Записки Ленинградского орденов Ленина и Трудового Красного Знамени горного института им. Г. В. Плеханова, т. XLIX, вып. 1, 1964 г.

НАКЛОННЫЕ СКВАЖИНЫ КАК СРЕДСТВО ВЫРАВНИВАНИЯ ПОДОШВЫ УСТУПА НА ГРАНИТНЫХ КАРЬЕРАХ

А. Б. Фадеев, А. Е. Сигачев

На карьерах Ленинградской области отбойку гранита ведут, размещая заряды взрывчатых веществ в вертикальных скважинах диаметром 105 *мм*. Обычно после взрывов подошва уступа получается крайне неровной, выступы (пороги) иногда достигают трети высоты уступа. В связи с неровной подошвой уступов производительность экскаваторов ЭКГ-4 не превышает 250 тыс. *м*^{3}*/год*, т. е. примерно в два раза меньше, чем на передовых горных предприятиях.

Казалось бы, пороги наибольшей высоты должны возникать в наиболее удаленных от заряда местах — около начального положения откоса уступа. Однако в условиях гранитных карьеров при малых диаметрах скважин наибольшей высоты пороги достигают в районе последнего ряда скважин. Если появление порога в районе первого ряда скважин можно в отдельных случаях объяснить неправильно завышенной величиной линии сопротивления по подошве, то увеличение высоты порогов на участке следующих рядов скважин оправдать этой причиной нельзя.

Для выявления характера образования порогов в прочных горных породах при малом диаметре скважин проведена серия лабораторных экспериментов на монолитных бетонных и мраморных моделях.

При моделировании взрыва наиболее затруднительно соблюдение критерия подобия Фруда, учитывающего вес взрываемой среды. Однако, если моделировать только процесс разрушения среды, не стремясь обеспечить подобие развала и разлета взорванной массы, то влиянием силы тяжести можно пренебречь. Действительно, прочность гранита на сжатие составляет около 1600 *кГ/см*^{2}, а на разрыв — около 70 *кГ/см*^{2}. Естественные же напряжения в породе на уровне подошвы уступа не превышают значения $\sigma = H\gamma$ (H — высота уступа; γ — объемный вес пород). Например, при $H = 10$ *м* и $\gamma = 2{,}6$ *т/м*^{3} напряжения в теле уступа не будут превышать 2,6 *кГ/см*^{2}, т. е. примерно в 27 раз меньше временного сопротивления гранита на разрыв. Как показано В. Р. Именитовым[1], характер разрушения одинаков у пород с примерно одинаковыми соотношениями прочностных характеристик $\frac{[\sigma]_{сж}}{[\sigma]_{р}}$ и $\frac{[\sigma]_{сж}}{[\sigma]_{сд}}$.

Обработка гранита очень трудна, поэтому материалом для моделирования были приняты бетон и мрамор. Их прочностные характеристики в сравнении со свойствами гранита следующие:

[1] Именитов В. Р. Высокопроизводительные системы разработки крепких руд. Госгортехиздат, 1962.

	Гранит	Мрамор	Бетон
$\frac{[\sigma]_{сж}}{[\sigma]_{р}}$	18	14	10
$\frac{[\sigma]_{сж}}{[\sigma]_{сд}}$	7	4,5	3

Эти соотношения позволяют допустить подобие картин разрушения в граните, мраморе и прочном бетоне.

Схема экспериментов и типичная форма отрыва по подошве уступа при взрыве вертикального заряда показана на рис. 1, *а*. При лабораторном моделировании не удавалось получить ровного отрыва по подошве даже при весьма малых значениях ЛНС (w). Изменение величины перебура S

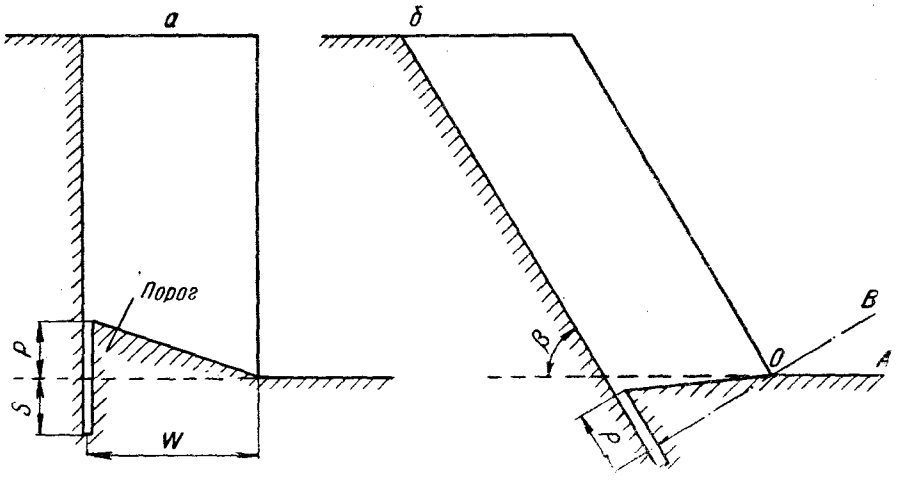


Рис. 1. Схема образования подошвы уступа при взрыве заряда. *а* — вертикального; *б* — наклонного.

