условий составляет 0,8-1,6 кг/м³, выход негабарита при кондиционном куске 400 м, составляет 10-15 %, что требует дополнительного дробления с удельным расходом ВВ в пределах 0,1-0,5 кг/м³.

Применение веерных скважин характеризуется переменным расстоянием между скважинами в плоскости веера, что создает неравномерное распределение энергии при взрыве зарядов ВВ в отбиваемом слое и повышенную концентрацию в зоне, прилегающей к буровой выработке. Такое положение приводит к ряду отрицательных явлений:

- 1) преждевременному разрушению устьевых частей скважин веера, снижающему общее действие взрыва;
- 2) переизмельчению руды в устьевых частях скважин и некачественному дроблению в концевых частях веера;
- 3) нарушению скважин и переуплотнению зарядов ВВ в соседнем веере;
- 4) плохому оформлению бортов камер;
- 5) завалу буровых выработок разрушенной горной массой;
- 6) повышенному сейсмическому воздействию взрыва.

Переход на более глубокие горизонты сопровождается ростом величины и неравномерности сжимающих объемных напряжений в зоне очистных работ, что требует повышения энергоемкости отбойки и дробления пород, а это приводит к повышению затрат на буровзрывные работы и увеличению удельного расхода ВВ.

Условия отработки рудных месторождений Кузбасса затрудняются тем, что вмещающие породы имеют коэффициент крепости по шкале проф. М. М. Протодьяконова $f = 12-20$, а иногда и более. Кроме того, породы имеют повышенную вязкость и упругость и подвержены геодинамическим проявлениям. Подобные условия предопределяют изыскивать новые подходы к совершенствованию технологии проведения горных выработок и отработки рудных залежей и, в частности, совершенствованию буровзрывных работ, которые имеют очень важное значение.

Учеными институтов ВостНИГРИ, ИГД СО РАН, СибГУ, КузГТУ совместно со специалистами предприятий НПО «Сибруд» (сейчас ОАО «Евразруд») была разработана система разработки непрерывного этажно-принудительного обрушения отбойкой рудных залежей параллельно-ближенными пучковыми скважинными зарядами (рис. 1). Данная система позволила значительно улучшить технико-экономические показатели за счет повышения качества дробления горной массы, уменьшения объема подготовительно-нарезных работ. При этом упростился процесс бурения скважин, что сократило число перестановок буровых станков и за счет этого было достигнуто увеличение производительности бурения скважин. При данной технологии упростились схема монтажа взрывной сети, значительно уменьшилось количество используемых средств взрывания при одновременном повышении надежности и эффективности взрывания.

В настоящее время при производстве взрываний любого назначения широко применяется система инициирования неэлектрического взрывания – СИНВ-Ш («Искра»), обеспечивающая высокую технологичность в установке и простоту монтажа взрывной сети. Инициирование волноводов осуществляется с помощью электродетонаторов.

При комбинированном способе взрывания капсюль-детонатор ударно-волновой трубы (УВТ) вводится в патрон аммонита БЖВ и помещается в основной заряд (рис. 2).

Затем по выработке вдоль заряжаемых скважин прокладываются две магистральные нити детонирующего шнура (основная и дублирующая), к которым с помощью специальных соединителей подсоединяются УВТ. Характеристика и время замедления используемых СИНВ-Ш приведены в табл. 2.

Таблица 2. Характеристика применяемых СИНВ-Ш

Условное наименование устройства	№ серии замедления	Номинальное время замедления, мс	Среднее квадратичное отклонение времени замедления, мс	Цвет маркировки капсюля-детонатора	Высота окраски, мм
СИНВ-Ш-К-0	0	0	–	Без окраски	
СИНВ-Ш-К-25	1К	25	2,0	Черный	
СИНВ-Ш-К-50	2К	50	2,5	Желтый	
СИНВ-Ш-К-75	3К	75	3,5	Зеленый	
СИНВ-Ш-К-100	4К	100	3,5	Белый	
СИНВ-Ш-К-125	5К	125	4,0	Синий	
СИНВ-Ш-К-150	6К	150	5,0	Черный	
СИНВ-Ш-К-175	7К	175	5,5	Красный	
СИНВ-Ш-К-200	8К	200	6,0	Желтый	
СИНВ-Ш-К-225	9К	225	6,0	Серый	
СИНВ-Ш-К-250	10К	250	6,5	Зеленый	
СИНВ-Ш-К-300	11К	300	7,5	Белый	

