

позволит вести добычные работы, отказавшись от дорогостоящих и опасных вскрышных работ в зоне воронок и провалов восточного борта;

позволит эффективно эксплуатировать карьер ниже проектной отметки -425 м на 90 м, до отметки -515 м.

позволит достичь более высокой полноты отработки месторождения с увеличением сырьевой базы карьера на 150 млн т неокисленных кварцитов.

#### *Список литературы*

1. Оптимизация конструкций бортов карьеров Кольского полуострова в конечном положении. **Мельников Н.Н., Козырев А.А., Решетняк С.П., Каспарьян Э.В., Рыбин В.В.** (Горный институт КНЦ РАН); **Мелик-Гайказов И.В.**, (ОАО «Ковдорский ГОК»); **Свинин В.С., Рыжков А.Н.**, (ОАО «Апатит»).

2. Правила охраны труда при разработке месторождений полезных ископаемых открытым способом. НПА ОП 0.00-1.24-10.

3. **Еремин Г.М.** Отстройка крутонаклонных и вертикальных откосов и способы их крепления в нарушенных зонах.

Рукопись поступила в редакцию 23.12.12

УДК 622.349.5.012: 622.235

В.Н. ПУХАЛЬСКИЙ, Б.И. КРИВОХИН, ГП «ВостГОК»,  
Л.А. ШТАНЬКО, канд. техн. наук, Т.Т. СЕДУНОВА, ст.науч. сотр.,  
НИГРИ ГВУЗ «КНУ»

### **ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДОПУСТИМЫХ ДИНАМИЧЕСКИХ НАГРУЗОК ВЗРЫВНЫХ РАБОТ НА ЖИЛЫЕ ДОМА И ЗДАНИЯ ГОРОДА КИРОВОГРАДА**

Приведены результаты экспериментальных и аналитических исследований сейсмобезопасных параметров взрывной отбойки на шахте «Ингульская» ГП «Восточный горнообогатительный комбинат». Определены значения допустимых сейсмобезопасных параметров обеспечивающих допустимый уровень негативного импульсного воздействия на строительные конструкции жилых домов и зданий.

**Проблема и ее связь с научными и практическими задачами.** Отработка Центрального месторождения урановых руд осуществляется Ингульской шахтой ГП «ВостГОК». Горные работы ведутся непосредственно под городской застройкой областного центра г. Кировоград.

Рудные залежи месторождения отрабатываются камерной системой (подэтажных штреков, ортов) с погашением выработанного пространства твердеющей закладкой.

Отработка руд осуществляется отбойкой глубоких взрывных скважин с применением Гаммонита 79/21 и Аммонита 6 ЖВ и применением в качестве средств инициирования электродетонаторов и НСИ.

К производству взрывных работ на ш. «Ингульская» предъявляются повышенные требования по обеспечению охраны окружающей среды и сохранности зданий и сооружений, расположенных в границах влияния взрывов. Крайне важным в этом случае является проведение сейсмометрических наблюдений уровня интенсивности воздействия сейсмических колебаний на жилые дома и здания расположенные в зоне ведения взрывных работ.

На шахте «Ингульская» постоянные сеймонаблюдения интенсивности сейсмозрывных колебаний проводятся на протяжении ряда лет при производстве взрывов с общей массой взрывчатых веществ от 200 кг до 1500 кг.

За время выполнения инструментальных наблюдений были зарегистрированы параметры сейсмических колебаний при взрывании блоков расположенных на отметках от -322 м до -190 м. Регистрацию прихода сейсмических волн фиксировали как непосредственно в эпицентре взрыва, так и на удалении до 1000 м [1].

**Анализ исследований и публикаций.** Анализ записей сейсмозрывных колебаний, зафиксированных сейсмо-приемниками, показал, что длительность колебательного процесса массива, служащего основанием фундаментов для жилых строений в районе ведения взрывных работ, как правило, не превышала 1 с и регламентируется применяемыми сериями замедлений во взрываемом блоке.

Продолжительность наблюдаемого полупериода колебаний на участках сейсмограмм с отмеченной максимальной скоростью смещения не превышала 100 мс.

Как показали инструментальные наблюдения, зафиксированные сейсмоприемниками сейсмические колебания, характеризуются скоростью колебаний в пределах значений 0,2-0,8 см/с, что соответствует 2-3 баллам по шкале сейсмической интенсивности горных взрывов. Наличие на сейсмограммах доминирующей высокочастотной составляющей амплитудно-частотного спектра в пределах 30-50 Гц свидетельствует о благоприятных сейсмологических свойствах пород в районе проведения исследований, исключающих возможность проявления резонансных колебаний [2].

