

УДК 622.014.3:502.76

Е.Б. Шевкун, А.В. Лещинский

РАССРЕДОТОЧЕНИЕ СКВАЖИННЫХ ЗАРЯДОВ ПЕНОПОЛИСТИРОЛОМ

Семинар № 5

Сплошные скважинные заряды, несмотря на то, что они наиболее применимы в практике ведения взрывных работ, наименее эффективны с точки зрения механики дробления. Двумерное движение твердой среды, окружающей сплошной скважинный заряд, при иницировании его в одной точке, характеризуется большими градиентами давления и, как следствие, значительным переизмельчением породы, что и обуславливает интенсивную диссипацию энергии, особенно в ближней к заряду зоне. Анализ гранулометрического состава взорванной горной массы показал, что при взрыве сплошного заряда образуется максимальный объем мельчайших и крупных фракций, при этом выход негабарита может достигать 15 % и более [1].

Метод скважинных зарядов, рассредоточенных воздушными промежутками, дает возможность значительно повысить полезную работу взрыва; при этом достигается более равномерное и мелкое дробление скальных горных пород; размер среднего куска уменьшается в 1,5–2,0 раза. Выход негабарита снижается от двух до десяти раз, а в некоторых случаях полностью исключается. Наблюдалось очень много случаев снижения расхода ВВ при одновременном улучшении результатов взрыва [2]. Воздушный промежуток увеличивает длину скважины, на которую непосредственно воздействует заряд (до 60–70 %), так как взрывные газы оказывают давление на стенки скважины и на участке воздушного промежутка. Происходит перераспределение энергии взрыва. Умень-

шается доля энергии, затрачиваемой на бесполезное переизмельчение породы вокруг скважины в результате бризантного действия ВВ. Значительно уменьшается объем работ по забойке скважин за счет уменьшения длины забиваемой части скважин.

Установлено, что применением воздушных промежутков по мере даже незначительного увеличения высоты заряда в скважине резко увеличивается способность преодоления ЛСПП по сравнению со сплошными зарядами. Объем породы, обрушаемый скважиной с воздушным промежутком, значительно больше, чем у сплошных зарядов [3]. Объясняется это тем, что при взрывании зарядов с воздушными промежутками образуется газовая полость заметно большего объема, чем при применении сплошного заряда. Объем же разрушенной породы должен быть пропорционален объему газовой камеры. Перекачка энергии взрыва из продуктов детонации в ударную волну происходит именно в процессе расширения продуктов взрыва, поэтому, чем больше объем газовой камеры, тем относительно большая часть энергии переходит в ударную волну и тем, следовательно, больше при прочих равных условиях должен быть объем разрушенной породы [4].

Поэтому в середине прошлого века прошли обширные экспериментальные исследования по поиску оптимальных параметров применения этого метода практически во всех горных породах и различных отраслях народного хозяйства, что широко отражено, в частности, в сборни-

ках “Взрывное дело”. Область применения зарядов с воздушными промежутками охватывает весь диапазон взрываемых пород и ограничивается лишь присутствием воды в скважине.

Воздушные промежутки выполняли разными способами:

1. Помещением в скважину простейших приспособлений из двух деревянных дисков с отверстиями под ДШ (диаметром 0,80–0,85 диаметра скважины), скрепленных между собой одной, двумя или тремя деревянными стойками по высоте промежутка. Нижний диск может быть заменен планкой, а над верхним размещают воронки из бумаги или полиэтилена, бумагу в виде пыжа или заполненную породой, засыпают 2-3 лопаты грунта и т.п. для исключения просыпания ВВ в воздушный промежуток. При длине воздушных промежутков до 2,5–3,0 м такие конструкции достаточно сложны, прежде всего, в транспортировке, да и в применении тоже. Вместо верхнего диска применяли также конусообразный затвор из полиэтиленовой пленки, который, заполняясь ВВ, препятствовал его просыпанию в воздушный промежуток.