Условное наименование устройства	№ серии замедления	Номинальное время замедления, мс	Среднее квадратичное отклонение времени замедления, мс	Цвет маркировки капсюля-детонатора	Высота окраски, мм
СИНВ-Ш-К-350	12К	350	8,5	Синий	
СИНВ-Ш-К-400	13К	400	9,5	Черный	
СИНВ-Ш-К-450	14К	450	10,5	Красный	15,2
СИНВ-Ш-К-500	15К	500	10,5	Желтый	
СИНВ-Ш-С-25	1С	25	2,0	Черный	
СИНВ-Ш-С-100	4С	100	3,5	Белый	5,2
СИНВ-Ш-С-200	8С	200	6,0	Желтый	
СИНВ-Ш-С-300	11С	300	7,5	Белый	10,2
СИНВ-Ш-С-400	13С	400	9,5	Черный	
СИНВ-Ш-С-500	15С	500	10,5	Желтый	
СИНВ-Ш-С-600	16С	600	12,0	Зеленый	
СИНВ-Ш-С-700	17С	700	15,0	Белый	
СИНВ-Ш-С-800	18С	800	20,0	Синий	
СИНВ-Ш-С-900	19С	900	25,0	Черный	
СИНВ-Ш-С-1000	20С	1000	30,0	Красный	
СИНВ-Ш-С-1250	21С	1250	62,0	Желтый	
СИНВ-Ш-С-1500	22С	1500	62,0	Зеленый	
СИНВ-Ш-С-1750	23С	1750	62,0	Белый	
СИНВ-Ш-С-2000	24С	2000	62,0	Синий	
СИНВ-Ш-С-2250	25С	2250	62,0	Черный	
СИНВ-Ш-С-2500	26С	2500	90,0	Красный	25,2
СИНВ-Ш-Д-25	1Д	25	2,0	Черный	
СИНВ-Ш-Д-500	15Д	500	10,5	Желтый	5,2
СИНВ-Ш-Д-1000	20Д	1000	30,0	Красный	
СИНВ-Ш-Д-1500	22Д	1500	62,0	Зеленый	
СИНВ-Ш-Д-2000	24Д	2000	62,0	Синий	
СИНВ-Ш-Д-2500	26Д	2500	90,0	Красный	
СИНВ-Ш-Д-3000	27Д	3000	120,0	Желтый	
СИНВ-Ш-Д-3500	28Д	3500	120,0	Зеленый	
СИНВ-Ш-Д-4000	29Д	4000	120,0	Белый	
СИНВ-Ш-Д-4500	30Д	4500	120,0	Синий	
СИНВ-Ш-Д-5000	31Д	5000	190,0	Черный	
СИНВ-Ш-Д-6000	32Д	6000	240,0	Красный	
СИНВ-Ш-Д-7000	33Д	7000	240,0	Желтый	
СИНВ-Ш-Д-8000	34Д	8000	240,0	Зеленый	
СИНВ-Ш-Д-9000	35Д	9000	240,0	Белый	
СИНВ-Ш-Д-10000	36Д	10000	370,0	Синий	

*Примечание: Время замедления, указанное в таблице соответствует устройствам при длине волновода $4,0 \pm 0,5$ м, К, С, Д – индексы, указывающие на интервалы между номинальными временами срабатывания; 25 и 50 мс для устройств с индексом К, 100 и 250 мс для устройством с индексом С, 500 и 10000 мс для устройств с индексом Д; длина волновода устройства составляет 2, 4, 7, 10, 16 м с погрешностью $\pm 5\%$, по согласованию с потребителем может выпускаться другая длина волновода.

Таблица 3. Характеристика взрывной станции ВСВТ-1

Параметры	Показатели
Напряжение трехфазной питающей сети, В	380
Частота, Гц	50
Номинальное выпрямленное напряжение, В	513
Схема выпрямления	Трехфазная-мостовая
Номинальный выпрямленный ток, А	100
Максимально допустимое число последовательно соединенных электродетонаторов в группе, шт.	100
Число параллельных взрываемых электродетонаторов в сети	До 2000
Сопротивление нагрузочного реостата, Ом	2,2-2750
Исполнение	Рудничное, нормальное
Размеры станции, мм	800 × 720 × 1120

