УДК 622.271.3

А.А.ИВАНОВСКИЙ
Горный факультет, аспирант кафедры разработки месторождений открытым способом и разрушения горных пород

ОЦЕНКА ИНТЕНСИВНОСТИ СЕЙСМОВЗРЫВНЫХ КОЛЕБАНИЙ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ МАССОВЫХ ВЗРЫВОВ НА КАРЬЕРЕ КАМЕННОГОРСКОГО КАРЬЕРОУПРАВЛЕНИЯ

Представлены результаты исследования воздействия сейсмовзрывных колебаний на здания и сооружения при производстве взрывных работ на карьерах Каменногорского карьероуправления. По результатам анализа замеров сейсмовзрывных колебаний, зарегистрированных станцией сейсмического контроля, выполнена прогнозная оценка интенсивности сейсмовзрывных колебаний и дан ряд рекомендаций по ее снижению с помощью изменения схемы взрывания и регулирования времени замедления. Оценка проводилась на основе сейсмограмм массовых взрывов, проведенных в течение 2001 г.

In work the results of research of influence blastseismik of fluctuations on buildings and structures are submitted by manufacture of explosive works on the open–cast mine of Kamennogorsk. As a result of the analysis of results of gaugings blastseismik of fluctuations registered the station of the seismic control executes прогнозная an estimation of intensity blastseismik of fluctuations and a line of the recommendations on to decrease with the help of change of the circuit blast and regulation of time of delay is given. The estimation was carried to form the basis of seismogramm blast, explosions made within 2001.

Оценка интенсивности сейсмовзрывных колебаний при производстве взрывных работ на карьере Каменногорского карьероуправления (ККУ) производилась на основе сейсмограмм массовых взрывов, зарегистрированных автоматической станцией сейсмического контроля, установленной в четырехэтажном кирпичном здании административно-бытового комбината (АБК) Каменногорского карьероуправления. Считывание сейсмической информации с двух групп сейсмоприемников на фундаменте и верхнем этаже здания (по три в каждой точке для регистрации X, Y и Z составляющих) производится непрерывно. После превышения сигналом заданного уровня осциллограмма записывается в оперативную память машины, при распознавании записи как сейсмовзрывных колебаний производится запись на диск с указанием времени прихода сейсмического сигнала.

Расстояние от места проведения взрывных работ до АБК составляло от 1092 до 1804 м. Расстояние до охраняемого объекта в г. Каменногорске около 4400 км. Измеренные значения скорости сейсмовзрывных волн (СВВ), зарегистрированных станцией в 2001 г., приведены в таблице.

Как видно из приведенных в таблице результатов замеров, значения скорости сейсмических колебаний достигают 1,5 см/с. Большой разброс зарегистрированных значений скорости колебаний грунта в основании здания АБК объясняется двумя факторами: изменением расстояния от места взрыва до точки регистрации и ориентацией взрываемого блока по отношению к охраняемому объекту. Максимальное значение скорости колебаний грунта в основании здания АБК (1,5 см/с) опасно приближается к допустимой скорости колебаний в основании сооружений такого типа (1,6 см/с).

Результаты исследований на карьере ККУ позволяют дать прогнозную оценку интенсивности сейсмовзрывных колебаний

Параметры массовых взрывов, проведенных в гранитном карьере ККУ в 2001 г. и зарегистрированных автоматической станцией сейсмического контроля

Дата взрыва	Масса заряда ступени, кг	Число групп замедления	Масса заряда (общая), кг	Расстояние до АБК ККУ, м	Измеренное значение скорости (АБК ККУ), см/с	Расчетное значение скорости для Каменногорска, см/с
09.01	4800	9	23280	1770	0,29	0,07
03.02	4800	7	37360	1092	1,52	0,10
05.02	4200	9	25800	1654	0,49	0,11
17.02	4200	7	26400	1336	0,92	0,2
25.02	4800	10	33440	1769	0,54	0,13
03.03	4400	10	28644	1513	0,32	0,06
18.03	4000	9	22800	1684	0,16	0,04
23.03	4800	10	30000	1802	0,57	0,19
10.04	4000	9	24024	1649	0,35	0,08
14.05	4000	6	21000	1804	0,31	0,08
20.05	4000	7	22513	1491	0,32	0,06
29.06	3408	9	26114	1610	0,28	0,06
08.07	4780	10	37314	1702	0,24	0,05
15.07	4743	8	30030	1130	0,46	0,06
06.08	4923	9	32846	1442	0,39	0,07
18.08	5973	6	25498	1185	0,24	0,03
24.08	4842	10	34958	1591	1,48	0,20
28.08	4941	7	33470	1804	0,98	0,09
10.09	5500	7	30250	1183	0,15	0,02
22.09	5490	7	26906	1493	0,37	0,07

также в г. Каменногорске. Вся группа данных может быть аппроксимирована зависимостью [1,2]

$$U_К = U_{АБК}\left(\frac{r_{АБК}}{r_К}\right),$$

где $U_К$, $U_{АБК}$ – расчетное значение скорости колебаний грунта в районе г. Каменногорска и измеренное значение скорости колебаний грунта в основании здания АБК соответственно; $r_К$, $r_{АБК}$ – расстояния от места производства взрывных работ до АБК и г. Каменногорска соответственно.

