Записки Ленинградского орденов Ленина и Трудового Красного Знамени горного института им. Г. В. Плеханова, т. LIX, вып. 1, 1969 г.

О МЕТОДИКЕ И ТОЧНОСТИ МАРКШЕЙДЕРСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ БУРОВЗРЫВНЫХ РАБОТ

С. П. Павлов

При обслуживании буровзрывных работ в карьере маркшейдеру необходимо определять фактическое положение взрываемого уступа и фактические параметры буровзрывных работ и характеристику структурных особенностей (трещиноватости) горного массива.

Как известно, основным графическим документом на взрыв является план взрываемого блока, составленный по съемкам. Последние должны обеспечить достаточную точность исходных данных для расчетов параметров взрыва, в том числе величины линии наименьшего сопротивления (ЛСПП) и расстояния между зарядами.

За допустимую ошибку съемки контуров принимается $\pm 0{,}8$ *мм* на плане [4] или $\pm 0{,}6$ *м* [5]. Точность разбивки скважин относительно верхней бровки уступа $\pm 0{,}3$ *м* [3] или $\pm 0{,}4$ *м*. Единого толкования допустимой точности съемки при обслуживании буровзрывных работ не существует. Указанные нормы не учитывают специфики производства маркшейдерских съемок при обслуживании буровзрывных работ, а следовательно, не могут служить руководством для маркшейдера.

Определим допустимую точность определения размеров ЛСПП и расстояния между зарядами, используя наиболее употребительную формулу расчета величины заряда

$$Q = qawH,$$

где q — удельный расход ВВ, *кг/м*³; a — расстояние между зарядами, *м*; w — линия сопротивления по подошве, *м*; H — высота уступа, *м*.

Средняя ошибка функции нескольких величин, как известно, будет

$$m_Q^2 = \left(\frac{\partial Q}{\partial q}\right)^2 m_q^2 + \left(\frac{\partial Q}{\partial a}\right)^2 m_a^2 + \left(\frac{\partial Q}{\partial w}\right)^2 m_w^2 + \left(\frac{\partial Q}{\partial H}\right)^2 m_н^2,$$

$$m_Q^2 = (a^2H^2w^2)\,m_q^2 + (q^2w^2H^2)\,m_a^2 + (q^2a^2H^2)\,m_w^2 + (q^2a^2w^2)\,m_н^2.$$

Считая, ввиду равноточности измерений, что $m_a = m_w = M$, получим

$$M^2 = \frac{m_Q^2 - a^2w^2\,(H^2m_q^2 + q^2m_н^2)}{q^2H^2\,(w^2 + a^2)}.$$

После некоторого преобразования и упрощения

$$M = aw\sqrt{\frac{m_{Q_0}^2 - m_{q_0}^2 - m_{н_0}^2}{a^2 + w^2}}, \qquad (1)$$

где m_{Q_0}, m_{q_0}, $m_{н_0}$ — относительные ошибки определения Q, q, H.

Приведем величины M для ряда карьеров, рассчитанные по формуле (1) (принимается, что допустимая ошибка определения высоты уступа $\pm 0{,}2$ *м*):

Рудопроявления	Средние значения						
	H, *м*	w, *м*	a, *м*	q, *кг/м*³	Q, *кг*	$\frac{\Delta Q}{Q}$	M, *м*
Бакальское	14,5	7,5	4,0	0,43	435	0,046	0,13
Высокогорское	11,0	8,0	4,5	0,60	264	0,076	0,29
Лебяжинское	11,0	8,5	4,0	0,38	142	0,141	0,51
Гороблагодатское . . .	12,0	11,0	4,0	0,40	211	0,095	0,33
Богословское	7,0	8,0	3,0	0,40	67	0,299	0,84
Первоуральское	12,0	10,0	3,0	0,54	194	0,103	0,30
Союзасбест	10,0	8,0	4,0	0,35	112	0,178	0,64
Завод „Магнезит“ . . .	15,0	6,0	4,0	0,47	146	0,137	0,46
Карьер „Спартак“ . . .	16,0	6,0	6,0	0,50	278	0,072	0,29
Среднее						0,128	0,40

