

## **ВЛИЯНИЕ ГЛУБИНЫ РАСПОЛОЖЕНИЯ ВЗРЫВАЕМЫХ БЛОКОВ НА ПАРАМЕТРЫ СЕЙСМИЧЕСКИХ ВОЛН**

***В. В. Бойко, докт. техн. наук, А. А. Кузьменко, канд. техн. наук, Т. В. Хлевнюк, Л. В. Лавренов, инженеры (ИГМ НАНУ)***

*Розглянуто вплив глибини вибухових робіт на інтенсивність сейсмічних хвиль на прикладі Дніпровського рудника ВАТ "Полтавський ГЗК". Наведено формули для визначення сейсдобезпечної маси заряду з урахуванням глибини вибухових робіт.*

На крупных железорудных карьерах, к которым относится Днепровский рудник ОАО «Полтавский ГОК», при многоблочных массовых взрывах подрывается не менее десяти блоков, расположенных на разных горизонтах. В связи с этим постоянно изменяются горно-геологические и горнотехнические условия распространения сейсмических волн. Воздействию последних подвергаются все объекты рудника, что обуславливает необходимость постоянной корректировки параметров взрывных работ (ВР) по отношению к охраняемым объектам.

Анализ последних публикаций показывает, что проблема влияния глубины ВР в карьере на интенсивность сейсмозрывных волн не изучается комплексно, с учетом всех факторов. Одни исследователи отмечают уменьшение интенсивности колебательного процесса с увеличением глубины карьера и считают это следствием изменения условий распространения волн [1]. Другие ученые объясняют увеличение интенсивности колебательного процесса с увеличением глубины взрыва ростом акустической жесткости пород [2].

Задачей настоящей статьи является изучение одновременного влияния указанных факторов, связанных с изменением глубины ведения ВР в Днепровском руднике, на интенсивность сейсмических волн, а также закономерностей их распространения в различных направлениях и, в конечном итоге, определение сейсдобезопасных масс зарядов по отношению к конкретным охраняемым объектам.

Поставленные задачи решались посредством проведения сейсмометрических наблюдений за производством массовых взрывов на Днепровском руднике, соответствующей обработки экспериментальных данных, анализа полученных результатов и построения необходимых зависимостей между параметрами сейсмических волн и ВР, что позволило обоснованно прогнозировать сейсдобезопасное взрывание.

В Днепровском руднике, где отрабатывается месторождение железистых кварцитов, ВР ведутся с использованием скважинных зарядов диаметром 250 мм. Монтаж взрывной сети во время проведения исследований осуществлялся с помощью детонирующего шнура (ДШ). Зарегистрированы

колебания от семи массовых взрывов, в каждом из которых взрывалось от 10 до 14 блоков, расположенных на разных горизонтах.

Для записи параметров сейсмических волн применялась следующая аппаратура: сейсмоприемники СМ-3 и СМ-3В, три вида регистраторов – цифровой преобразователь с монтажной платой и ПК типа ноутбук, магнитограф НО67 и светолучевой осциллограф НО44.3. При некоторых взрывах различные способы регистрации использовались параллельно. В результате на записях колебательного процесса были выделены сейсмические волны от отдельных блоков и определены значения массовой скорости и периода колебаний.

В связи со значительной разницей отметок одновременно обрабатываемых горизонтов (от +54 до –230 м) наблюдаются значительные различия в горно-геологических свойствах массива, что влияет на коэффициент сейсмичности. Такая ситуация требует отдельного подхода к обоснованию сейсмобезопасного взрывания.

Основными факторами, влияющими на интенсивность сейсмических колебаний, являются: горно-геологические свойства взрываемого массива, направления распространения взрывных волн, глубина горизонта, масса ВВ на ступень замедления, интервал замедления, конструктивные особенности скважинных зарядов.

Как показал анализ экспериментальных данных, зависимость скорости смещения частиц грунта (см/с) от приведенной массы заряда можно выразить в следующем виде:

$$U = K \left( \frac{Q_{\text{гр}}}{r} \right)^n, \quad (1)$$

где  $K$  – коэффициент, учитывающий глубину взрыва, свойства грунта в месте взрыва и в точке наблюдения (значения коэффициента  $K$  изменяются в пределах 0,025...0,25);  $Q_{\text{гр}}$  – масса заряда группы замедления, кг;  $r$  – расстояние от места взрыва до охраняемого объекта, м;  $n$  – показатель степени затухания интенсивности сейсмических волн (на относительно небольших расстояниях от места взрыва  $n = 2,6$ , на дальних расстояниях  $n = 2,3$ ).

Особенностью зависимости (1) является нарушение закона геометрического подобия, установленного М. А. Садовским, согласно которому подобие некоторых взрывов характеризуется показателем степени 1/3. При настоящих исследованиях этот показатель равен 1, что, возможно, вызвано условиями многоблочного взрывания зарядов на различных горизонтах карьера.

