

технологического уровня для металлургии электросталей, железных порошков и ферритов.

Список литературы

1. **Ломовцев Л.А.** Технология комплексной переработки и использования богатых руд КМА. / Ломовцев Л.А., Максимов А.В., Журавлев Ф.М. и др. // Горный журнал. 1995. -№1. -С. 39-42
2. **Бабичев Н.И., Николаев А.Н.** Скважинная гидротехнология – новый способ освоения земных недр. / Горный журнал, -1995, -№1, -С. 14-18.
3. **Шавловский С.С.** Основы динамики струй при разрушении горного массива. –М.: Наука, 1979. -173 с.
4. **Никонов Г.П., Кузьмич И.А., Гольдин Ю.А.** Разрушение горных пород струями воды высокого давления. – М.: Недра, 1986. -143 с.
5. **Аренс В.Ж.** Физико-химическая геотехнология. -М.: Изд-во МГГУ, 2001. -655 с.
6. **Тарасюгин В.М.** Горнотехнологическое обеспечение безопасной выемки рыхлосвязанных маргитовых руд глубоких горизонтов месторождений Кривбасса // Охорона праці та навколишнього середовища на підприємствах гірничо-металургійного комплексу: Збірник наукових праць. –Кривий Ріг.: ДП «НДІБПГ». – 2008. –Вип. 9. -С. 19-30.,
7. **Тарасюгин В.М.** Обоснование безопасного и эффективного процесса гидромониторного разрушения богатых железных руд через скважины // Охорона праці та навколишнього середовища на підприємствах гірничо-металургійного комплексу: Збірник наукових праць. – Кривий Ріг.: ДП «НДІБПГ». –2010. –Вип. 11. -С. 84-94.

УДК 622.8: 622.23.02

В.Я. ТАРАПАТА, канд. техн. наук, Криворожский технический университет
Ф.И. КАРАМАНИЦ, В.С. РИЧКО, Ю.А. ПЛУЖНИК,
ПАО «Кривбассжелезрудком»

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОЧНОСТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК МАССИВА ГОРНЫХ ПОРОД И ЕГО ТРЕЩИНОВАТОСТИ СЕЙСМИЧЕСКИМ МЕТОДОМ

Разработан и апробирован опытный образец сейсмоакустического прибора для определения физико-механических характеристик массива горных пород

Розроблений і апробований дослідний зразок сейсмоакустичного приладу для визначення фізико-механічних характеристик масиву гірських порід

Знание физико-механических свойств горных пород необходимо для обоснования геометрических параметров систем разработки, оценки устойчивости массива пород, их прочностных характеристик, расчета вида крепи и буровзрывных работ.

При определении физико-механических характеристик горных пород используются статический и динамический методы испытаний.

Наибольшее распространение получил статический метод, который по технологии производства является довольно трудоемким, требует мощного оборудования, тщательной подготовки образцов к испытаниям.

Преодолеть эти недостатки во многом позволяет динамический метод, с помощью которого физико-механические свойства пород определяются непосредственно в массиве. Характерной особенностью сейсмического метода является то, что результаты испытаний получают не в виде непосредственных значений свойств пород, а в виде косвенных показателей – скорости или времени распространения упругих волн, собственной частоты колебаний исследуемого образца или горного массива.

В скальных массивах решающее влияние на устойчивость выработок оказывает трещиноватость горных пород. Раздробленность массива системами трещин приводит к возникновению эффекта структурного ослабления, который проявляется в снижении прочности трещиноватого массива, по сравнению с прочностью образца. На величину структурного ослабления оказывают влияние ориентировка трещин, интенсивность трещиноватости, сцепление по трещинам.

Предельные напряжения на сжатие имеют связь с сцеплением, которое выражается эмпирической зависимостью [1].

$$K = (0,4 \div 0,5) \sigma_{сж} \operatorname{tg} \left(45 - \frac{\varphi}{2} \right), \quad (1)$$

где $\sigma_{сж}$ - сопротивление одноосному сжатию Н/м²;

φ - угол внутреннего трения.

Трещиноватость пород массива и качество межтрещиноватых контактов можно оценить сейсмическим методом, используя геофизические показатели трещиноватости B_e и K [2].

$$B_e = \left(\frac{V_{po}}{V_{pi}} \right)^2 - 1 \quad (2)$$

$$K = \left(\frac{\mu_i}{\mu_o} \right) \quad (3)$$

где: V_{po} - скорость продольной сейсмической волны в отдельностях, слагающих массив;

V_{pi} - скорость продольной волны в направлении i ;

μ_i и μ_o - коэффициенты Пуассона в нарушенном и сохранным массиве соответственно.