Таким образом измеренные в 2001 г. значения скорости колебаний грунта в основании здания АБК Каменногорского карьероуправления достигают 1,5 см/с. Расчетные значения скоростей колебаний грунта превышают 0,2 см/с, что выше 2 баллов (ГОСТ 6249-52), допустимых для охраняемых зданий г. Каменногорска.

Закономерность распространения сейсмовзрывных волн проверялась при помощи формулы М.А.Садовского

$$U = k\left(\frac{\sqrt[3]{Q}}{r}\right)^n,$$

где Q – масса взрываемого заряда, кг; k – коэффициент пропорциональности; r – расстояние от точки наблюдения до места взрыва, м; n – показатель степени затухания колебаний, зависящий от свойств породы по профилю распространения сейсмовзрывных волн.

Коэффициенты k и n определялись сравнением результатов замеров. Первоначально [3] были получены следующие значения коэффициентов: $k = 370$, $n = 1$. При дальнейших исследованиях статистический анализ данных изменения скоростей колебаний при массовом взрыве позволил существенно уточнить эти значения: $k = 135 \pm 30$; $n = 1{,}22$.

Возрастание скорости колебаний массива при увеличении объема взрываемого ВВ контролировалось использованием полученных ранее [3] поправок к формуле М.А.Садовского. С учетом этих поправок формула примет вид:

$$U = 0{,}22(135 \pm 30)\, N \left(\frac{\sqrt[3]{Q}}{r}\right)^{1{,}22}.$$

Были установлены также экспериментальные зависимости, позволившие определить допустимую массу заряда в ступени замедления и суммарную массу заряда по действию СВВ. Для диагональных схем взрывания предельные скорости колебаний грунта

$$U = 135\left(\frac{\sqrt[3]{Q}}{r}\right)^{1{,}22};$$

допустимая масса заряда в ступени замедления

$$Q = \left(\frac{[U]}{165}\right)^{2{,}46} R^3 0{,}28 N^{0{,}6},$$

где Q – масса заряда в ступени замедления, кг; $[U]$ – допустимая скорость колебаний в основании сооружения, см/с; R – расстояние до места взрыва, км; N – число ступеней замедления.

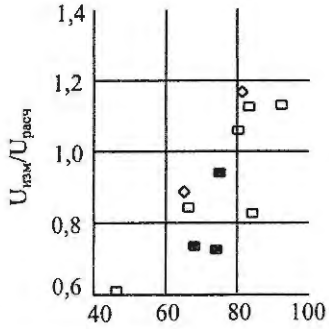
Выводы

1. Измеренные значения скорости колебаний грунта при проведении взрывов на карьере Каменногорского карьероуправления опасно приближаются к допустимому уровню колебаний для охраняемых зданий г. Каменногорска.

2. В отдельных случаях наблюдается существенное увеличение интенсивности сейсмического воздействия по сравнению со средней для данных параметров БВР. Для непрерывного контроля за интенсивностью воздействия массовых взрывов на здания и сооружения г. Каменногорска необходима установка автоматической станции сейсмического контроля (аналогичной установленной в АБК ККУ) в г. Каменногорске.

3. С целью дальнейшего снижения интенсивности воздействия массовых взрывов на здания и сооружения г. Каменногорска как по фактору сейсмических колебаний, так и по интенсивности возможно использование следующих мероприятий:

• взрывание скважин уменьшенного диаметра, что позволит снизить массу взрываемого блока и ступени замедления и суммарную массу заряда; как показал взрыв опытного блока, воздействие ударно-воздушных волн при таком взрыве практически отсутствовало;



Ориентация взрывной сети по отношению к охраняемому объекту

• при использовании диагональных и диагонально-волновых схем взрывания монтирование взрывной сети таким образом, чтобы линия взрываемого ряда была ориентирована вдоль направления на охраняемый объект, а направление распространения детонации по ряду – противоположно этому направлению; расчеты показывают, что в этом случае интенсивность воздействия должна снизиться не менее чем на 20 % (см. рисунок);

• снижение массы взрывов накладных зарядов ВВ при дроблении негабаритных блоков на карьере ККУ, учет ориентации взрываемого блока по отношению к зданиям г. Каменногорска.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Егоров М.Г.* Исследование безопасных параметров БВР. Л., 1983.

2. *Егоров М.Г.* Аппаратура с магнитной регистрацией для исследования сейсмовзрывных колебаний. М., 1982.

3. *Егоров М.Г.* Исследование сейсмического действия массового взрыва с целью повышения эффективности и безопасности взрывных работ / М.Г.Егоров, Ю.М.Мисник, А.Е.Сигачев. Л., 1976.

Научный руководитель д.т.н. проф. *М.Г.Менжулин*