

Ліквідацію свердловинних зарядів, що відмовили, дозволяється проводити розбиранням породи екскаватором з виключенням безпосереднього впливу ковша на «Гранеміт» відповідно до вимог НПАОП 0.00-1.17-92.

Висновки

Проаналізовано практичний досвід виготовлення та застосування в промислових умовах вибухової речовини «Гранеміт» на гранітних кар'єрах. Проведений аналіз компонентів «Гранеміту» дозволяє варіативно змінити складу в залежності від особливості підриваємих порід та технологічних потреб якості подрібнення.

Список використаних джерел

1. Кутузов Б. Н. Основные вопросы интенсификации процессов взрывания массивов горных пород при добыче полезных ископаемых // Взрывное дело / Б. Н. Кутузов. - 1984. - №86/43. - С. 5-10.
2. Барон В. Л. Техника и технология взрывных работ в США / В. Л. Барон, В. Х. Кантор. - М.: Недра, 1989. - 376 с.
3. Кук М. А. Наука о промышленных взрывчатых веществах / Пер. с англ., под ред. Г. П. Демидюка и Н. С. Бахаревица. - М.: Недра, 1980. - 453 с.
4. Шер Е. Н. Динамика развития зон разрушения при взрыве сосредоточенного заряда в хрупкой среде / Е. Н. Шер. - ФТПРПИ. - 2000. - № 5. - С. 42-46.

Стаття надійшла до редакції 15.10.2014 р.

УДК 622.235.432

А. А. Кузьменко, к. т. н., **О. Н. Чалайя**, к. т. н., **Д. В. Хлевнюк**, к. т. н.
(Институт Гидромеханики НАН Украины)

О КОЛИЧЕСТВЕ ФАКТИЧЕСКИ ВЗРЫВАЮЩИХСЯ ЗАРЯДОВ В ОДНОЙ ГРУППЕ

A. A. Kuzmenko, O. N. Chalaia, D. V. Khlevniuk (Institute of Hydromechanics NANU)

ABOUT THE NUMBER OF CHARGES ACTUALLY EXPLORE IN THE SAME GROUP

По результатам экспериментальных исследований сейсмического действия массовых взрывов (МВ) в карьерах определены условия несанкционированного взрывания в одной

группе большего количества зарядов, чем расчетное число, и разработана методика определения взорвавшейся максимальной массы взрывчатого вещества (ВВ) в отдельной группе скважинных зарядов.

Ключевые слова: скорость смещения, коэффициент сейсмичности, ступень замедления, номинальное и фактическое время срабатывания детонатора, эффективная масса скважинного заряда, количество зарядов.

За результатами експериментальних досліджень сейсмічної дії масових вибухів в кар'єрах визначено умови несанкціонованого підривання в одній групі більшої кількості зарядів, ніж розрахункове число, і розроблена методика визначення максимальної маси вибухової речовини, що підірвалася в окремій групі свердловинних зарядів.

Ключові слова: швидкість зсуву, коефіцієнт сейсмічності, ступінь уповільнення, номінальний і фактичний час спрацьовування детонатора, ефективна маса свердловинного заряду, кількість зарядів.

According to the results of experimental studies of mass explosion seismic action in quarries defined conditions unauthorized explosives in a group of more charges than the estimated number, and the method of determining the maximum mass of exploding explosive in a separate group of borehole charges.

Keywords: speed bias, coefficient seismicity, step slow, nominal and actual response time of the detonator, the effective mass of the downhole charge, quantity of charges.

Введение. Анализ современного состояния производства взрывных работ (ВР) показал, что дальнейший рост интенсивности и масштабов ВР сдерживается вредным влиянием на окружающую среду сейсмических волн, вызываемых взрывами. Во избежание такого действия сейсмических волн, а также в целях повышения эффективности взрывов необходимо: более точно определять параметры, интенсивность и допустимые уровни воздействия взрывов на окружающую среду. Последнее прямо пропорционально зависит от одновременно взорвавшейся массы заряда ВВ, а при короткозамедленном взрыве (КЗВ) – это масса отдельной группы зарядов (количество скважинных зарядов ВВ), взрывающихся в одной ступени замедления.

В промышленной сейсмике при КЗВ под отдельной группой зарядов подразумеваются те скважинные заряды, которые взрываются (их амплитуды колебаний суммируются) в промежуток времени, не превышающий сдвиг фаз, не более 90° . Этот промежуток времени незначительный и зависит от массы отдельного заряда и акустической жесткости грунта. При взрывном способе разработки скальных пород открытым способом он составляет 3-5 мс и поэтому точность определения времени замедления и фактическое количество взорвавшихся зарядов ВВ в одной ступени замедления приобретает важное значение.