2. Подвешиванием на уровне верхней части воздушного промежутка небольшого количества ВВ (10–15 кг), упакованного в бумажный патрон диаметром 0,80–0,85 диаметра скважины, изготовленный на месте заряжания или подвешиванием пробки из бумажного мешка; поверх патрона или пробки помещается необходимое количество ВВ верхней части заряда.

3. Перегораживанием скважины бумажными пробками из тары от ВВ, досылаемыми в скважину забойником (шестом) на заданную глубину. Способ нашел сравнительно широкое применение, однако имеет следующие недостатки:

- трудность регулирования длины воздушного промежутка из-за ограниченной длины обычно применяемых на рудниках шестов, хотя известны случаи применения шестов длиной до 6 м [5];

- трудность досылки в скважину бумажной пробки шестом;

- наблюдались случаи выпадения пробок после засыпки в скважину забоечного материала.

4. Размещением в заряде бумажных цилиндров двух видов. Технология изготовления первого включает операции размалывания бумаги, приготовления бумажной массы, формирования и сушки цилиндров [6]. Из одного бумажного мешка изпод ВВ можно изготовить 3 цилиндра. Для создания воздушных промежутков длиной 1,0–2,5 м требуется 3–8 шт. бумажных цилиндров. Бумажные цилиндры второго вида изготавливали из 8–10 слоев бумаги от мешков ВВ, проклеенных жидким стеклом и хорошо просушенных. При диаметре 200–220 мм и длине 0,5–1,0 м цилиндр выдерживает нагрузку в 70–100 кг без заметной деформации [7]. При зарядке для создания воздушного промежутка цилиндры в нужном количестве сбрасывают в скважину.

5. Применением в качестве воздушного промежутка вспененного полистирола [8].

Низкая технологичность создания воздушных промежутков, незаинтересованность предприятий в экономии средств в эпоху социализма привели к постепенному затуханию интереса к этому методу. И только с переходом на рыночные отношения, появлением на горных предприятиях эффективных собственников, метод рассредоточения зарядов воздушными промежутками вновь востребован жизнью. В частности, руководство ОАО “Корфовский каменный карьер” предложило специалистам Тихоокеанского государственного университета изыскать рациональные параметры скважинных зарядов с воздушными промежутками для применяемой ручной зарядки скважин с перспективой перехода к механизации зарядки, поскольку именно рассредоточенные заряды позволяют снизить выход как мелких фракций, так и негабарита, что принципиально важно для предприятия,

выпускающего фракционно-нированный щебень.

Анализ вышеприведенных способов формирования воздушных промежутков показал, что наиболее перспективным является применение вспененного полистирола. Промышленные испытания эффективности действия взрыва скважинных зарядов с промежутками из пенополистирола проводились в условиях Златоуст-Беловского карьера Джезказганского горно-металлургического комбината [8]. Был достигнут значительный экономический эффект за счет снижения затрат на экскавацию и транспортирование горной массы (улучшение качества дробления) и на взрывные работы, что достигается за счет уменьшения удельного расхода ВВ. Однако, к сожалению, до настоящего времени этот способ формирования воздушных промежутков, как и другие способы, не нашел широкого применения. Кроме того, исследования проводились при диаметре скважин 200–250 мм, тогда как в настоящее время в карьерах широко используются буровые станки с гидро- и пневмоударниками, с диаметром бурения 115–165 мм. В этих исследованиях для формирования воздушных промежутков использовался широко применяемый в строительной индустрии вспененный полистирол (пенополистирол) плотностью 10–15 кг/м³, содержащий в гранулах до 98 % воздуха. Однако при использовании пенополистирола в качестве воздушного промежутка возникает сомнение в надежности конструкции заряда из-за того, что на пенополистирол воздействует значительный по величине столб заряда ВВ и забойки. Таким образом, в первую очередь требовалось решить две задачи:

- определить величину давления сыпучего материала (гранул ВВ и частиц забойки) на столб пенополистирола в скважине;

- установить несущую способность столба пенополистирола.