Высота уступа определяется по разности отметок верхней и нижней площадок. Поэтому средняя ошибка определения высоты уступа будет

$$m_н = m_h \sqrt{2} \ldots 0{,}064 \div 0{,}16.$$

Данные по точности маркшейдерских съемок буровзрывных работ

Карьеры	Ошибка определения отметки устья скважины по результатам двойных измерений, *м*		Средняя величина фактического отклонения количества ВВ в скважине от расчетного, %	Ошибка определения планового положения устьев скважин по результатам двойных измерений, *м*	
	средняя	максимальная		средняя	максимальная
Котсельваара, к-т Печенганикель	0,110	0,7	—	0,64	2,75
Оленегорский	0,045	0,1	38	0,11	0,80
Железный, Ковдорский ГОК	0,056	0,1	10	—	—
Ждановский	0,090	0,3	кратная весу мешка	0,50	0,24

Учитывая, что погрешность определения отметки подошвы уступа имеет большую величину, для указанных подсчетов принимаем наиболее вероятное значение m_H, равное $\pm 0{,}2$ *м*. Средняя величина удельного расхода ВВ определяется на основании практических данных с точностью $\pm 0{,}01$ *кг/м*^{3}. Колебания ее отдельных значений относительно среднего носят случайный характер. Погрешность зарядки скважин заданным количеством ВВ m_Q, исходя из принятой на карьерах технологии работ, определяется количеством ВВ, заключенным в одной таре. Порошкообразные ВВ поставляются в мешках весом по 40 *кг*. При зарядке скважин можно мешок разделить на 2 части, т. е. точность зарядки составит ± 20 *кг*.

Относительные погрешности указанных показателей для выбранных карьеров составят $m_{H_0} = 1{,}2—2{,}8$, $m_{q_0} = 1{,}7—3{,}0$, $m_{Q_0} = 4{,}6—30\%$. Последняя расчетная величина вполне согласуется с практическими данными эксплуатации карьеров (таблица).

Допустимая ошибка определения ЛСПП и расстояний между зарядами изменяется от $\pm 0{,}13$ до $\pm 0{,}84$ *м*, составляя в среднем $\pm 0{,}4$ *м*. Необходимо отметить тесную взаимосвязь точности маркшейдерских измерений и технологической точности зарядки скважин: чем больше погрешность зарядки, тем меньше точность маркшейдерских измерений. Так, для Богословского карьероуправления, принимая среднюю величину ошибки определения w и a $\pm 0{,}4$ *м*, необходимо заряжать скважины с точностью $\pm 0{,}9$ *кг*.

Однако точность $\pm 0{,}4$ *м* в целом ряде случаев трудновыполнима. Если же исходить из инструктивных требований (точность планового положения пикетной точки $\pm 0{,}6$ *м*), то ожидаемая ошибка определения w и a будет $\pm 0{,}6\sqrt{2} = \pm 0{,}84$ *м*. При этом в большинстве случаев можно уменьшить точность зарядки скважин. К примеру, для условий известнякового карьера «Спартак» допустимая относительная точность зарядки скважин составит в этом случае 0,27 или 75 *кг*.

Основываясь на фактических данных, по ошибке определения планового положения устьев скважин на карьерах можно считать, что в ряде случаев она недопустимо велика и составляет $0{,}11 \div 0{,}64\ \sqrt{2} = 0{,}15 \div 0{,}91$ *м*.

Следовательно, вопрос точности маркшейдерского обслуживания буровзрывных работ тесно связан с технологией их производства и в каждом конкретном случае этот вопрос целесообразно решать путем указанного предрасчета, определяя при этом технически возможную точность маркшейдерских съемок и соответствующую ей технологию зарядки скважин.