В окрестностях подземных горных выработок в массиве, после пробуривания скважины в начале определяют местоположение чередующихся концентрически расположенных вокруг выработок трещиноватых и ненарушенных зон (зон дезинтеграций). Исходя из этих данных определяют тип крепи для горных выработок.

Для руд и железистых кварцитов установлена зависимость между скоростью распространения продольных волн и временным сопротивлением одноосному сжатию [3].

Уравнение имеет вид степенной функции

$$C_p = 340 + 24,4 \cdot 10^{-3} \sigma_{сж} \quad (4)$$

где C_p - скорость распространения продольной волны.

Приближенная оценка прочности руд и пород может быть определена по следующей формуле [3]

$$\sigma_{сж} = 11,2 (C_p)^{11,96} \quad (5)$$

Зависимость между продольной волной и крепостью f имеет вид степенной функции

$$C_p = 340 + 736 \cdot f^{0,64} \quad (6)$$

График зависимости скорости продольных волн от крепости f построен по данным представленным в работах [3,4] (рис. 1). Скорость прохождения импульсной звуковой волны определяется по формуле

$$C_p = \ell / t, \text{ м/сек} \quad (7)$$

где ℓ - длина базы измерений, м; t - время прохождения импульсов через массив, сек.

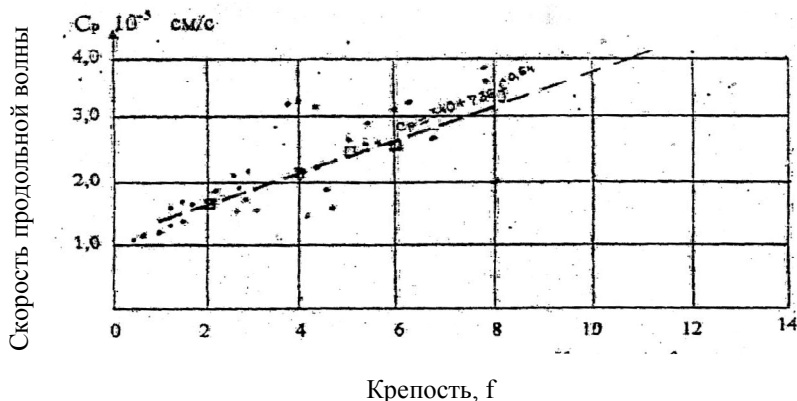


Рис. 1. График зависимости скорости продольных волн от крепости f

На рис. 2 показан сейсмоакустический зонд состоящий из двух датчиков соединенных между собой специальной штангой. С помощью такой штанги можно менять шаг профилирования от 1 до 2 м.

Датчики разработаны под скважину диаметром 105 мм. Он состоит из корпуса, где размещен пьезодатчик, который в скважине на определенной глубине при помощи пневматической системы прижимается к стенке, создавая акустический контакт.

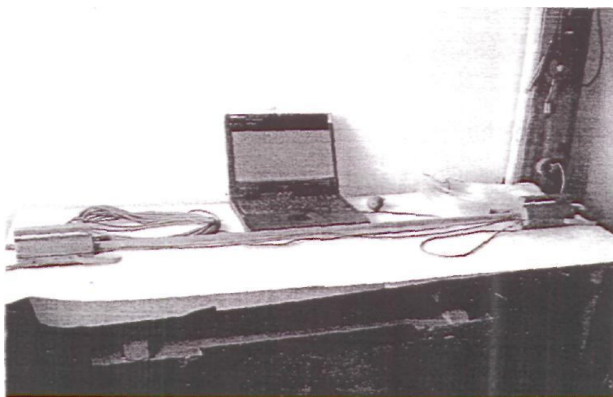


Рис. 2. Сейсмоакустический зонд

С помощью высокочастотного кабеля датчики подключают к ноутбуку. Высокую точность определения скорости упругих волн в скважине можно получить методом продольного профилирования.