(рис. 1, *а*) влияет на высоту порога, но при $S > (0{,}3 - 0{,}4)\ W$ эта зависимость невелика. Во всех случаях, независимо от глубины перебура, ровного отрыва по подошве не достигалось.

Иные условия создаются при наклонном расположении заряда. Примем условно, что подошва уступа ограничена плоскостью *OB*, а не *OA* (рис. 1, *б*). При таком допущении заряд расположится вертикально относительно мнимой подошвы *OB* и при взрывании образуется порог *P*. Если угол наклона скважины β мал, то этот порог относительно мнимой подошвы может даже понизить уровень действительной подошвы *OA*.

Влияние угла наклона скважин проверялось лабораторными опытами на моделях из монолитного мрамора, а также на бетонных моделях с имитацией трещиноватости при различной ориентации трещин. На моделях из мрамора при наклонном расположении зарядов и глубине перебура (0,3—0,4) ЛНС достигался ровный отрыв по подошве. На моделях из бетона не было получено такой четкой зависимости, однако и на них при разной глубине перебура достигался ровный отрыв по подошве.

В 1962—1963 гг. на гранитных карьерах Ровное и Кузнечное по рекомендации Ленинградского горного института был внедрен метод отбойки гранита наклонными скважинами. В период внедрения было проведено 12 промышленно-экспериментальных взрывов для выбора оптимального угла наклона и сетки скважин.

Материалы маркшейдерской съемки блоков до и после взрывания позволяют сделать следующие выводы: а) при вертикальных скважинах

даже при сетке 3 × 3 *м* ровный отрыв по подошве не достигается; б) при $\beta = 75°$ и сетке 3,5 × 3,5 *м* встречаются отдельные пороги; в) при $\beta = 70°$ ровная подошва получается при сетке скважин 3,5 × 3,5 *м*, расширение сетки до 3,8 × 3,8 *м* приводит к образованию неровностей подошвы.

По-видимому, дальнейшее уменьшение угла наклона скважин позволило бы и далее расширить сетку, однако при $\beta > 70°$ заметно повышается износ бурового инструмента и перегружается двигатель станка.

Применение наклонных скважин при отбойке гранита улучшает качество не только подошвы, но и откоса уступа. Резко уменьшается объем и число заколов по верхней бровке уступа и заброс породы назад; облегчается бурение скважин последующей серии; поверхность откоса получается ровной и на ней ясно видны следы взорванных скважин.

Отбойка гранита наклонными скважинами на карьере Ровное увеличила выход взорванной горной массы с 1 *м* скважин на 33% и снизила удельный расход взрывчатых веществ на 24,5%. Это достигнуто главным образом за счет значительного сокращения работ по ликвидации порогов.

На качество подошвы уступа в наибольшей степени влияет нижняя часть скважинного заряда. Размещение мощного взрывчатого вещества только в нижней части скважины позволяет добиться почти таких же результатов взрывания, как если бы мощным ВВ была заряжена вся скважина. Так как мощные ВВ значительно дороже относительно слабых аммонитов, необходимо найти некоторый оптимальный вариант конструкции заряда, при котором общая стоимость бурения и взрывания на 1 $м^3$ пород минимальна.

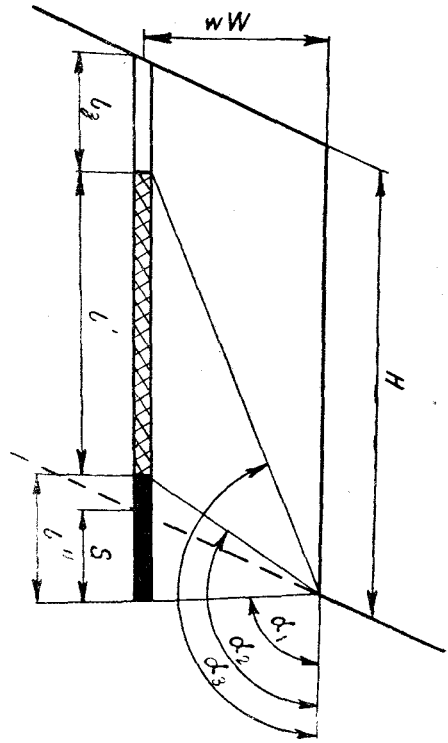


Рис. 2. Схема к расчету комбинированного заряда.