К проекту на взрыв маркшейдером должны быть получены средние значения азимутов простирания (падения) систем трещин и блочность массива по естественным трещинам. Вопрос о необходимом числе замеров параметров трещиноватости применительно к взрывным работам в настоящее время не решен. Следует отметить, что представительность замеров определяется степенью изменчивости данного параметра и величиной допустимой погрешности его определения.

Допустимую погрешность определения средних значений азимутов систем трещин можно определить исходя из выражения Дж. Райнхарда [2]. В результате опытов установлено, что количество движения взрывной волны, передаваемое через поверхность раздела, расположенную под углом α к фронту,

$$M_\alpha = M_0 \cos \alpha,$$

где M_0 — количество движения взрывной волны, передаваемое через граничную поверхность, когда $\alpha=0$.

Количество движения взрывной волны создается определенным количеством взрываемого ВВ. Следовательно, изменение количества взрываемого ВВ в результате поворота действия взрыва относительно трещины также будет происходить по кривой косинуса.

Применяя методику расчета средней ошибки функции нескольких величин, можно доказать, что

$$\frac{\rho^{\circ} m_Q}{Q} = m_\alpha = \rho^{\circ} m_{Q_0},$$

где m_α — допустимое отклонение азимутов простирания трещин от направления рядов скважин.

Как установлено выше, относительная погрешность зарядки скважин изменяется от 0,05 до 0,3. Для того чтобы изменение количества взрывной энергии из-за непараллельности рядов скважин и трещин не выходило за пределы изменений за счет погрешности зарядки скважины, допустимое отклонение азимутов простирания и рядов не должно превышать 3—17°.

Пользуясь полученным допуском, определим необходимую частоту замеров для условий взрывания известняков месторождений строительного камня Коми АССР.

Ввиду отсутствия какой-либо связи для данных месторождений изменения средних значений азимутов простирания систем трещин с залеганием пород, можно считать, что эти изменения в пределах месторождения носят случайный характер (рис. 1). Для графического изображения результатов замеров нормальносекущих трещин достаточно использовать гистограмму распределения азимутов простирания или падения трещин, на которой каждая система будет представлена эмпирической кривой частостей, приближающейся к кривой нормального распределения. Гистограмма дает наглядное представление, но можно использовать и числовой вариационный ряд. В обоих случаях границы систем трещин предварительно определяются в точках минимальных значений частостей. Определение средних значений систем трещин, среднеквадратических отклонений, ошибок среднего производится обычными в вариационной статистике методами.

Необходимое число замеров трещин на точке можно определить из известного выражения

$$n = \frac{t^2\sigma^2}{\Delta^2},$$

где t — коэффициент вероятности; σ — среднее квадратическое отклонение азимутов простирания трещин от среднего системы $\Delta = m_\alpha$.

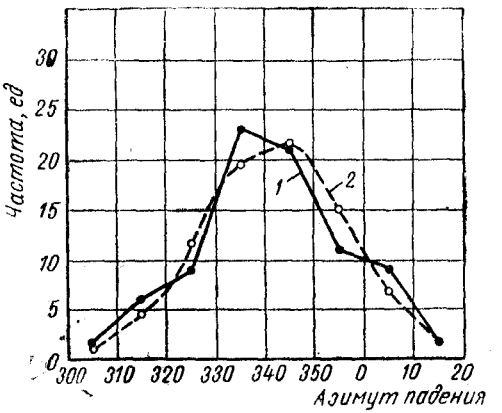


Рис. 1. Распределение азимутов падения системы трещин Седьюского месторождения.
Кривые: *1* — эмпирическая; *2* — теоретическая

Необходимая частота замеров в пределах месторождения определяется из выражения

$$S_т = \frac{S\Delta^2}{t^2\sigma^2},$$

где S — площадь месторождения, $м^2$. К примеру, для Бельгопского месторождения среднее квадратическое отклонение средних значений систем в точках замеров от среднего по месторождению составляет 8—15°, для Седьюского 8—10°. Отсюда

$$S_{т_Б} = \frac{480000 \cdot 50}{4 \cdot 225} = (150 \times 150)\ м, \quad S_{т_С} = \frac{150000 \cdot 49}{4 \cdot 100} = (130 \times 130)\ м,$$

Следовательно, для определения средних значений систем трещин необходимо проводить замеры трещин в действующем забое карьера при продвижении его на каждые 130—150 *м*. При этом на каждой точке выполняется для одной системы до 40 замеров.