Эта точность значительно повысилась в последние годы за счет применения неэлектрического способа инициирования зарядов с помощью волноводов типа Nonel. В Украине это системы «Імпульс» (Шосткинский завод «Імпульс») и «Прима-Ера» (Павлоградский химзавод). Появилась возможность

поскважинного инициирования зарядов, что обеспечило снижение сейсмического эффекта промышленных взрывов.

Однако при использовании систем неэлектрического инициирования фактические значения срабатывания детонаторов-замедлителей отличаются от их номинальных значений в поверхностной взрывной сети от 10 до 20%, а в внутрискважинных детонаторах от 5 до 10%. Интервалы замедлений при монтаже взрывной сети выбираются без учета разброса времени срабатывания детонаторов, что часто приводит к незапланированному взрыву большего количества скважинных зарядов в ступени замедления, что, в свою очередь, повышает сейсмический эффект взрыва в целом.

В последнее время появилось несколько публикаций по проблеме разброса времени срабатывания инициирующих устройств и влияния их на сейсмический эффект взрыва [1, 2, 3, 4]. Остановимся на анализе материала, представленного в работах [3, 4].

В учебном пособии [4] авторы говорят о сложностях при исследовании взрывных процессов в горном деле. А когда необходимо решить практическую задачу, определить сколько же взорвалось зарядов одновременно, используют не корректно формулу М.А. Садовского.

Не корректный подход заключается в следующем.

Измерения трехкомпонентным сейсмографом проводятся в одной точке.

Показатель затухания волнового процесса определяется не теоретически, или экспериментально, а назначается волевым решением и равным 1,5 для всех условий взрывания.

Коэффициент пропорциональности (коэффициент сейсмичности) рассчитывается по формуле М.А. Садовского на основе замеренной скорости смещения в одной точке, известных расстояний и массы заряда, а также назначенного волевым решением показателя затухания неизвестно какой волны или принимается значение предыдущих взрывов.

Для всех этих расчетов-манипуляций неправомерно используется векторная величина скорости смещения. Последняя обычно используется для характеристики устойчивости сооружения, как показатель накопления энергии взрыва, а взаимосвязь между массой заряда и параметрами сейсмозрывных волн (СВВ) определяются отдельными импульсами.

Авторы учебного пособия [4] не принимают во внимание, что воздействие от колебательного процесса может оцениваться модулем полного вектора скорости колебаний, если скорость смещения по составляющим колебаний (x, y, z) определена в одно и то же время [5, 6], в противном случае, скорость смещения может превысить истинную почти в 3 раза.

Не учитывая все ошибки, отмеченные выше, авторы работы при взрыве на одном из карьеров России насчитали 18 одновременно сдетонированных скважинных зарядов вместо двух запланированных.

Наши расчеты, основанные на неполных данных, позволяют утверждать, что на указанном карьере вместо двух запланированных одновременно взорвалось не более 4-5 зарядов.

Изложение материала исследований. Для получения минимальной интенсивности СВВ и качественного дробления горной породы детонаторы-замедлители СИН должны обеспечить минимальное отклонение интервалов времени инициирования зарядов от оптимальных, которые определены паспортом массового взрыва (МВ). На практике каждое номинальное время замедления имеет свое квадратическое отклонение, которое рассчитывается по формуле:

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}, \text{ где:} \quad (1)$$

x_i – i -й элемент выборки; \bar{x} – среднее арифметическое выборки.

С учетом (1) предельное значение времени замедления (мс) определяется по формуле:

$$t_{\Pi} = t_{\text{н}} \pm 2\sigma, \text{ где:}$$

$t_{\text{н}}$ – номинальное время срабатывания детонатора-замедлителя, мс;
 σ – среднеквадратическое отклонение, мс.

Время замедления устройств системы «Импульс» приведено в табл. 1.

Сотрудниками лаборатории сейсмической безопасности Института гидромеханики НАН Украины разработана методика определения количества взорвавшихся скважинных зарядов в одной группе (в одной ступени замедления), в том числе и с учетом незапланированных взрывов по причине разброса времени срабатывания детонаторов-замедлителей.

