Е.Б.ШЕВКУН, Н.А.ЛЕОНЕНКО
Институт горного дела ДВО РАН, Хабаровск, Россия

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ ДЕМПФИРУЮЩЕГО ЩИТА МОБИЛЬНОГО УКРЫТИЯ

На I Международной научной конференции по физическим проблемам разрушения горных пород нами были представлены результаты научно-технического обоснования прогрессивной технологии открытых горных работ, базирующейся на принципиально новом подходе к буровзрывным работам: разрушение горных пород осуществляется послойным (сверху вниз) взрыванием горизонтальных скважинных зарядов уменьшенного диаметра (с предварительным щелеобразованием по контуру взрываемого объема) под мобильным укрытием в виде щита с демпфирующими элементами*.

Технология не имеет аналогов в мировой практике. Она позволяет свести к минимуму развал горной массы и пылегазовые выбросы, исключить обводненность взрывных скважин, обеспечить дробление горных пород с размером кондиционного куска в 200-300 мм с сохранением в горной массе первичных контактов руд с пустыми породами. За счет этого карьер можно перевести на поточную технологию горных работ с селективной выемкой руд, конвейерным транспортом от забоя до поверхности, свести к минимуму объемы текущих вскрышных работ, обеспечить эффективную расконсервацию бортов глубоких карьеров при их реконструкции, эффективно вести буровзрывные работы в запретных зонах и т.д.

Численными исследованиями процессов взаимодействия в системе заряд ВВ – массив горных пород – демпфирующий щит установлено, что раздробленный слой горных пород в 8-9 раз снижает энергию проходящего через него взрывного импульса. Поэтому демпфирующий щит работает на поглощение энергии только при взрывании верхнего слоя пород. При рациональном сочетании упругих, вязких и пластичных свойств демпфирующих элементов укрытие может поглотить до 95 % воспринимаемой энергии взрывного импульса при приемлемой высоте смещения (до 1 м). Стендовые исследования показали, что такими свойствами может обладать резиновая емкость с водой, которая при выбросе воды в процессе деформации под влиянием ударных нагрузок проявляет упругие, вязкие и пластичные свойства.

