А.А.ЕРЕМЕНКО
ИГД СО РАН, Новосибирск, Россия
И.В.МАШУКОВ
ВостНИГРИ, Новокузнецк, Россия
С.Ф.ФЕФЕЛОВ
ОАО «Запсибметкомбинат, Абаза, Россия

РАЗРАБОТКА РАЦИОНАЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ ВЕРТИКАЛЬНЫХ КОНЦЕНТРИРОВАННЫХ ЗАРЯДОВ ВВ ПРИ МАССОВОЙ ОТБОЙКЕ РУД

В практике взрывного дела в горно-добывающей промышленности при добыче полезных ископаемых подземным способом для дробления горного массива применяются скважинные заряды взрывчатых веществ, а также шпуровые и каменные (минные), расположенные в камерах, заходках и минных колодцах. Наибольший объем отбойки горного массива в настоящее время осуществляется скважинными зарядами ВВ. На рудниках Горной Шории, Хакасии и Урала применяется технология отбойки пучками параллельно-сближенных скважинных зарядов.

В 80-х гг. на рудниках Криворожского бассейна после испытаний начали применять на отбойке руды вертикальные концентрированные заряды (ВКЗ), конструктивной особенностью которых является размещение ВВ в вертикальной восстающей выработке, пройденной буровзрывным способом. Зарядная полость в них изолирована от окружающих выработок: в нижней части раздробленной горной массой, оставленной от проходки выработки, в верхней части породным целиком.

Для повышения эффективности дробящего действия зарядов применяют забойку, которая увеличивает время действия продуктов детонации. В скважинных и шпуровых зарядах забойка располагается в устье зарядной полости и эффект сдерживания газового давления обеспечивается за счет инерционного противодействия массы забойки и ее распора. В отличие от этого в ВКЗ забойка находится в нижней части блока и расположена на почве выработки подсечки. При взрыве ВКЗ продукты детонации действуют на забойку, горная масса уплотняется и давление газов передается на почву выработки. Сдерживание газового давления в этом случае происходит за счет передачи давления на массив, что исключает движение материалов забойки. Таким образом, эффективность дробления зарядами ВКЗ обеспечивается за счет многократного увеличения длительности воздействия продуктов детонации на массив горных пород.

Отметим также, что в скважинных зарядах диаметром 100 мм не обеспечивается полнота химического превращения и энергетические характеристики взрыва не достигают нормативных значений.

С целью разработки рациональных конструкций ВКЗ для обеспечения качественного дробления горной массы проведены экспериментальные исследования на блоках из свинца. В блоках с размерами 0,1 × 0,1 × 0,09 м выполнялись отверстия диаметром 7; 10 и 12 мм и глубиной 55 и 80 мм. Масса заряда тэна составила 0,85; 1,7 и 2,55 г. Для запирания газов взрыва в верхней части блока оставлялся целик толщиной 2 см с отверстием диаметром 5 мм для размещения микродетонатора. В нижнюю часть блока помещалась забойка из песка.

Блоки взрывали в свободных условиях и с нагрузкой 10 кг (блоки стягивали сверху и снизу с помощью болтов металлическими пластинами). Рассредоточенные заряды взрывали одновременно и с замедлениями между зарядами.

Оценку результатов взрывов блоков производили, заполняя полученные полости водой для определения их объема, а также по качеству дробления горной массы. В результате проведенных взрывов на блоках из свинца с применением различной конструкции ВКЗ (рис.1) и разными интервалами замедления установлено, что при взрывании зарядов со сплошной колонкой и массой тэна 0,85 и 1,7 г объемы полостей составили соответственно 35-40 и 60-75 мл (табл.1). Объем полости увеличивался до 120 мм при взрывании заряда массой 2,55 г в блоках, стянутых металлическими пластинами. При диаметре отверстия 7 мм с инициированием заряда тэна мощным микродетонатором образовалась фигура в виде пирамиды объемом 130 мл. При одновременном взрывании рассредоточенных зарядов с заполнением промежутков песком объем полости составил 100 мл. В случае заполнения промежутков ватой объем полости снижается до 80 мл. Использование воздушных промежутков позволяет увеличить объем полости до 110-120 мл. При взрывании камерных зарядов, взятых для сравнения, объем составил 60 мл.