Анализ выполненных исследований показывает, что с увеличением глубины карьера на интенсивность сейсмических волн одновременно оказывают влияние такие факторы как условия распространения сейсмических волн, рост акустической жесткости пород. Коэффициент  $K_h$ , учитывающий глубину карьера и являющийся составной частью коэффициента  $K$  в формуле (1), для условий Днепровского карьера выражается зависимостью

$$K_h = \frac{h}{250 - 0,65h}, \quad (2)$$

где  $h$  – разность отметок горизонтов взрыва и охраняемого объекта, м.

Используя формулы (1) и (2) и экспериментальные данные, можно определить сейсмобезопасную массу одновременно взрываемого заряда ВВ для зданий административно-бытового комбината (АБК), находящихся на относительно небольших расстояниях от ВР, то есть в районе рудника

$$Q_{\text{гр}} = \left[ \frac{U_{\text{доп}}}{(0,08 \pm 0,2) \left( \frac{h}{250 - 0,65h} \right)} \right]^{0,38} r, \quad (3)$$

где  $U_{\text{доп}} = 1,5\text{--}3,0$  см/с – допустимая скорость смещения грунта в основании зданий и сооружений АБК на уровне 5 баллов по шкале MSK-64.

Как показали исследования, на сравнительно больших приведенных расстояниях от взрыва ( $r/Q_{\text{гр}} = 1,0\text{--}1,5$  м/кг) влияние увеличения глубины производства ВР на величину коэффициента  $K_h$ , учитывающего снижение интенсивности сейсмических волн с увеличением глубины карьера за счет изменения условий распространения волн, существенно уменьшается, а другая функция этого коэффициента, связанная с ростом акустической жесткости пород, остается неизменной. С учетом этого значения  $K_h$  для дальних расстояний могут быть выражены зависимостью

$$K_h = 6,25 \cdot 10^{-3} h + 0,5. \quad (4)$$

Используя формулы (1) и (4) и экспериментальные данные, можно определить сейсмобезопасную массу одновременно взрываемых зарядов ВВ на больших расстояниях от охраняемого объекта, например, здания техникума в г. Комсомольске:

$$Q_{\text{гр}} = \left[ \frac{U_{\text{доп}}}{(0,11 \pm 0,03) (6,25 \cdot 10^{-3} h + 0,5)} \right]^{0,43} r, \quad (5)$$

где  $U_{\text{доп}} = 0,4\text{--}0,8$  см/с – допустимая скорость смещения грунта в основании здания техникума на уровне 3 баллов по шкале MSK-64.

Период колебаний в объемной волне при массовых взрывах, зависящий только от свойств взрываемого массива и конструкции скважинного заряда [3], составлял  $0,025\text{--}0,05$  с.

При взрывах на верхних горизонтах поверхностные волны по интенсивности в дальней зоне могут превосходить объемные волны.

Значительное влияние на интенсивность сейсмических волн оказывают применяемые средства взрывания. На время проведения исследований на Днепровском карьере для монтажа взрывной сети использовались ДШ и пиротехнические замедлители КЗДШ. Эти средства не обеспечивают точности

интервалов замедления, что ведет к нерегулируемому уровню действия сейсмических волн. Перспективным направлением в подобных ситуациях является применение неэлектрических систем инициирования зарядов (типа “Нонель” и др.).

Как показали сейсмометрические наблюдения за массовыми взрывами на Днепровском руднике, фактические значения интенсивности сейсмических волн при существующих параметрах ВР не представляют опасности для зданий и сооружений промплощадки рудника и г. Комсомольска. Величина скорости смещения в их основаниях находится на уровне  $0,1 \dots 0,4$  см/с, что соответствует 1...2 баллам по шкале MSK-64.

Опасность для зданий и сооружений возникает при совместном воздействии на них сейсмических и ударно-воздушных волн, когда в результате раскачивания здания скорость смещения на верхних этажах в несколько раз больше, чем в основании здания. Более подробно эта проблема будет рассмотрена в наших последующих исследованиях и публикациях.

### Выводы

1. Оценено влияние глубины проведения ВР в карьере на интенсивность сейсмических волн.

2. Проведенные исследования позволили определить сейсмобезопасные мгновенно взрывающиеся массы зарядов для охраняемых объектов.

3. Показана возможность использования разработанных в лаборатории современных цифровых регистраторов для записи сейсмологической обстановки вокруг рудника, где ведется многоблочное взрывание.

4. Комплексное использование нескольких типов регистрирующей аппаратуры позволило выделить колебательные процессы от отдельных блоков, что, в свою очередь, дало возможность получить зависимости скорости смещения от приведенного расстояния в местах нахождения охраняемых объектов.

1. *Грибанова Л. П., Кудинов В. В., Ткаченко В. М.* Влияние глубины расположения взрываемого блока в карьере на интенсивность сейсмических волн // Взрыв. дело. – М.: Недра. – №85/42. – 1983. – С. 127–132.

2. *Славский Б. В.* Характеристики сейсмических волн при взрыве в трещиноватом массиве горных пород // Проблемы физики горных пород. – М.: 1983. – С. 76–83.

3. *Вовк А. А., Кузьменко А. А.* О временных параметрах сейсмозрывных волн // Прикладна гідромеханіка. – 2002. – Т. 4(76). – № 2. – С. 9–13.