**Постановка задачи.** Характер волновой картины взрывов позволяет установить, что при существующей технологии производства взрывных работ, характеризующая интенсивность сейсмозрывного воздействия, скорость колебаний, зависит, прежде всего, от расстояния, массы одновременно взрываемого взрывчатого вещества, расстояния, а также условий распределения энергии взрываемого скважинного заряда в массиве.

На основании результатов выполненных инструментальных измерений параметров сейсмических колебаний, генерируемых взрывными работами на шахте «Ингульская» выполнен математический анализ, который позволяет установить зависимость между массой заряда на один интервал замедления, расстоянием до места взрыва и скоростью колебаний при изменении условий взрыва.

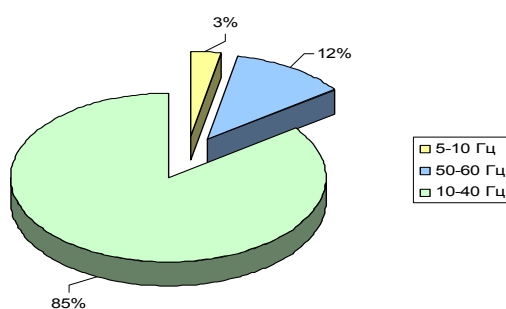
**Изложение материала и результаты.** Общая структура эмпирической формулы для расчета максимального значения скорости сейсмических колебаний имеет вид, см/с

$$V = k \cdot \left( \sqrt[3]{Q/R} \right)^n, \quad (1)$$

где  $V$  - скорость колебаний, см/с;  $R$  - расстояние от эпицентра взрыва до точки регистрации колебаний, м;  $Q$  - масса одновременно взрываемых зарядов ВВ, кг;  $k$  - коэффициент пропорциональности;  $n$  - показатель степени затухания колебаний, зависящий от свойств пород по профилю распределения сейсмозрывных волн.

Показатель степени затухания сейсмозрывных волн  $n$  и коэффициент пропорциональности  $k$  определяются на основании результатов инструментальных наблюдений значений скорости смещения частиц массива, полученных на различных расстояниях от места взрыва.

При определении допустимых скоростей колебаний важно учитывать их частотный состав, поскольку волны различной частоты при равных значениях скорости смещения представляют опасность в разной степени. Так, при частоте колебаний до 50 Гц здания движутся как единое целое. При частоте 10 Гц и более в элементах конструкций преобладают изгибающие и растягивающие напряжения, а при частоте 5-10 Гц имеют место оба типа напряжения. Диаграмма распределения частотных параметров сейсмических колебаний при проведении взрывных работ на шахте приведена на рис. 1.



**Рис. 1** Диаграмма распределения частотных параметров сейсмических колебаний при проведении взрывных работ в шахте

Накопленная база данных инструментальных сейсмонаблюдений позволяет рассчитать коэффициент пропорциональности и показатель степени затухания колебаний для условий месторождения «Центральное».

Для определения коэффициентов при известном виде зависимости воспользуемся методом наименьших квадратов. При этом функция  $\phi(x)$  считается наилучшим приближением к  $f(x)$ , если для нее сумма квадратов невязок  $\varepsilon = f(x_i) - \phi(x_i)$  или отклонений теоретических значений  $\phi(x_i)$ , найденных по эмпирической формуле, от соответствующих опытных значений  $f(x_i)$ , имеет наименьшее значение. Чтобы воспользоваться методом наименьших квадратов прологарифмируем степенную функцию вида  $v = K \cdot (R')^n$ , получим уравнение:  $\lg(v) = \lg(K) + n \cdot \lg(R')$

Введем обозначения  $Y = \lg(v)$ ,  $A_0 = \lg(K)$ ,  $A_1 = n$  и  $X = \lg(R')$ . Используя метод наименьших квадратов, найдем неизвестные коэффициенты  $A_0$  и  $A_1$ .

$$F = \sum_{i=1}^n (Y_i - (A_0 + A_1 \cdot X_i))^2. \quad (3)$$

Определим неизвестные коэффициенты  $A_0$  и  $A_1$  из формул (3,4).