Методика состоит из двух частей. Первая – это анализ взрывной сети блока с учетом предельных значений времени срабатывания поверхностных и внутрискважинных детонаторов-замедлителей. Эта часть методики дает ответ на возможное количество несанкционированных взрывов зарядов ВВ в одной ступени замедления, а вторая часть методики, экспериментально-аналитическая, устанавливает истинное количество взорвавшихся зарядов. Нами разработано несколько вариантов второй части методики.

Таблица 1. Время замедления устройств СИН

Тип устройства	Номинальное время замедления, мс	Среднеквадратическое отклонение от номинального значения, мс	Предельное значение времени замедления, мс
УНС-П-0	0	-	0,1-3,0
УНС-П-15	15	2,0	11-19
УНС-П-25	25	2,5	20-30
УНС-П-40	40	3,5	33-47
УНС-П-65	65	4,5	56-74

Тип устройства	Номинальное время замедления, мс	Среднеквадратическое отклонение от номинального значения, мс	Предельное значение времени замедления, мс
УНС-П-105	105	5,0	95-115
УНС-П-150	150	6,5	137-163
УНС-П-200	200	8,0	184-216
УНС-С-100	100	5,0	90-110
УНС-С-150	150	6,5	137-163
УНС-С-200	200	8,0	184-216
УНС-С-250	250	10,0	230-270
УНС-С-300	300	11,0	278-322
УНС-С-350	350	12,0	326-374
УНС-С-400	400	12,0	376-424
УНС-С-450	450	12,0	426-474
УНС-С-500	500	12,0	476-524

Рассмотрим применение разработанной методики на примере МВ в Рокитнянском гранитном карьере 30.07.14г.

На рис. 1 представлена схема взрывной сети взрываемого блока №20 на горизонте +136м. Общая масса заряда 4750 кг анемикса- 70 была размещена в 43 скважинах диаметром 125 мм. Масса одного скважинного заряда 110,5 кг, сетка скважин 4,8×4,2 м. Система инициирования зарядов – НЭСИ. Интервалы замедления по основному волноводу – 42 мс, по диагональным рядам – 67 мс.

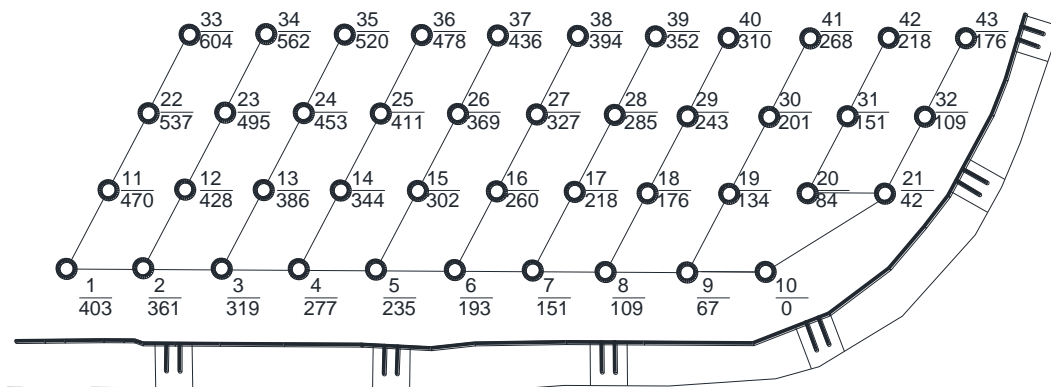


Рис. 1. Схема взрывной сети блока № 20:

числитель – номер скважины, знаменатель – время инициирования скважинного заряда (по паспорту МВ), мс.

Анализируя схему взрывания блока №20 выделяем 6 аналогичных по расположению и по номинальному времени инициирования групп скважинных зарядов: №№ 19, 7, 31; 17, 5, 30; ...13, 1, 26.

Более детально анализируем выделенные группы с учетом предельного времени замедления, как показано на нижеприведенной схеме, и в результате получаем, что в выделенной группе зарядов возможно одновременное инициирование трех зарядов, а если учесть (как указывалось выше), что аналогичных групп скважинных зарядов на взрывае блоке 6, то возможность одновременного инициирования трех зарядов становится вполне реальной.