Для этого в скважину с помощью штанг помещают сейсмоакустический зонд и пьезодатчики. На заданной базе (1-2 м) прижимают к стенке скважины. Создают импульс (удар, взрыв детонатора), который фиксируют пьезодатчики и по высокочастотному кабелю попадают в ноутбук записывая информацию на двух каналах. По формуле (7) при заданной длине базы измерения ℓ и времени прохождения импульсов через массив t определяют скорость продольной волны. Затем по формулам (5; 6) определяют прочность и крепость рудного массива.

Проведены лабораторные испытания разработанной аппаратуры на бетонных сваях (скорость прохождения волн 3200-4000 м/с), где скорость составила в среднем 3390 м/с.

Результаты шахтных сейсмоакустических измерений скорости продольных волн в блоке 144-149 гор. 1152 м представлены в таблице.

Таблица 1

Результаты шахтных сейсмоакустических измерений скорости продольных волн в блоке 144-149 гор. 1152 м на ш. «Октябрьская»

| № | Расстояние закладки прибора от устья скважины, S, м. | Расстояние между датчиками прибора, база. S. м. | Частота дискретирования (норма отбора), Гц | Битовая глубина bit. | Кол-во импульсов, N. | Время N импульсов, дельта t, сек. $\Delta t = \frac{N}{\nu}$ | Скорость прохождения звуковой волны в породе. V, м/сек. $V = \frac{S}{\Delta t}$ | Крепость, f |
|---|--|---|--|----------------------|----------------------|--|--|-------------|
| | Скважина 35° | | | | | | | |
| 1 | 1,5 | 2.0 | 22050 | 24 | | | | |
| 2 | 3,0 | 2.0 | 22050 | 24 | | | | |
| 3 | 4,5 | 2.0 | 22050 | 24 | 21 | $9,5 * 10^{-4}$ | 2100,0 | 4.5 |

Продолжение таблицы 1

| № | Расстояние за- кладки прибора от устья скважи- ны, S, м. | Расстояние между датчиками прибора, база. S, м. | Частота дискрип- тов (норма отбора), Гц. | Битовая глубина бит. | Кол-во импульсов, N. | Время N импульсов, дельта t, сек. $\Delta t = \frac{N}{\nu}$ | Скорость прохождения звуковой волны в по- роде. V, м/сек. $V = \frac{S}{\Delta t}$ | Кр еп ость , f |
|----|---|---|--|-------------------------|-------------------------|--|--|-------------------------|
| 4 | 6,0 | 2,0 | 22050 | 24 | 12 | $5,4 * 10^{-4}$ | 3675,0 | 9,5 |
| 5 | 7,5 | 2,0 | 22050 | 24 | 14 | $6,3 * 10^{-4}$ | 3150,0 | 8,0 |
| 6 | 8,5 | 2,0 | 22050 | 24 | 8 | $3,6 * 10^{-4}$ | 5512,5 | |
| | Скважина 47° | | | | | | | |
| 7 | 1,5 | 2,0 | 22050 | 24 | 21 | $9,5 * 10^{-4}$ | 2100,0 | 4,5 |
| 8 | 3,0 | 2,0 | 22050 | 24 | 18 | $8,1 * 10^{-4}$ | 2450,0 | 5,5 |
| 9 | 4,5 | 2,0 | 22050 | 24 | 24 | $10,8 * 10^{-4}$ | 1837,5 | 2,5 |
| 10 | 6,0 | 2,0 | 22050 | 24 | 95 | $43 * 10^{-4}$ | 464,2 | 1,0 |
| 11 | 7,5 | 2,0 | 22050 | 24 | 33 | $14,9 * 10^{-4}$ | 1336,4 | 1,0 |
| 12 | 9,0 | 2,0 | 22050 | 24 | | | | |
| 13 | 10,5 | 2,0 | 22050 | 24 | 40 | $18,1 * 10^{-4}$ | 1102,5 | 1,0 |
| 14 | 11,5 | 2,0 | 22050 | 24 | 30 | $13,6 * 10^{-4}$ | 1470,0 | 1,5 |
| | 9 ввер, скважина 41° | | | | | | | |
| 15 | 1,5 | 2,0 | 22050 | 24 | 41 | $18,5 * 10^{-4}$ | 1075,6 | 1,0 |
| 16 | 3,0 | 2,0 | 22050 | 24 | 103 | $46,7 * 10^{-4}$ | 428,2 | 1,0 |
| 17 | 4,5 | 2,0 | 22050 | 24 | 26 | $11,8 * 10^{-4}$ | 1696,2 | 2,5 |
| 18 | 6,0 | 2,0 | 22050 | 24 | 105 | $47,6 * 10^{-4}$ | 420,0 | 1,0 |
| 19 | 7,5 | 2,0 | 22050 | 24 | | | | |
| 20 | 9,0 | 2,0 | 22050 | 24 | 18 | $8,1 * 10^{-4}$ | 2450,0 | 5,5 |
| 21 | 10,5 | 2,0 | 22050 | 24 | 110 | $49,8 * 10^{-4}$ | 400,9 | 1,0 |
| 22 | 12,0 | 2,0 | 22050 | 24 | 36 | $16,3 * 10^{-4}$ | 1225,0 | 1,0 |
| 23 | 13,5 | 2,0 | 22050 | 24 | | | | |
| 24 | 15,0 | 2,0 | 22050 | 24 | | | | |
| | 10 ввер 47° | | | | | | | |
| 25 | 1,5 | 2,0 | 22050 | 24 | 29 | $13,1 * 10^{-4}$ | 1520,7 | 2,0 |
| 26 | 3,0 | 2,0 | 22050 | 24 | | | | |
| 27 | 4,5 | 2,0 | 22050 | 24 | 45 | $20,4 * 10^{-4}$ | 980,0 | 1,0 |
| 28 | 6,0 | 2,0 | 22050 | 24 | | | | |
| 29 | 7,5 | 2,0 | 22050 | 24 | | | | |
| 30 | 9,0 | 2,0 | 22050 | 24 | 80 | $36,3 * 10^{-4}$ | 551,3 | 1,0 |
| 31 | 10,5 | 2,0 | 22050 | 24 | 37 | $16,8 * 10^{-4}$ | 1191,9 | 1,0 |
| 32 | 12,0 | 2,0 | 22050 | 24 | | | | |
| 33 | 13,5 | 2,0 | 22050 | 24 | | | | |