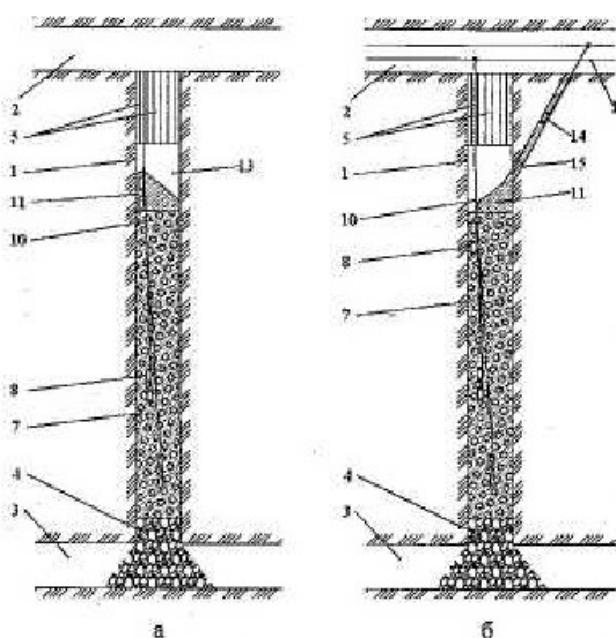


Рис. 3. Конструкция вертикальных концентрированных зарядов ВВ:

1 – восстающая выработка; 2, 3 – верхняя и нижняя подводящие выработки; 4 – породная забойка; 5 – коммутационные скважины; 7 – граммонит М2; 8 – промежуточный детонатор; 9 – игданит; 10 – ДШ; 11 – аммонит бЖВ; 12 – магистральные провода; 13 – воздушный промежуток; 14 – боевик; 15 – скважина с боевиком и ВВ; а – со сплошной колонкой ВВ и воздушным промежутком; б – со сплошной колонкой ВВ с инициированием из дополнительной скважины

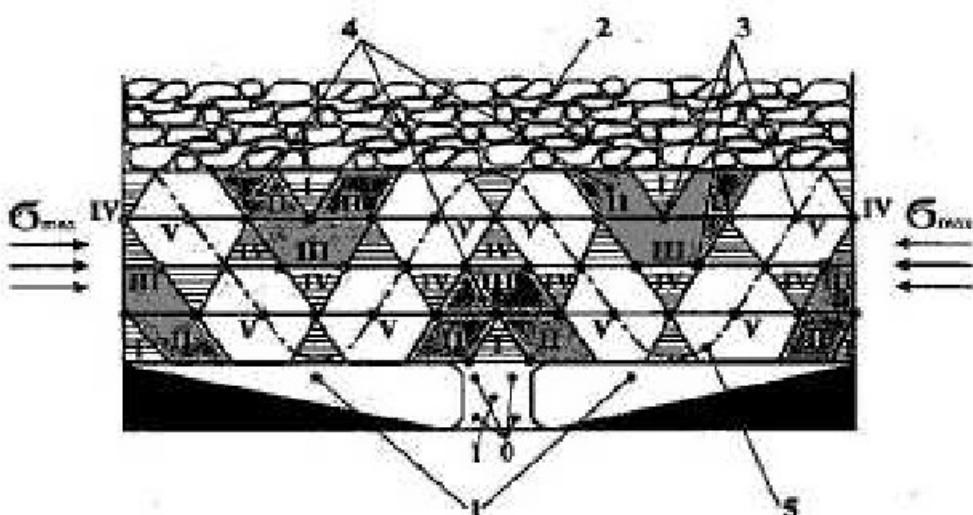


Рис. 4. Схема расположения и взрываания пучковых зарядов ВВ при отбойке блока с формированием отбиваемого массива по синусоиде: 1 – компенсационные камеры; 2 – зажимающая среда; 3 – пучки скважинных зарядов; 4 – ослабляющие полости; 5 – массив блока синусоидальной формы; 0...V – очередьность взрывания; σ_{\max} – максимальные сжимающие напряжения

В качестве источников тока при электрическом взрывании применяются взрывные приборы типа КВП-1/100м, ВМК-500, КПМ-3, но в последнее время находят применение взрывные станции выпрямленного тока ВСВТ-1, характеристика которой приведена в табл. 3.

В последние годы на рудных шахтах в системе

этажно-принудительного обрушения начали широко применять технологию отбойки блоков на всю высоту этажа вертикально-концентрированными зарядами (ВКЗ) в сочетании с пучковыми скважинными зарядами ВВ.