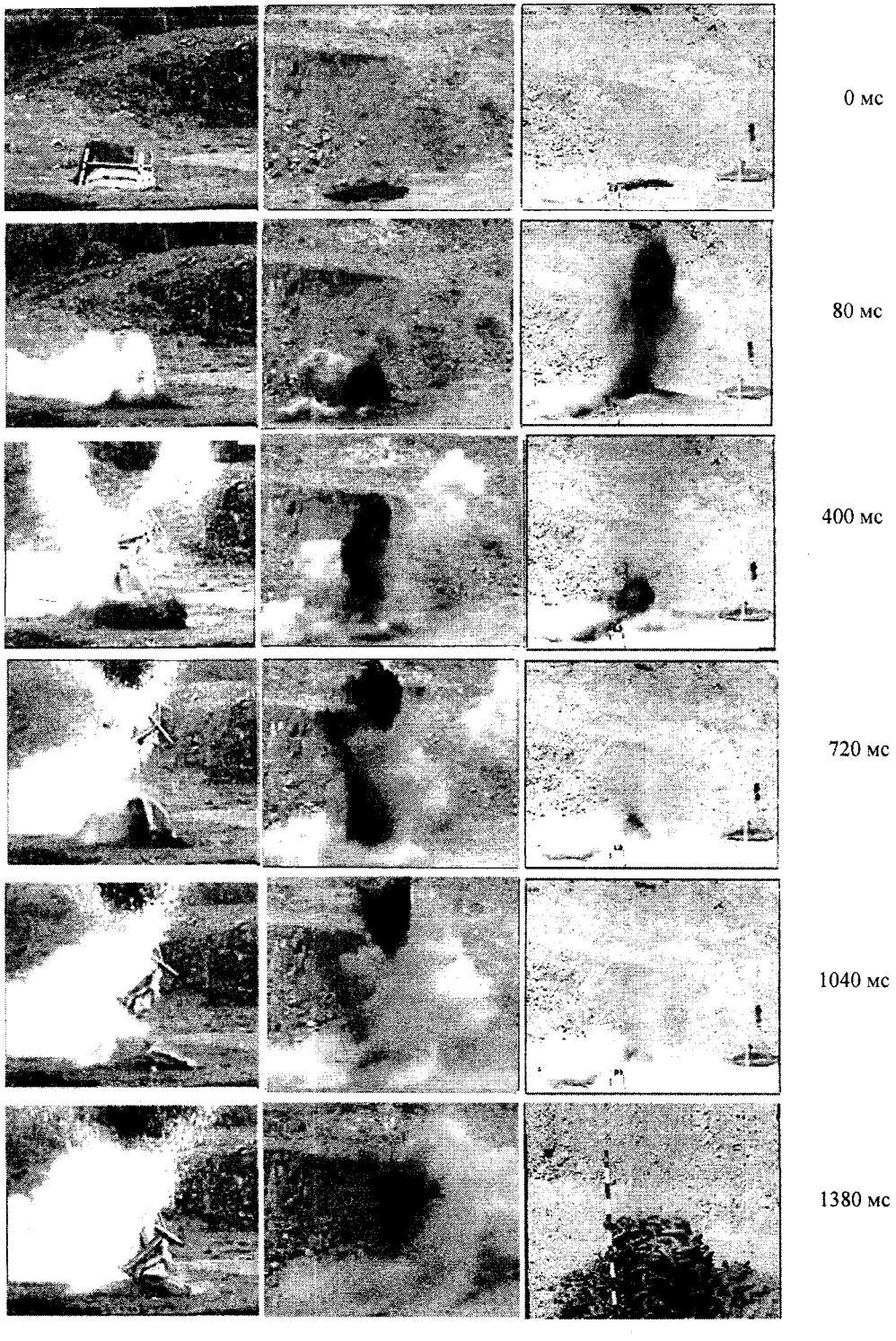
Основное звено новой технологии – демпфирующий щит (состоящий из горизонтальной и вертикальной секций) на самоходной установке. При массе каждого заряда верхнего слоя в 7-15 кг горизонтальная секция щита массой 16-35 т исключает разлет горной массы верхнего взрываемого слоя объемом 150-500 м^3. Для нижележащих слоев (объемом 300-800 м^3) взорванный верхний слой является пригрузкой, исключающей разброс их горной массы. Небольшие объемы взрываемых блоков (1-5 тыс. м^3) и минимальная зона сейсмического воздействия (до 30 м) позволяют вести ежесменное (ежедневное) взрывание для каждого экскаватора без остановки горных работ на массовый взрыв.

Исходные теоретические посылки были проверены экспериментальными исследованиями на карьере в 1999-2000 гг. Испытывали несколько видов демпфирующих элементов укрытия: газонепроницаемые и газопроницаемые. Укрытие размещали горизонтально, непосредственно над устьем вертикальных скважин, что обеспечивало взрывание с одной обнаженной поверхностью и более жесткий режим нагрузки, чем в реальных условиях отбойки (на три обнаженные поверхности). В испытаниях для различных видов укрытий сохраняли идентичные условия: во всех случаях взрывали заряд равной массы, размещенный на одинаковой глубине.

Регистрацию движения демпфирующих элементов осуществляли видеокамерой фирмы «Hitachi» тип VHS (модель VM-7380E) с объективом F1,4 (4-64 мм) 16:1 с трансфокатором с двухсоткратным приближением. Съемку вели с расстояния 400 м при взрыве зарядов

---

* *Шевкун Е.Б.* Прогрессивный способ взрывного разрушения горных пород на карьерах / Е.Б.Шевкун, Г.В.Секисов // Физические проблемы взрывного разрушения массивов горных пород: Доклады междунар. конф. / ИПКОН. М., 1998.