Таким образом, разработанная сейсмоакустическая аппаратура позволя-
ет определить прочностные характеристики горного массива и его трещино-

ватость с меньшей трудоемкостью, повышая степень надежности опытных данных.

Список литературы

1. **Ю.И. Туринцев.** Прочность скальных горных пород в массиве. Изв. вузов, Горн. Ж. 1966. -№7.
2. **Н.Н. Мельников, Ю.А. Епимахов, Н.Н. Абрамов.** Научные основы интенсификации введения большепролетных подземных сооружений в скальном массиве – Апатиты: Издательство Кольского научного центра РАН, 2008.
3. **В.Т. Глушко, В.Г. Борисенко.** Инженерно - геологические особенности железорудных месторождений. –М.: «Недра», 1978.
4. Типовые проекты формы технического расчета массового взрыва и методические указания по их составлению. –НИГРИ, 1977.

УДК 622.235

А.П. СТАНКОВ, аспирант, Криворожский технический университет

ВЛИЯНИЕ МАСШТАБА ВЗРЫВА И УДЕЛЬНЫХ ЗАТРАТ ЭНЕРГИИ НА КАЧЕСТВО ДРОБЛЕНИЯ ВЗОРВАННЫХ ПОРОД

Основываясь на общепринятых представлениях о механизме разрушения горных пород, приведены аналитические зависимости, позволяющие решать технологические задачи буровзрывного комплекса.

Ґрунтуючись на загальноприйнятих уявленнях про механізм руйнування гірських порід, наведені аналітичні залежності, які дозволяють вирішувати технологічні завдання буро-вибухового комплексу.

Ключевые слова: масштаб взрыва, удельные затраты энергии, буро-взрывные работы, взорванные породы.

Проблема и ее связь с научными и практическими задачами. Известно, что качество дробления горных пород взрывом зависит во многом от масштаба взрыва. Однако, каких либо зависимостей, в этом плане, которые позволили бы решать технологические задачи, нет.

Постановка задачи. Целью данной работы является проведение аналитических исследований по влиянию удельных затрат энергии на качество дробления взорванных пород.

Изложения материала и результаты. Гранулометрический состав взорванной массы наилучшим образом описывается широко известным двухпараметрическим уравнением Розина-Раммлера:

$$\gamma_{+n} = e^{-\left(\frac{H}{d_{cp}}\right)^n}, \quad (1)$$

где γ_{+n} - весовой выход кусков (в долях единицы) размерами больше 400 мм;

d_{cp} - диаметр среднего куска, мм;

n - показатель рассеяния значений кусков вокруг среднего.