Определению величины давления столба сыпучего материала на переемычку в скважине уже уделялось внимание. Теоретические исследования показали [9], что для сухого песка и слабо шероховатых стенок скважины максимальное давление на переемычку составляет при диаметре D скважины 72 мм - 0,002 МПа, 97 мм - 0,0023 МПа, и при диаметре 102 мм - 0,0034 МПа. При высоте столба сыпучего материала $h = 7,5 D$ дальнейший рост давления прекращается. Проведенные экспериментальные исследования показали, что максимальное давление в скважинах диаметром 160 мм, пробуренных по алевролитам и песчаникам, не превышает 0,0015 МПа, и рост давления прекращается при $h = 4 D$.

Результаты аналогичных исследований приведены в работе [10]. Как показали опыты, в интервале диаметров скважин 150–270 мм, что соответствует диаметрам скважин, применяемых в промышленных взрывах, рост давления прекращается при $h = (2...4) D$ в зависимости от физико-механических свойств исследуемого материала. Насыпная забойка также дает значительную удельную нагрузку. От столба бурового шлама, наиболее часто применяемого для забойки скважин, за счет принятия нагрузки стенками скважины при боковом распоре сыпучей забойки максимальное давление на нижележащие слои составляет: при диаметре скважины 146 мм - 0,0021...0,0025 МПа, 206 мм - 0,003-0,0036 МПа, и при диаметре 265 мм - 0,0034-0,0045 МПа.

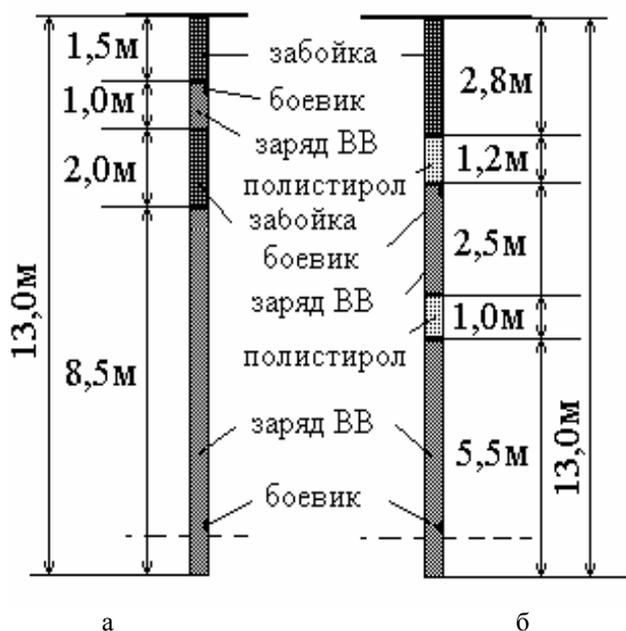
Для уточнения приведенных выше данных нами были проведены экспериментальные исследования в картонных и асбоцементных трубах диаметром 100 и 160 мм. В качестве сыпучего материала использовалась гранулированная селитра. Полученные результаты подтверждают данные проведенных ранее исследований.

Рис. 1. Конструкция зарядов на контрольном (а) и экспериментальном (б) участках

Далее решалась следующая задача - установить несущую способность столба пенополистирола. Вспененный полистирол, как показали наши экспериментальные исследования в картонных и асбоцементных трубах, имеет достаточную жесткость. Так, столбик вспененного полистирола диаметром 100 мм и высотой от 200 до 800 мм имеет осадку всего до 20 мм при нагрузке 170 Н (0,022 МПа), 5 мм – при нагрузке 80 Н (0,010 МПа) и около 2 мм при нагрузке 20 Н (0,0025 МПа). Поэтому просадка полистирола под давлением столба сыпучего материала будет незначительной и не повлияет на высоту воздушного промежутка.