Видеограмма процесса развития взрыва заряда ВВ массой 1,5 кг на глубине 1,5 м
в скальных породах под укрытием

массой 1,5 кг в скальном грунте VI-VII категории крепости по СНиП. Изображение записывалось на встроенный видеомагнитофон в системе PAL с частотой 25 кадров в секунду. Затем с помощью видеомагнитофона фирмы «Sony» осуществляли воспроизведение в покадровом режиме. Сигнал с видеомагнитофона поступал в компьютер на видеокарту типа AGP-V3000 фирмы «Asustec», которой оцифровывался с разрешающей способностью 320 × 240 пиксел. В поле кадра на расстоянии 3 м от модели щита устанавливали мерную линейку для измерения перемещений с делениями по 0,1 м, раскрашенными в разные цвета. На изображении можно различить объект размером 5 см и позиционировать на нем точку с точностью ±2 см.

Временные интервалы записи на видеомагнитофоне составляют 40 мс и их точность не оценивали. Для защиты от пропуска кадров использован отметчик времени, который представляет собой равномерно вращающийся диск с шестью секторами разного цвета. За каждый интервал в один кадр диск должен поворачиваться на одинаковый угол. По данным, полученным с покадровой съемки (см. рисунок), строили кривые перемещения центра демпфирующего элемента по времени.

Газонепроницаемые укрытия устроены следующим образом:

1. К массивной жесткой металлической несущей раме массой 230 кг, стоящей на четырех опорах высотой 0,8 м, был подвешен демпфирующий элемент в виде мягкой оболочки из синтетического материала толщиной 0,5 мм и массой 20 кг. Трехсекционная оболочка размером в плане 1,8 × 1,2 м имела в развернутом состоянии высоту до 0,9 м. Внутри секции были стянуты резиновым жгутом для сохранения первичной формы при заполнении водой и обеспечения более мягкой деформации оболочки при взрывной ударной нагрузке. Через два отверстия диаметром 400 мм в верхней секции оболочки и несущей раме в оболочку заливали около 300 кг воды (вода заполняла две нижние секции, верхняя секция высотой 0,3-0,4 м оставалась свободной). Эти отверстия в процессе деформации оболочки служили для выброса воды.

2. Гибкий мат сооружался из якорных цепей с диаметром цепного железа 34 мм. Отрезки цепей длиной 17 звеньев связывали тросиком толщиной 6 мм в звено из трех рядов цепи длиной 2,1 м и массой 165 кг. Четыре звена связывали таким же тросиком в гибкий мат размером 2,1 × 1,7(1,9) м массой 660 кг. Под матом располагали резинокордовую пластину (коврик из транспортерной ленты).

Газопроницаемое укрытие состояло из гибкого мата, устроенного аналогично укрытию 2. Его размещали непосредственно над скважиной (без газонепроницаемой пластины).

Видеосъемки показали, что перемещения газонепроницаемых укрытий близки по динамике: укрытия резко подбрасываются ударом газов и, достигнув максимальной высоты подброса, падают на поверхность уступа. Высота подброса цепного газонепроницаемого мата вдвое выше, чем мягкой емкости с водой, при разности масс всего лишь на 20 %. В этом проявляются свойства вязкости и пластичности емкости с водой, связанные с выбросом воды. В результате за одинаковое время полета высота подброса мягкой емкости в 2 раза меньше.

Совершенно иной характер перемещений у газопроницаемого укрытия. Мат не отрывается от горной массы: после пропуска газов он остается на поверхности вздымающейся горной массы и как бы подбирает ее под себя, оставаясь после взрыва в виде своеобразного «комка». При этом высота «комка» составляет половину высоты подброса цепного мата.

Выполненные полигонные экспериментальные исследования полноразмерного локализатора взрыва подтвердили выполненные ранее на математической модели расчеты: высота подброса демпфирующего элемента в виде мягкой оболочки с жидкостью в 2 раза меньше, чем высота подброса с жесткого щита. Испытания доказали способность демпфирующего элемента поглощать энергию взрывной волны. Установлено, что газопроницаемость укрытия в 4 раза снижает высоту его подброса за счет пропуска газов.