Нами выведена следующая зависимость преодолеваемой ЛНС от конструкции заряда (в относительных единицах):

$$w = \delta_1 Q_1 \sin\left(\frac{\alpha_3 - \alpha_1}{2}\right) + (\delta_2 Q_2 - \delta_1 Q_1) \sin\frac{\alpha_2 - \alpha_1}{2}, \qquad (1)$$

где δ_1 и δ_2 — плотность ВВ для верхней и нижней частей скважины;
Q_1 и Q_2 — относительная работоспособность ВВ.

Значения углов α_1, α_2 и α_3 ясны из рис. 2.

Стоимость отбойки 1 $м^3$ породы может быть выражена формулой

$$C = \frac{C_1 (H + S) + C_2' q' l' + C_2'' q'' l''}{Hm (wW)^2} \quad руб/м^3, \qquad (2)$$

где C_1 — стоимость бурения 1 *м* скважины, руб.;
H — высота уступа, *м*;
S — перебур скважин, $S = 0{,}35\, wW$;

C_2' и C_2'' — стоимости 1 *кг* ВВ, размещенных в верхней и нижней частях скважины, *руб/кг*;

q' и q'' — вместимость 1 *м* скважины для соответствующего ВВ, *кг*;

l' и l'' — длина зарядов ВВ в верхней и нижней частях скважины, *м*;

m — коэффициент сближения скважин, $m = 1$;

$l_з$ — длина забойки, *м*;

w — величина преодолеваемой ЛНС при ВВ типа аммонита № 6, относительная работоспособность которого принимается за 1: для наших условий $w = 3{,}5$ *м*.

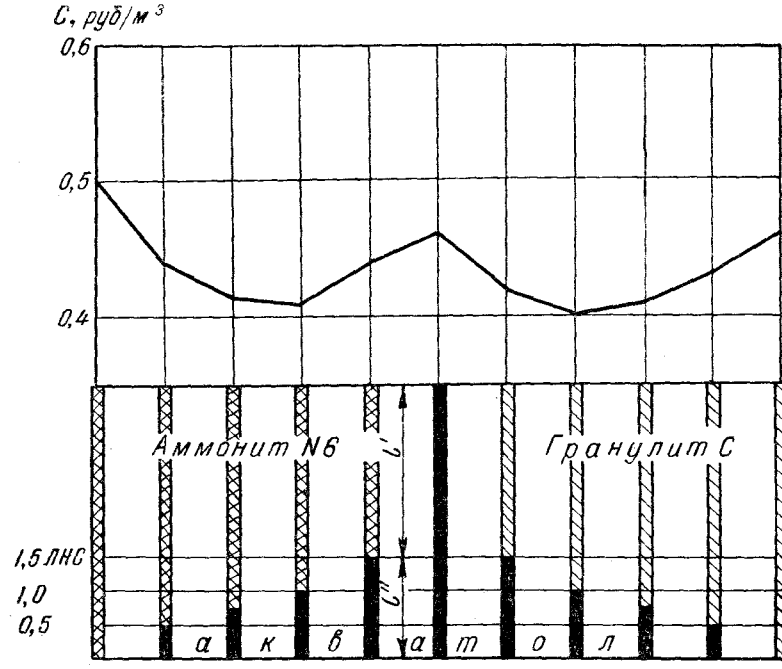


Рис. 3. Стоимость первичной отбойки гранита в зависимости от конструкции заряда.

Подставляя значения w из формулы (1) в формулу (2), найдем стоимости отбойки при различных конструкциях заряда. На рис. 3 эти значения показаны графически. Для заряжания верхней части скважин приняты аммонит № 6 и гранулит С, для нижней части — акватол. Стоимость аммонита № 6 126 *руб/т*, гранулита С 100 *руб/т* и акватола 200 *руб/т*; стоимость 1 *м* скважины 4 руб. 58 коп. (по калькуляции Ленвзрывпрома).

Из рис. 3 видно, что при комбинированной конструкции заряда (когда акватолом заряжается нижняя часть скважин на высоту, равную ЛНС) стоимость отбойки 1 $м^3$ гранита минимальна.

Выводы

1. Отбойка гранитов наклонными скважинными зарядами улучшает качество подошвы уступа, что приводит к увеличению производительности горнотранспортного оборудования и улучшению показателей буровзрывных работ за счет устранения работ по подработке порогов.

2. Комбинированная конструкция зарядов дает возможность снизить себестоимость отбойки гранита.