После выполнения лабораторных исследований было проведено три экспериментальных взрыва. Первый – с выделением в южной части блока экспериментального участка из двух рядов скважин по 15 штук с рассредоточением заряда воздушными промежутками (один в заряде и один под забойкой), и контрольного, с разделением заряда инертным промежутком. На двух других блоках все скважины были с воздушными промежутками. На рис. 1 представлены конструкции зарядов в скважинах диаметром 115 мм на контрольном (а) и экспериментальном (б) участках первого взрыва.

Заряд ВВ комбинированный – в нижней, обводненной, части скважин размещали водоустойчивый граммонит 30/70, далее – неводоустойчивый граммонит 79/21. Средняя масса заряда в скважинах экспериментального участка составила 80 кг, на контрольном участке – 106 кг.



В связи с непостоянством диаметра скважин (из-за износа ударных долот диаметр колеблется от 117 до 108 мм), а также неодинаковой их глубиной, зарядку проводили следующим образом. Нижний заряд формировали из мешка граммонита 30/70 (40 кг), на который размещали боевик, затем добавляли 15 кг граммонита 79/21, которые вмещались в мерную емкость (рис. 2, а). Затем формировали воздушный промежуток из вспененного полистирола также из мерной емкости (рис. 2, б). Полистирол из одной мерной емкости в среднем занимает 1 м длины скважины.

После этого засыпали 25 кг второй части заряда (остаток из мешка, от которого отсыпали мерную емкость ВВ в нижний заряд), размещали на нем боевик из патронированного аммонита № 6ЖВ, и далее формировали второй воздушный промежуток под забойку. Воздушный промежуток в заряде выдерживали длиной в один метр, а промежуток под забойкой был переменной длины, исходя из условия оставления под забойку 2,8-3



а



б

Рис. 2. Формирование второй части нижнего заряда над боевиком

м длины скважины. Для оценки уровня размещения зарядов и воздушных промежутков после засыпки каждой порции ВВ или полистирола проводили замер глубины скважин.

Видеосъемка взрыва осуществлялась цифровой видеокамерой NV-GS11 с 24 кратным оптическим увеличением с расстояния 700 м (из-за пределов опасной зоны взрыва). Покадровая видеोगрамма съемки приведена на рис. 3.

Анализируя рис. 3, можно отметить следующее. Поскольку частота съемки видеокамерой составляет 25 кадр/с, интервал между кадрами в 40 мс для взрыва достаточно велик, но, тем не менее, можно сделать определенные выводы о процессе развития взрыва во времени и пространстве.

Применяли порядное взрывание с замедлением между соседними рядами 20 мс, поэтому на трех кадрах (рис. 3, *а* и *б*) заметно пламя от детонирующего шнура поверхностной сети. Условно за начало взрыва и отсчет времени 0 мс принят второй кадр видеосъемки (рис. 3, *а*), хотя на нем уже заметно начало выброса забойки из скважин первого ряда контрольного участка (слева) и, скорее всего от начала инициирования сети прошло 10-20 мс.

К 40 мс четко виден выброс продуктов детонации (рис. 3, *б*), при этом на экспериментальном участке все скважины дают ровный выброс забойки по высоте за счет выдерживания ее одинаковой длины при зарядке, в то время как на контрольном участке заметно различие (кадр 80 мс).

Из рис. 3, *в* видно, что прорыв газов через откос уступа на контрольном участке начинается раньше, чем на экспериментальном, а кадры рис. 3, *д* показывают, что падение горной массы на подошву уступа на экспериментальном участке произошло через 1960 мс от начала взрыва, а на контрольном участке – через 2400 мс, т. е. с задержкой в почти в полсекунды за счет большей высоты выброса. Из этого можно сделать вывод о более длительной задержке газов в скважинах экспериментального участка и более «мягком» действии взрыва в них. Об этом же свидетельствуют кадры на рис. 3, *в* – *г*, из которых видна существенно меньшая высота выброса забойки из экспериментальных скважин. Следовательно, при наличии воздушного промежутка энергия взрыва передается горной массе с задержкой на некоторое время, в связи с чем напряжения в массиве распределяются более равномерно.