Опытно-промышленные испытания различных конструкций ВКЗ проводили на Абаканском, Таштагольском и Шерегешском рудниках. После проведения восстающих выработок в блоках специальным устройством определяли поперечные размеры полостей и их конфигурации. По фактическим параметрам полости выбирались конструкция ВКЗ, объем инертного материала, количество инертных промежутков, масса заряда ВВ, линия наименьшего сопротивления и др. (табл.2). В процессе формирования зарядов ВКЗ производился контроль за высотой колонки заряда и инертных промежутков.

В блоке 7 во всех зарядах оставляли один инертный промежуток, в блоке 1 в первом случае воздушный промежуток располагался в верхней части заряда и были оставлены три инертных промежутка, во втором случае инертных промежутков было 2. В блоке 5 первый заряд состоял из трех рассредоточенных зарядов с двумя инертными промежутками, а второй и третий имели по одному инертному промежутку.

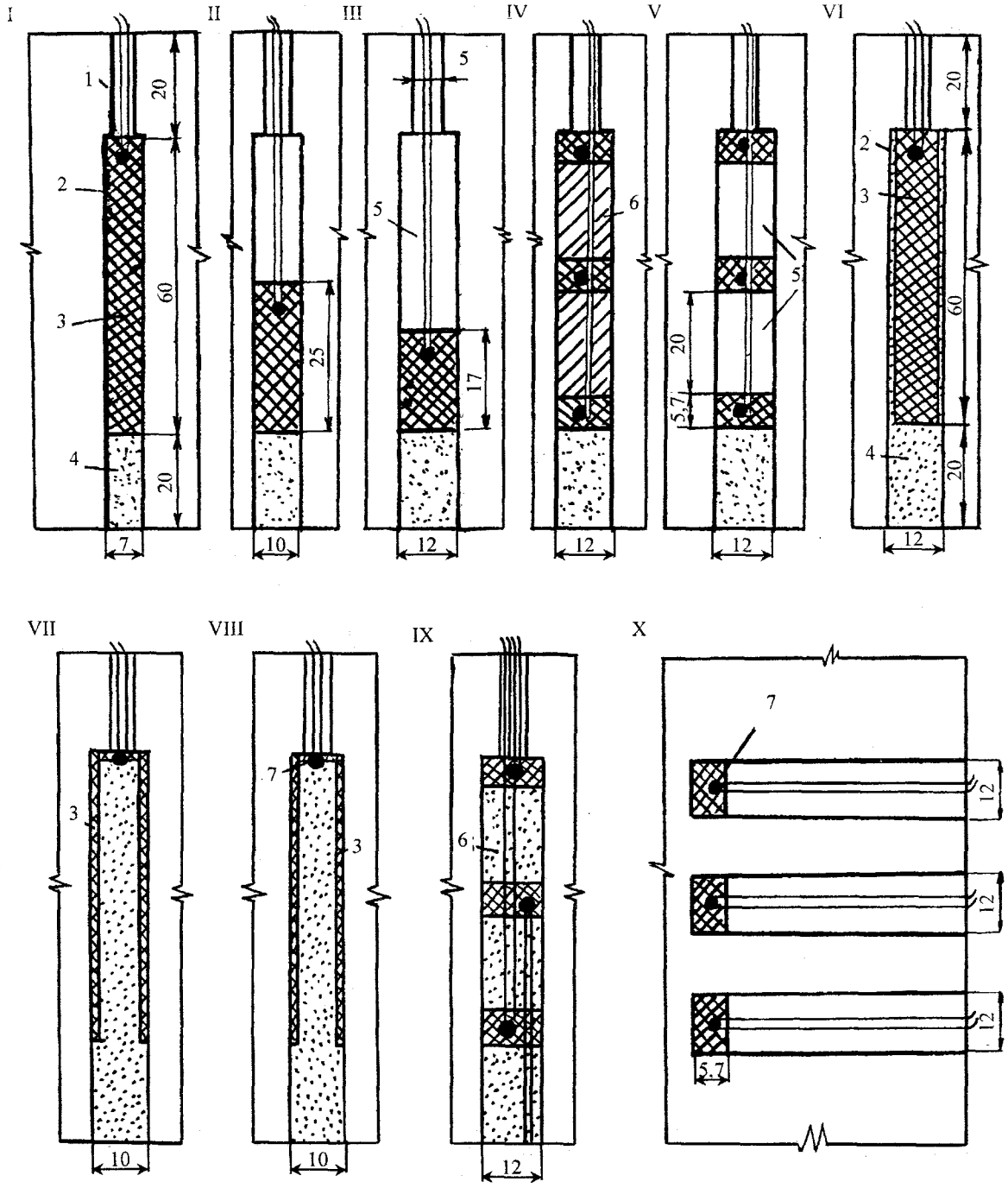


Рис.1. Варианты конструкций ВКЗ (I-IX) и камерного заряда (X)
1 – блок; 2 – отверстие; 3 – взрывчатое вещество; 4 – забойка; 5 – воздушный промежуток; 6 – инертный промежуток; 7 - микродетонатор

В блоке 3 в 11 зарядах сечение восстающих выработок изменялось от 0,5 до 2,46 м^2 (рис.2 и 3).

Испытания на рудниках показали, что отбойка руды зарядами ВКЗ различной конструкции с удельным расходом 0,540 г/т обеспечивает качественное дробление массива горных пород с удельным расходом ВВ на вторичное дробление 0,04 кг/т. Трудоемкость изготовления инертных промежутков механизированным способом несколько выше, чем при проведении восстающей выработки для ВКЗ. Применение технологии ВКЗ в блоке 3 дало экономическую эффективность более 500 тыс. руб.

