

УДК 622.861 : 622.235

## СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ВЗРЫВНЫХ РАБОТ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ЭКСКАВАТОРОВ С УВЕЛИЧЕННОЙ ВМЕСТИМОСТЬЮ КОВША

Ефремова Анна Сергеевна (ГО-101) КузГТУ

Руководитель, проф. кафедры ОГР И.Б. Катанов

Разрез Междуреченский расположен в Томь-Усинском и Мрасском геолого-экономических районах Кузбасса. В последнее десятилетие на разрезе Междуреченский наблюдается тенденция к увеличению мощности вскрышных и добычных экскаваторов. Среди них наибольшее количество представлено экскаваторами P&H 2800 и Hitachi 3600 с емкостью ковша 33 м<sup>3</sup> и 21 м<sup>3</sup> соответственно. Эти экскаваторы приходят на замену экскаваторов ЭКГ-8И и ЭКГ-10.

Вмещающие породы представлены крупно- и мелкозернистыми песчаниками, алевролитами, аргиллитами (табл.1). Четвертичные отложения составляют до 10 % вскрышных пород, представленных тяжелыми суглинками. Более 90% горной породы подлежит взрывному дроблению перед экскавацией.

Таблица 1.

*Свойства горных пород, подвергающихся взрывной подготовке  
перед экскавацией*

Типы пород	Удель- ный вес пород, т/м <sup>3</sup>	Времен- ное сопроти- вление сжатию, МПа	Категория пород по трудности экскавации	Экскаватор	Парамет- ры сетки скважин, м	Уд. расхо- д грану- лита УП-1, кг/м <sup>3</sup>
Песчаники крупноблочные	2,66	91,6	IV-V	P&H 2800, Hitachi 3600	5x5	1,1
Гравелиты крупноблочные	2,67	82,3		ЭКГ-8И, ЭКГ-10		
Аргиллиты среднеблочные				P&H 2800, Hitachi 3600		

	2,50	62,1	III	ЭКГ-8И, ЭКГ-10	6x6	0,8
Алевролиты среднеблочные	2,64	60,4	III	P&H 2800, Hitachi 3600	7x7	0,7
				ЭКГ-8И, ЭКГ-10		

До недавнего времени считалось, что для производительной работы экскаватора (мехлопаты) максимальный размер куска в развале должен отвечать условию  $L_{\max} \leq 0,75\sqrt[3]{E_9}$ , где  $E_9$  – емкость ковша, м<sup>3</sup>.

Проведено сравнение результатов работы экскаваторов P&H 2800, Hitachi 3600 и ЭКГ-8И, разрабатывающих породы с одинаковыми структурно-прочностными свойствами. Анализ показал, что использование при взрывной подготовке горной массы удельного расхода ВВ, рекомендуемого в типовом проекте, приводит к снижению эксплуатационной производительности мехлопат с большой вместимостью ковша. При увеличении удельного расхода ВВ при подготовке горной массы к выемке экскаваторами P&H 2800 и Hitachi 3600 до значений, используемых при взрывании породы для экскаватора ЭКГ-8И, производительность мехлопат с большой емкостью ковша значительно повышается. Однако в этом случае возможно увеличение радиуса разлета отдельных кусков породы, что влияет на повышение опасности взрывных работ.

Известно также, что в момент наполнения ковша породой, потребляемая мощность приводов рабочего оборудования мехлопаты составляет 2500 кВт на P&H 2800, 1400 кВт на Hitachi 3600, что при ширине ковша 4,2 м соответствует удельным затратам энергии при внедрении ковша в породу 0,33-0,59 кВт/мм. На ЭКГ-8И при ширине ковша 2,7 м удельные затраты энергии при внедрении ковша в породу составляют 0,33 кВт/мм, что примерно в 2 раза меньше.

Таким образом, опыт применения экскаваторов показал, что увеличение емкости ковша либо незначительно влияет на уменьшение расхода ВВ (для пород средней крепости), либо вообще не позволяет его снизить (для крепких горных пород).

В этой связи совершенствование технологии ведения взрывных работ, обеспечивающей безопасные и производительные условия работы экскаваторов с увеличенной емкостью ковша возможно за счет изменения конструкции заряда и является задачей, требующей внимания.

С позиций оценки производительности экскаваторов качество взрывной подготовки пород к выемке характеризуется двумя факторами – кусковатостью и разрыхленностью взорванной горной массы. Численно эти

факторы принято измерять средним диаметром куска в развале  $d_{\text{ср}}$  и средним значением коэффициента разрыхления горной массы  $k_p$ .