$$\begin{aligned} \bigcirc \frac{31}{151} & \quad \text{УНС-П-67} \rightarrow 151 - 9 = 142 \text{ мс} \\ & \quad (\text{УНС-П-67}) + (\text{УНС-С-500}) = 642 \pm 24 \text{ мс}, \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \bigcirc \frac{19}{134} & \quad \text{УНС-П-67} \rightarrow 134 + 9 = 143 \text{ мс} \\ & \quad (\text{УНС-П-67}) + (\text{УНС-С-500}) = 643 \pm 24 \text{ мс}, \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \bigcirc \frac{7}{151} & \quad \text{УНС-П-42} \rightarrow 151 - 7 = 144 \text{ мс} \\ & \quad (\text{УНС-П-42}) + (\text{УНС-С-500}) = 644 \pm 24 \text{ мс}. \end{aligned}$$

Возможность одновременной детонации скважинных зарядов на блоке, кроме замедлений, определяется также расстояниями между ними. Последнее влияет на время прихода волнового движения массива грунта в начальное место инициирования группы зарядов. Чтобы произошло суммирование волновых движений время прихода не должно превышать допустимый сдвиг фаз между рассматриваемыми зарядами больше, чем на 90° , то есть:

$$\frac{360 \cdot r}{V_p \cdot T} \leq 90^\circ, \text{ где:}$$

r – расстояние, м; V_p – скорость распространения продольной волны в данной горной породе, м/с; T – период колебаний продольной волны, с.

Анализируя схемы взрывания, приходится констатировать о невозможности полностью избавиться от взаимного перекрытия интервала замедления между смежными зарядами по двум главным причинам: разброс

времени срабатывания детонаторов-замедлителей и обеспечение оптимального паритета между сейсмическим эффектом и эффективным дроблением горной породы.

Реальным путем решения указанной проблемы является применение для инициирования скважинных зарядов ВВ электронных детонаторов.

Рассмотрим другой способ – экспериментально-аналитический метод по определению количества взорвавшихся зарядов в одной группе, в т.ч. и непредусмотренные паспортом МВ.

При МВ в Рокитнянском гранитном карьере нами проведены профильные измерения параметров СВВ в направлении тыльной стороны взрываемого блока. Характеристика МВ приведена выше.

Для измерения параметров СВВ применялась стандартная сейсмоаппаратура: СМ-3→АЦПЕ14-440→ПК и трехкомпонентный сейсмограф Mini Mate Plus.

Скорость смещения грунта (см/с), полученная по результатам измерений, выражается зависимостью от расстояния в следующем виде:

$$U = K_1 \cdot r^{-n} = (870 \pm 5\%) \cdot r^{-1,1}.$$

Взрыв группы зарядов рассматриваем как рассредоточенный заряд, где в результате взаимодействия зарядов эффективная масса одного скважинного заряда определяется из выражения [7]:

$$Q_{\text{эф}} = Q_{\text{скв}} \left[\left(1 - \frac{1}{N^b}\right) C + \frac{1}{N^b} \right] = 110 \cdot 0,369 = 40,5 \text{ кг, где:}$$

N – запроектированное количество скважинных зарядов в группе; b –коэффициент, характеризующий затухание интенсивности сейсмической волны ($b = \frac{3}{n} - 1$); C – относительное расстояние между зарядами ($C = \frac{a}{2r_H}$); r_H – граница зоны необратимых деформаций горного массива.

Зависимость скорости смещения грунта (см/с) от приведенного расстояния будет выглядеть следующим образом:

$$U = K_2 \left(\frac{r}{Q_{\text{эф}}^{1/3}} \right)^{-1,1}, \text{ где:} \quad (2)$$

$K_2 = K \cdot N$ (K – коэффициент сейсмичности для данных условий взрывания; N – количество взорвавшихся и участвующих в сейсмическом процессе скважинных зарядов).

Из соотношения $\frac{K_2}{K_1} = \left(Q_{\text{эф}}^{1/3}\right)^{-1,1}$ определяем

$$K_2 = 870 \cdot \left(Q_{\text{эф}}^{1/3}\right)^{-1,1} = 224. \quad (3)$$

Таким образом, чтобы определить количество взорвавшихся зарядов в одной группе нам необходимо знать коэффициент сейсмичности при взрыве блока №20.

Значение этого коэффициента можно использовать из предыдущего МВ, который проводился в этом же карьере, в аналогичных горно- геологических

условиях и где было установлено, что в одной группе зарядов взрывалось два скважинных заряда.