В этом случае заряды ВВ размещают в восстающих выработках, пройденных на всю высоту

этажа секционным взрыванием глубоких скважин. Нижняя часть восстающей выработки имеет со-пряжение с выработкой горизонта подсечки для выпуска отбитой горной массы в процессе проведения горной выработки. Пространство, предназначенное для размещения заряда ВВ, изолируется от окружающих выработок в нижней части – разрушенной горной массой, а в верхней части – оставленным породным целиком (рис. 3).

Одним из условий конструктивного выполнения зарядов является равномерное распределение ВВ по высоте отрабатываемого блока, для чего объем и сечение зарядной полости должны соответствовать количеству размещаемого заряда ВВ.

Оптимальная масса ВВ при этой технологии составляет 20-25 т и площадь поперечного сечения восстающей выработки при высоте заряда 40-45 м должна составлять 0,5-0,6 м². Практически же при проходке восстающих выработок буровзрывным способом размер сечения выработки превышает проектную величину на 20-50 % и в этом случае заряды ВВ рассредотачиваются инертными промежутками.

В том случае, когда объем зарядной полости не превышает проектный на 10-15 %, то в верхней части заряда оставляют воздушный промежуток. Если высота воздушного промежутка превышает 2 м, то для исключения повреждения взрывной сети от падающих кусков породы с поверхности выработки в воздушном промежутке, предусматривается дополнительное инициирование через наклонную скважину в которую засыпают рассыпной аммонит БЖВ выше уровня входа скважины в зарядную полость и в скважине размещают боек.

При массовых взрывах в крепких, упругих горных породах особое внимание необходимо уделять снижению сейсмического воздействия на породный массив, которое может провоцировать проявления горных ударов и даже землетрясений.

С этой целью при отбойке горного массива

зарядами ВКЗ, когда масса взрываемых зарядов достигает нескольких десятков тонн, рекомендовано располагать их в центральном ряду блока и взрывать их после взрыва пучковых скважинных зарядов последними сериями замедления.

В этом случае перед взрыванием зарядов ВКЗ вокруг них образуется массив, ограниченный со всех сторон свободными поверхностями, которые существенно снижают сейсмическое воздействие мощных концентрированных зарядов ВВ на окружающий массив и выработки.

При массовом обрушении блоков (панелей) в условиях интенсивного горного давления необходимо предусматривать такие схемы взрывания, которые обеспечивают перераспределение сжимающих напряжений с образованием растягивающих напряжений, способствующих лучшему разрушению горной массы.

С этой целью в ВостНИГРИ была разработана и опробована синусоидальная схема взрывания (рис. 4).

В этом случае панель блока взрывается на за-жимающую среду и компенсационные камеры. Сжимающие напряжения, образующиеся на торцах блока в «развальном» ряду воздействия на «синусоидальный» массив способствуют образованию растягивающих напряжений, что обеспечивает более высокую эффективность дробления за счет использования энергии горного давления на разрушение, а также снижению сейсмических воз-действий.

Применение технологии отбойки горного мас-сива заряда ВКЗ обеспечивает высокую экономи-ческую эффективность за счет уменьшения объе-ма проведения подготовительно-нарезных горных выработок, значительного сокращения объема бурения скважин до 2,0-2,5 тыс. м скважин на од-ни заряд ВКЗ и, в конечном итоге, за счет сокра-щения сроков подготовки блоков.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Машуков, И. В. Рациональные конструкции вертикальных концентрированных зарядов при взрывной отбойке / И. В. Машуков [и др.] // Физические проблемы разрушения горных пород. Сб. тр. III Междунар. науч. конференции 9-14 сентября 2002 г. – Абаза (Хакасия) : Новосибирск, «Наука», 2003. С. 135-137.*
2. *Викторов, С. Д. Технология крупномасштабной взрывной отбойки на удароопасных рудных ме-сторождениях Сибири / С. Д. Викторов [и др.]. – Новосибирск, «Наука», 2005. – 212 с.*

□ Авторы статьи:

Масаев
Юрий Алексеевич,
канд. техн. наук, проф. каф.
«Строительство подземных соору-
жений и шахт» КузГТУ,
т. 39-63-78.

Копытов
Александр Иванович,
докт. техн. наук, проф.
каф. «Строительство подземных
сооружений и шахт» КузГТУ,
т. 39-63-78.

Першин
Владимир Викторович,
докт. техн. наук, проф. зав. каф.
«Строительство подземных соору-
жений и шахт» КузГТУ,
e-mail: L01bdv@yandex.ru