Таблица 1

Результаты взрывов на блоках из свинца

Конструкция заряда (рис.1)	Масса заряда, тэна, г	Диаметр отверстия в блоке, мм	Объем образовавшейся полости, мл	Условия взрыва
I	0,85	7	35	Свободные
	2,55	7	(125)130	Блок стянут пластинами; мощный микродетонатор
II	0,85	10	40	Свободные
	1,7	10	60	Высота забойки 6 см
	1,7	10	75	Свободные
III	1,7	12	85	Свободные
	2,55	12	110(120)	Блок стянут пластинами
IV	0,57 × 3	12	100	Два промежутка из песка, основание сверху
	0,57 × 3	12	100	Два промежутка из песка, основание блока сверху под нагрузкой
	0,57 × 3	12	110	Два воздушных промежутка, основание блока сверху под нагрузкой
	0,57 × 3	12	80	Два промежутка из ваты, блок стянут пластинами
	0,57 × 3	12	120	Два промежутка, блок стянут пластинами
V	2,55	12	140	Заряд внутри блока, основание блока сверху под нагрузкой
VI	2,55	12	110	Забойка внутри блока, основание блока сверху под нагрузкой
VII	2,55	10	125	Забойка внутри блока, основание блока сверху под нагрузкой
VIII	2,55	12	125	Два промежутка из песка; инициирование заряда в первую очередь в центральной части, во вторую со стороны целика и забойки; основание блока сверху под нагрузкой
IX			135	Два промежутка из песка; инициирование заряда в первую очередь со стороны целика и забойки, во вторую в центральной части; основание блока сверху под нагрузкой
X	0,57 × 3	12	60	Камерный заряд