0 мс

a



40 мс



80 мс

б



120 мс



160 мс

в

Рис. 3. Видеограмма развития взрыва

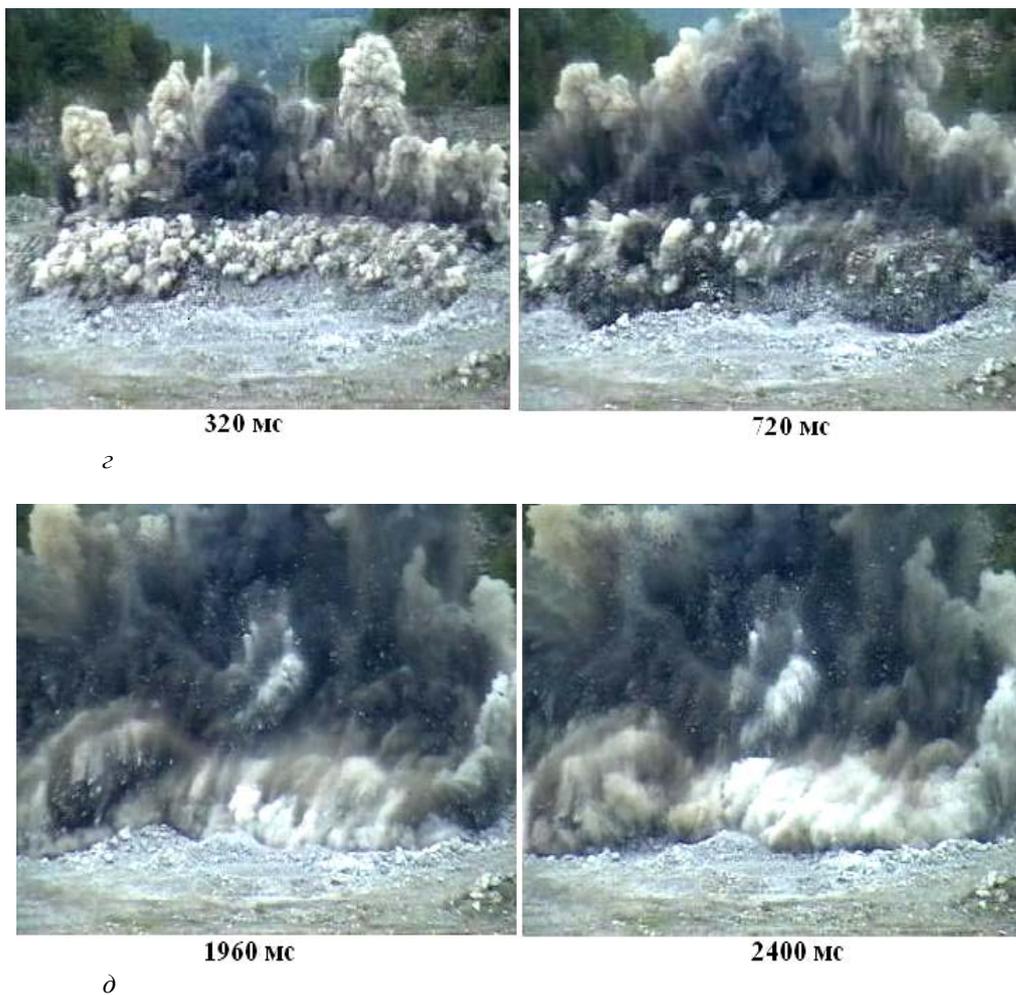


Рис. 3. Видеограмма развития взрыва (продолжение)

После отработки блока на экспериментальном участке отмечено качественное дробление горной массы, завышений подошвы не отмечено. Аналогичные результаты получены по двум другим взрывам с воздушными промежутками из пенополистирола. Это позволяет сделать следующие выводы.