Зависимость скорости смещения грунта (см/с) от приведенного расстояния предыдущего МВ выглядит следующим образом:

$$U = K \cdot N \cdot \left(\frac{r}{Q_{\text{эф}}^{1/3}} \right)^{-1,13} = 75 \cdot 2 \left(\frac{r}{Q_{\text{эф}}^{1/3}} \right)^{-1,13} . \quad (4)$$

Используя (2), (3) и (4), определяем количество взорвавшихся скважинных зарядов, в том числе и незапланированных паспортом МВ:

$$N = \frac{K_2}{K} = \frac{224}{75} \approx 3 .$$

Таким образом, экспериментально-аналитическим способом подтверждено наше предположение об одновременном взрыве трех зарядов при анализе схемы взрывной сети блока №20.

Выводы

Основываясь на принципах сложения волновых колебаний и на представлении массового взрыва скважинных зарядов как отдельных групп рассредоточенных зарядов, разработан метод определения количества одновременно взорвавшихся скважинных зарядов.

Проведенные исследования будут способствовать совершенствованию процесса проектирования взрывных работ и повышению их эффективности и безопасности.

Список использованных источников

1. Фокин В. А. Оценка сейсмического действия массового взрыва при инициировании скважинных зарядов электронными детонаторами / В. А. Фокин [и др.] // Горный журнал. – 2010. – №7. – С. 65-67.
2. Меньшиков П. В. Сравнительный анализ фактических и номинальных интервалов замедления неэлектрических систем инициирования / П. В. Меньшиков [и др.] // ГИАБ. – 2011. – №2. – С. 277 – 282.
3. Эквист Б. В. Обоснование и разработка методов повышения безопасности сейсмического проявления короткозамедленного взрывания на горных предприятиях: дис. на соискание уч. степени докт. техн. наук / Б. В. Эквист – М., 2009. – 218с.
4. Савмен В. К., Кутузов Б. Н. Сейсмическая безобасность при взрывных работах / В. К. Савмен, Б. Н. Кутузов, Марьясов и др.] – М.: Горная книга, 2012. – 228с.
5. Орленко Л. П. Физика взрыва / Л. П. Орленко – [3-е изд.]. – М.: Физматлит, 2002. – 832с. – (т. 1).
6. Динамические процессы в геосферах. Сб. научн. тр. Ин-та динамики геосфер РАН, М., ГЕОС, 2013. – вып. 4. – 268с.

7. Кузьменко А. О. Параметры пружных хвиль при взрывах розосереджених зарядів / А. О. Кузьменко // Вісник Національного технічного університету України «КПІ». Серія «Гірництво». – 2000. – вип. 3. – С. 45 – 51.

Статья поступила в редакцию 04.09.2014 г.

УДК 622.271.3

С. П. Пушкин, к.т.н., доцент (НТУУ «КПИ»)

ОПТИМИЗАЦИЯ СУТОЧНЫХ ОБЪЕМОВ ДОБЫЧИ УГЛЯ ПО ЗАБОЯМ В УСЛОВИЯХ СЛОЖНО-СТРУКТУРНЫХ ЗАЛЕЖЕЙ

S. P. Pushkin (National Technical University of Ukraine «Kyiv Polytechnic Institute»)

OPTIMIZATION OF DAILY COAL MINING IN THE CONDITIONS WITH COMPLEX STRUCTURE

Предложены математическая модель и алгоритм задачи, позволяющие оптимизировать суточные (сменные) объемы добычи угля по забоям в условиях сложноструктурных залежей.

Ключевые слова: математическая модель, алгоритм, забой, добыча.

Запропоновані математична модель та алгоритм задачі, що дозволяють оптимізувати добові (змінні) об'єми видобутку вугілля по забоям в умовах складноструктурних покладів.

Ключові слова: математична модель, алгоритм, забій, видобуток.

There are mathematical model and algorithm of the task with add to optimize daily (removable) coal mining in the conditions with complex structure.

Keywords: mathematical model, algorithm, schedule, mining, transport.

Вступление. При выполнении текущих планов добычных работ в условиях сложноструктурных угольных залежей неизбежны отклонения от предусмотренного планом графика в связи с отличиями горно-геологических условий от принятых при составлении месячных планов (зольность и теплотворная способность угля, объемы пород внутренней вскрыши и т.п.), из-за внеплановых простоев экскаваторов и других причин. Поэтому необходима корректировка сменных (суточных) объемов добычи угля по забоям, предусмотренных план-графиком добычных работ.

Цель работы – разработка математической модели и алгоритма решения задачи «Оптимизация суточных (сменных) объемов добычи угля по забоям».

Изложение основного материала исследования. При решении данной задачи необходимо учитывать следующие факторы: величину отклонения от