Существующие методы оценки естественной блочности сводятся к определению среднего размера отдельности. Однако распределение естественных отдельностей по фракциям и изменение этого показателя в пределах месторождения представляет определенный интерес.

Для составления прогнозной карты блочности в пределах месторождения целесообразно использовать данные разведочного бурения, так как по кернам можно определять мощность слоев в данном разрезе [1].

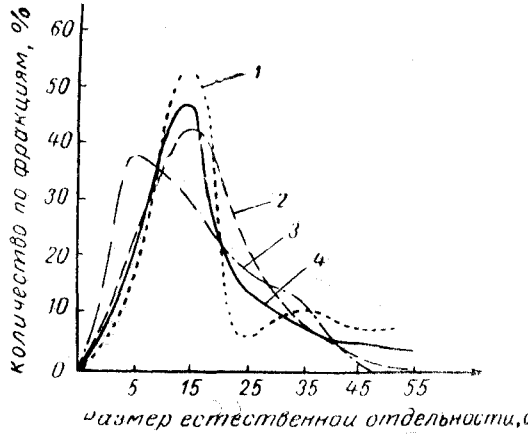


Рис. 2. Кривые распределения естественной отдельности и взорванной горной массы (Бельгопское месторождение известняков):
1 — распределение расстояний между нормальносекущими трещинами; *2* — распределение слоев по мощности; *3* — распределение кусков взорванной горной массы; *4* — распределение среднего размера куска естественной отдельности

В результате изучения зависимости частоты нормальносекущих трещин и мощности слоев для известняков месторождений Коми АССР установлено, что последняя определяется из выражения *

* Павлов С. П. О трещиноватости известняков месторождений Коми АССР. Зап. ЛГИ, т. LIX, вып. 1, 1969.

$$n = \frac{9}{m_c} \text{ или } l_{тр} = 1 \cdot 1 m_c, \qquad (2)$$

где $l_{тр}$ — среднее расстояние между нормальносекущими трещинами, *м*.

Пользуясь выражением (2), по данным определения мощности слоев по кернам можно построить кривую распределения в данном разрезе средних расстояний между нормальносекущими трещинами. В процессе эксплуатации эти кривые целесообразно строить по данным непосредственных замеров мощностей слоев и расстояний между нормальносекущими трещинами (рис. 2).

Кривая *4* будет являться кривой распределения средних размеров кусков естественных отдельностей. Сопоставляя последнюю с кривой распределения кусков взорванной горной массы, можно отметить, что в результате взрыва происходит незначительное дробление монолитной части интенсивно трещиноватых пород, образование кусков происходит в основном по естественным трещинам при некотором переизмельчении в непосредственной близости от заряда.

ЛИТЕРАТУРА

1. Жаканов Ш. Ж., Шрубко С. А. Методика учета структурных элементов горных пород при разведке и разработке месторождений полезных ископаемых. В кн: «Проблемы механики горных пород», 1966.
2. Райнхард Дж. С. Действие волн напряжений в горных породах. В кн.: «Разрушение и механика горных пород». Госгортехиздат, 1962.
3. Справочник маркшейдера, ч. II. Металлургиздат, 1955.
4. Техническая инструкция по производству маркшейдерских работ. Углетехиздат, 1959.
5. Дополнение к Технической инструкции по производству маркшейдерских работ. Углетехиздат, 1960.