Управлять качеством подготовки горной массы на карьерах можно путем изменения удельного расхода ВВ, пространственного расположения заряда в массиве и конструкции скважинного заряда.

Удельный расход ВВ определяется совокупностью факторов, характеризующих равномерность распределения ВВ в массиве и обеспечивающих равномерность необходимого дробления породы.

Пространственное расположение заряда в массиве, с учетом структурно-прочностных характеристик, определяется углом наклона скважин, а конструкция заряда характеризуется распределением внутри скважины заряда ВВ и учетом рациональной величины качественной забойки.

Практический опыт, экспериментальные и теоретические исследования свидетельствуют о том, что равномерность размещения ВВ в массиве, достигаемая за счет уменьшения диаметра скважин, способствуют повышению равномерности и степени дробления горной массы. Для вскрышных пород угольных разрезов существуют следующие особенности применения скважин различного диаметра. Для легковзрываемых пород однородной блочности возможно применение скважин относительно большого диаметра (250–350 мм). Породы средней категории по взрываемости наиболее предпочтительно обустраивать скважинами диаметром до 250 мм. Для трудновзрываемых и неоднородных по блочности перемежающихся пород наиболее целесообразны относительно небольшие диаметры (150–190 мм) скважин.

В конструкции скважинного заряда при прочих равных условиях используемого ВВ и его распределения по высоте скважины наиболее важную роль имеет материал и качество забойки. Забойка скважин предназначена для увеличения импульса продуктов детонации за счет продолжительности их воздействия на массив. Механизм влияния забойки на качество подготовки горной массы может быть объяснен ее возможными свойствами. Буровой штыб и другие высокоплотные материалы обладают высокими инерционными характеристиками или высоким сцеплением со стенками устья скважины (щебень, бетон), гидродинамическое воздействие на породу в окрестности забойки (гидрозабойка) и обеспечение искусственного или естественного пережатия части скважины над основным зарядом ВВ разрушенной породой (например, активная забойка, использование демпфирующих прокладок или забойка из низкоплотных пористых материалов).

На разрезах Кузбасса в качестве забойки, как правило, используется буровая мелочь. Величину забойки из буровой мелочи рекомендуется принимать пропорционально диаметру скважин в пределах

$l_{\text{заб}} = (20 \div 25)d_{\text{скв}}$ . Увеличение величины забойки более рекомендуемых значений увеличивает объем породы на уровне незаряженной части скважин и увеличивает вероятность выхода негабаритных фракций. Уменьшение – снижает полезное использование энергии ВВ, т. к. недостаточное сопротивление продуктам взрыва делает забойку практически бесполезной.

Наиболее действенными с точки зрения качества подготовки горной массы, являются забойки, которые обеспечивают запирающие продукты детонации за счет пережатия канала скважин. Такой эффект обеспечивает забойка из низкоплотных пористых материалов в комбинации с твердым запирающим элементом, например деревянной пробки. Механизм действия этой конструкции забойки состоит в следующем. После заряжения скважины взрывчатым веществом и монтажа взрывной сети пространство над зарядом ВВ заполняют низкоплотным составом, например пеногелем или эластичным пористым материалом [1]. Затем в скважину устанавливают запирающий элемент, в качестве которого может быть использованы скважинные забойки из дерева [2]. Длина участка скважины, заполняемого низкоплотным составом выбирается таким образом, чтобы запирающий элемент был установлен ниже границы слоя интенсивной трещиноватости породы от предыдущего взрыва.

Для достижения цели, поставленной выше, в дополнение к забойке из пористого материала предлагается в конструкции заряда рекомендуется промежуток между частями рассредоточенного заряда ВВ, формировать также с использованием эластичного пористого материала (рис.1).

Эффект пережатия канала скважины в верхней части объясняется тем, что скорость распространения волны напряжения имеет конечное значение и в зависимости от блочности массива составляет 800–3000 м/с, в воздухе 330 м/с, в воде 1500 м/с, а в низкоплотном составе (в зависимости от содержания в нем воздуха) всего 30–50 м/с. Заполнение промежутка между запирающим элементом 5 забойки и верхней частью заряда ВВ 7 низкоплотным составом 6 позволяет при инициировании заряда ВВ максимизировать разность скоростей распространения волн напряжений в массиве горных пород и в той части скважины, которая заполнена низкоплотным составом. В результате обеспечивается предварительное нагружение и смещение стенок скважины, в сравнении с отстающим во времени воздействия продуктов взрыва, на запирающий элемент 5, что приводит к более продолжительному импульсу продуктов взрыва в массиве.