Таблица 2

Параметры зарядов ВКЗ в опытных блоках

Рудник	Блок	Заряд	Масса ВВ, т	Объем полости, $м^3$	Объем ВВ		Средняя площадь сечения полости, $м^2$	Величина промежутка				Высота забойки, м
					$м^3$	%		инертного		воздушного		
								$м^3$	%	$м^3$	%	
Абаканский	7	1	35,1	45	39	87	2	6	13	-	-	8,5
		2	36	46	40	87	1,77	6	13	-	-	10
		3	37,7	48	42	87	1,74	6	13	-	-	8,3
		4	35,5	45	39	88	1,7	6	12	-	-	9
	1	1	29,5	134	33	25	4,6	85	63	16	12	7
		2	23,5	55	26	48	2,6	24	43	5	9	8
	5	1	25,6	44	28	64	1,49	16	36	-	-	10,2
		2	22,6	31	25	81	1,05	6	19	-	-	10,5
		3	24,8	31	28	90	1,03	3	10	-	-	10,2
	3	1	7,7	74	9	12	2,46	6	8	59	80	5
	(рис.2	2	25,3	42	28	68	1,34	13	31	-	-	6
	и 3)	3	13,2	16	15	90	0,5	3	16	-	-	6
		4	19,8	26,5	22	83	1,8	3,5	13	-	-	22
		5	24,2	50,5	27	53	2,15	13	26	-	-	13
		6	13,2	39	15	38	1,3	9	23	15,6	38	6,5
		7	17,6	22	20	88	1,1	2	10	-	-	17
		8	14,3	25	16	64	1	8,5	34	-	-	12
		9	19,7	35	22	62	1,15	12	34,5	2,3	6	7
		10	12,1	15,5	13,5	86	0,5	4	26	-	-	8
		11	17,6	32	20	61	1,05	12,5	40	-	-	6
Таштагольский	32	1	28,2	49	31	64	1,28	17,5	36	-	-	7,4
		2	28,5	63	32	50	1,7	31,5	50	-	-	8,1
Шерегешский	14		62	164	69	42	5	14	8	81	49	18,5