Выполнение воздушного промежутка из вспененного полистирола технологично: происходит такая же засыпка из

мерной емкости или мешка, как и для ВВ.

Применение конструкции зарядов с рассредоточением их по высоте воздушными промежутками из вспененного полистирола обеспечило более мягкое действие взрыва с увеличенной задержкой времени действия продуктов детонации и меньшей высотой выброса как забойки из скважин, так и горной массы. Удельный расход ВВ снижен с $0,98 \text{ кг/м}^3$ до $0,74 \text{ кг/м}^3$ при сохранении качества дробления.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Жариков И.Ф.* Энергосберегающие технологии ведения взрывных работ на разрезах // Взрывное дело. № 91/48. М., 1998. С. 191-195.
2. *Марченко Л.Н., Кудряшов В.С.* Методические указания по применению скважинных зарядов, рассредоточенных воздушными промежутками на открытых горных разработках // Сб. Взрывное дело № 51/8. – М.: Недра, 1963. – С. 199-206.
3. *Кривошлык И.Р., Рудник М.И., Коркунов Г.С.* Выбор рациональной конструкции заряда на Всеволодо-Вильвенском карьере // Сб. Взрывное дело № 51/8. – М.: Недра, 1963. – С. 159-169.
4. *Баум Ф.А.* К вопросу оценки эффективности действия взрыва зарядов с воздушными промежутками // Сб. Взрывное дело № 54/11. – М.: Недра, 1964. – С. 48-52.
5. *Садыков Г.Х.* Применение игданитов на некоторых карьерах Казахстана // Сб. Взрывное дело № 54/11. – М.: Недра, 1964. – С. 271-279.
6. *Ким М.Ф.* Опыт применения зарядов с воздушными промежутками на карьерах Казахстана // Взрывное дело № 62/19. – М.: Недра. 1967. С. 215-225.
7. *Лозунов А.Н., Величкин А.Н.* Из опыта применения зарядов с воздушными промежутками и игданита на предприятиях Казахстана // Сб. Взрывное дело № 54/11. – М.: Недра, 1964. – С. 342-349.
8. *Жаркенов М.И., Бекетаев Е.Б., Кинеев Т.А., Жунусов К.Н.* Релюльтаты промышленных испытаний скважинных зарядов с промежутками из гранулированного полистирола. // Сб. Взрывное дело № 78/35. – М.: Недра, 1978. – С. 102-106.
9. *Лавров Г.М., Григорьев А.В.* Об одном из способов фиксации заряда в скважине // Сб. Взрывное дело № 89/46. – М.: Недра, 1986. – С. 191-194.
10. *Юматов Б.П., Шебаршиов А.А., Власов В.М.* Экспериментальные исследования конструкции «плавающего заряда». // Сб. Взрывное дело № 74/31. – М.: Недра, 1974. – С. 173-178.

Коротко об авторах

Шевкун Е.Б. – доктор технических наук, профессор,
Лецинский А.В. – кандидат технических наук, доцент,
 кафедра «Строительные и дорожные машины» со специализацией «Открытые горные работы»
 Тихоокеанского государственного университета (ТОГУ, г. Хабаровск).

ДИССЕРТАЦИИ

**ТЕКУЩАЯ ИНФОРМАЦИЯ О ЗАЩИТАХ ДИССЕРТАЦИЙ
 ПО ГОРНОМУ ДЕЛУ И СМЕЖНЫМ ВОПРОСАМ**

Автор	Название работы	Специальность	Ученая степень
ИНСТИТУТ ГОРНОГО ДЕЛА СО РАН			
ЧИГИШЕВ Александр Николаевич	Управление воздушораспределением в метрополиттенах мелкого заложения	25.00.20	к.т.н.