Аналогично развивается процесс между частями 7 и 9 заряда ВВ в промежутке 8, заполненном низкоплотным составом. Сдвигение разрушаемой породы массива приводит к пережатию канала скважины, снижению амплитуды ударной волны, увеличению времени воздействия продуктов детонации на окружающий массив и как следствие к более равномерному дроблению породы на большем расстоянии от оси заряда.

Одновременно от нижнего торца верхней части 7 заряда ВВ и верхнего торца нижней части 9 заряда ВВ начинается смещение частиц массива и пережатие участка скважины в промежутке 8. Время смещения частиц массива до встречи потоков можно определить из выражения:

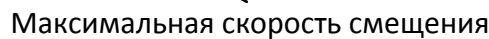


Рис. 1. Схема к обоснованию механизма воздействия низкоплотного состава с продуктами детонации заряда ВВ в скважине: 1, 2, 3 – положение фронта смещений породы в различные моменты времени; 4 – зона интенсивной трещиноватости массива; 5 – твердый элемент забойки (деревянная пробка); 6 – низкоплотный состав забойки; 7,9 – части рассредоточенного заряда ВВ; 8 – низкоплотный состав для рассредоточения заряда ВВ;  $\leftarrow$  – направление смещения частиц массива

$$t_c = \frac{r_2}{\int_0^{r_2} v_1(r_2) dr_2}, \quad (1)$$

где  $r_2, \bar{r}_2$  – соответственно расстояние и относительное расстояние (в радиусах заряда) от торца заряда до начала пережатия скважины продуктами разрушения породы;  $V_1$  – массовая скорость частиц породы.

Решая (1) относительно  $r_2$  можно определить рациональную длину промежутка между частями заряда ВВ, который необходимо заполнить низкоплотным составом для получения максимального эффекта разрушения породы вокруг скважинного заряда.

Для условий Южного Кузбасса расчетные значения промежутка из низкоплотного материала должны составлять в пределах от 2 до 6 диаметров скважины.

По имеющимся экспериментальным данным в условиях разреза Междуреченский при высоте уступа 15 м и диаметре скважин 220 мм использование низкоплотного пористого состава в качестве забойки и промежутка для рассредоточения заряда ВВ сопровождается уменьшением размера кусков на поверхности развала на 10 – 20 % и уменьшением радиуса разлета кусков породы. В настоящее время имеются конкретные рекомендации как по составу низкоплотного материала, так по технологии его производства. Решение данных вопросов возможно за счет изменения в широких пределах свойств пеногелевых низкоплотных составов (кратность, стойкость, плотность, жесткость). В зависимости от конкретных условий в конструкции скважинного заряда низкоплотные составы могут быть использованы не только для рассредоточения частей ВВ, но и создания предохранительной прослойки в нижней части заряда (демпфера), предотвращающей при взрыве возгорание угля (если бурение проводится «до угля»), его разубоживание, а также обеспечивающей снижение сейсмического эффекта, когда открытые работы располагаются над подземными горными выработками.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Катанов И. Б. Низкоплотные материалы в конструкции скважинных зарядов на карьерах / И. Б. Катанов, В. С. Федотенко. – Кемерово: Кузбассвуиздат, 2012. – 124 с.: ил. 47, табл. 9.

2. Комбинированная скважинная забойка/ И. Б. Катанов, В. С. Федотенко, С. М. Федотенко // Патент на полезную модель № 132179 МПК F42D 1/08. опубл. 10.09.2013 бюл. № 25

УДК 622.861 : 622.235

Предложено при зарядании скважины пространство между частями и над столбом заряда заполнять низкоплотным составом. Теоретически установлена величина промежутка между частями заряда. Такая конструкция заряда позволяет качественно улучшить эффективность запираания продуктов взрыва в зарядной камере и увеличить время воздействия продуктов детонации. Снизить опасность массовых взрывов на охраняемые объекты.

Илл. 2. Библиогр. 2 назв.

Ключевые слова: экскаватор, скважина, взрыв, заряд ВВ, низкоплотный состав

UDK 622.861: 622.235

*Is proposed with the loading of bore hole space between the parts and above the post of charge to fill with low-density composition. The value of the space between the parts of charge is theoretically established. This construction of charge makes it possible to qualitatively improve the effectiveness of the cutoff of the products of explosion in the charge camera and to increase the time of the action of detonation products. To decrease the danger of mass explosions to the guarded objects. Illustration. 2. Bibliog. 2 titles.*

*The keywords: excavator, bore hole, explosion, charge VV, low-density composition.*