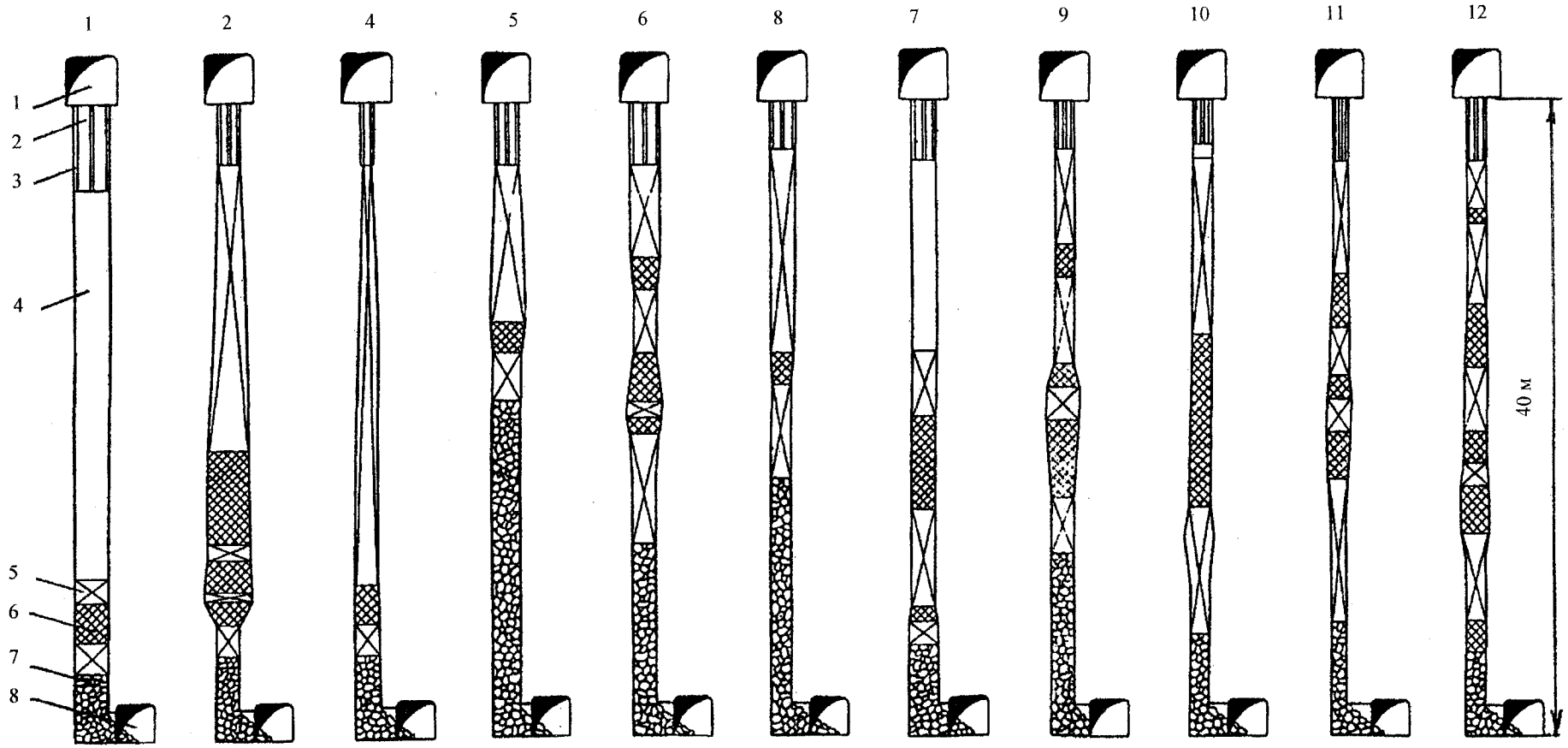


Рис.2. Конструкция зарядов ВКЗ 1-12 в блоке 3 в этаже 225-285 м шахты Абаканского РУ
1 и 8 – нижние выработки; 2 – породный целик; 3 – скважины; 4 – воздушный промежуток; 5 – ВВ; 6 – инертный промежуток; 7 – породная забойка

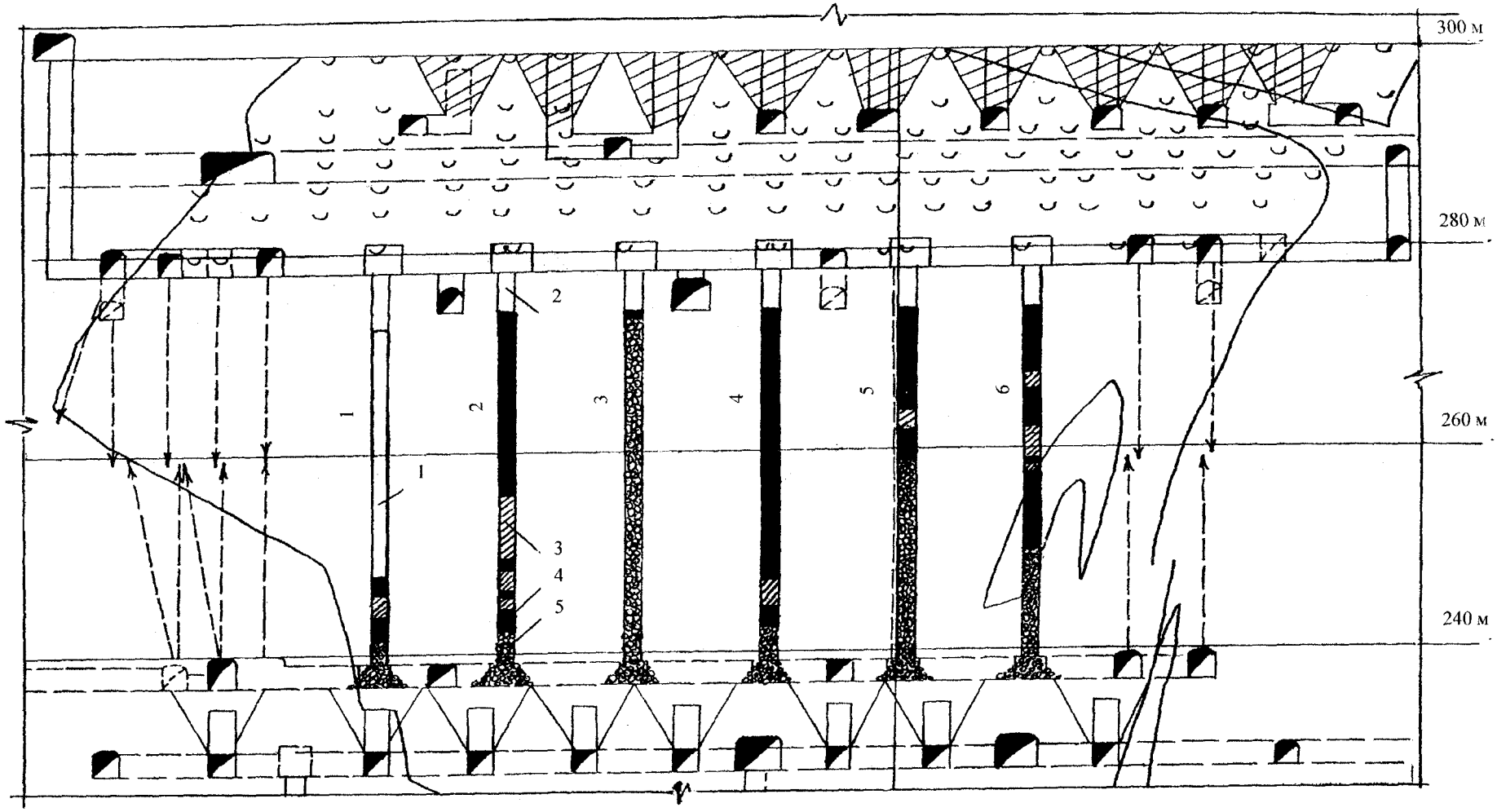


Рис.3. Поперечный разрез блока 3 в этаже 225-265 м по линии расположения зарядов 7-12
1 – воздушный промежуток; 2 – породный целик; 3 – инертный промежуток; 4 – ВВ; 5 – забойка

Технико-экономические показатели взрывов ВКЗ в блоке 3 Абаканского рудника:

Проведение возрастающей выработки	
Глубина скважин, м	40
Количество скважин	8
Общая длина скважин, м	320
Стоимость скважин, тыс. руб.	15,0
Стоимость ВВ и ВМ, тыс. руб.	9,5
Заработная плата, тыс. руб.	1,8
Общая стоимость, тыс. руб.	26,4
Стоимость проведения выработки, руб./м	733
Трудоемкость проведения выработки, человеко-смены/м	0,5
Формирование инертных промежутков	
Объем инертного материала, $м^3$	76/6,4 (13)
Трудоемкость, человеко-смены/$м^3$	1,2/0,6 (0,3)
Затраты времени, человеко-смены	90/4

Примечание. В числителе и знаменателе – соответственно ручным и механизированным (среднее значение, в скобках – максимальное) способами.

На основании проведенных исследований разработаны научно-технические решения по конструкции ВКЗ, позволяющие обеспечивать качественное дробление руды при массовом ее обрушении. Достигнуто снижение объема бурения скважин в 10 раз, а числа нарезных выработок в блоках на 15 %.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (код проекта № 99-05-64427).