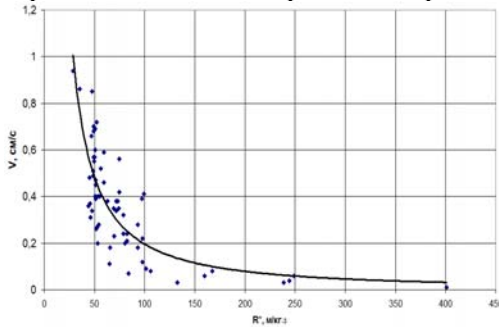
$$A_0 = \frac{\begin{vmatrix} \sum_{i=1}^n Y_i & \sum_{i=1}^n X_i \\ \sum_{i=1}^n (X_i \cdot Y_i) & \sum_{i=1}^n X_i^2 \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} n & \sum_{i=1}^n X_i \\ \sum_{i=1}^n X_i & \sum_{i=1}^n X_i^2 \end{vmatrix}}, \quad A_1 = \frac{\begin{vmatrix} n & \sum_{i=1}^n Y_i \\ \sum_{i=1}^n X_i & \sum_{i=1}^n (X_i \cdot Y_i) \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} n & \sum_{i=1}^n X_i \\ \sum_{i=1}^n X_i & \sum_{i=1}^n X_i^2 \end{vmatrix}} \quad (4)$$

После определения коэффициентов  $A_0$  и  $A_1$  вернемся к принятым ранее обозначениям  $K=80,1674$ ,  $n=-1,3$ , тогда эмпирическая зависимость для расчета прогнозной скорости сейсмических колебаний будет выражаться формулой, см/с

$$V = 80,1674 \cdot (R/\sqrt[3]{Q})^{-1,311} \quad (5)$$

Коэффициент детерминации  $R^2$  составил 0,7621, что указывает на соответствие полученной модели результатам измерений.

Графически зависимость скорости сейсмических колебаний от расстояния до эпицентра взрыва и массы, одновременно взрывааемых зарядов ВВ изображена на рис. 2.



**Рис. 2.** Зависимость скорости сейсмических колебаний от приведенного расстояния  $R^* = R/\sqrt[3]{Q}$  для урановых месторождений

По оси абсцисс указано приведенное расстояние, которое определяется как  $R/\sqrt[3]{Q}$ .

Подставив в формулу (5) значение допустимой скорости колебаний для наименее сейсмостойких зданий в районе застройки 0,7 см/с (для частот от 5 до 10 Гц) получим зависимость между допустимой величиной заряда в ступени замедления и сейсмобезопасным расстоянием до охраняемого объекта

$$R_{c,\delta} \geq 38,3503\sqrt[3]{Q_{c,\delta}}, \quad (6)$$

**Выводы и направления дальнейших исследований.** На основании выполненных инструментальных сеймонаблюдений интенсивности воздействия взрывных работ на шахте «Ингульская» и оценки их влияния на строительные конструкции жилых домов и зданий, расположенных в зоне их влияния сделаны следующие выводы.

Характер распространения сейсмозрывных волн при выходе на земную поверхность существенно изменяется в зависимости от глубины расположения взрываемого блока, массы взрываемого ВВ на одну ступень замедления и условий перераспределения энергии взрыва скважинного заряда.

Уровень сейсмического деструктивного воздействия на жилые дома и здания, расположенные в районе ведения взрывных работ определяется амплитудно-частотным спектром сейсмозрывных волн. При выходе на поверхность волновая картина, как правило, характеризуется малым периодом колебаний амплитуды, поэтому длительность негативного воздействия на строительные конструкции домов и зданий минимальна.

Интенсивность сейсмозрывных волн также во многом зависит от технологических факторов. Инструментальные измерения при взрывной отбойке показали, что взрывание в массиве одиночных или нескольких скважинных зарядов при одной плоскости обнажения и, преодолевая при этом сопротивление крепких пород, приводит к возбуждению повышенных сейсмических колебаний, несущих большую долю кинетической энергии взрыва.

Такое взрывание может привести помимо усиления интенсивности сейсмических волн также к ухудшению качества дробления взрывааемых пород.

Ввиду кратковременности взрывов, высокого декремента затухания сейсмической энергии массивом пород на пути распространения сейсмических волн, обусловленное геологическим строением горного массива, а также использования при проектировании взрывов сейсмобезопасных параметров, разработанных на основании результатов многолетних сейсмонаблюдений, воздействие взрывов на строительные конструкции жилых домов не оказывает существенного влияния на их сохранность.

#### *Список литературы*

1. Отчет о НИР «Визначення параметрів буровибухових робіт, що забезпечують максимальне збільшення продуктивності шахти «Інгульська» ДП «СхідГЗК» при відпрацюванні Центрального родовища під житловою забудовою м. Кіровограда», Україна, Кривий Ріг, ГП «НИГРИ», 2007. - с.71 с.
2. Семенюк Н.П. Разломно-блоковая структура зоны сочленения Кировоградско-Новоукраинского гранитоидного массива и Корсунь-Новомиргородского Плутона по данным морфоструктурного анализа. Труды института геохимии и физики минералов АН УССР. - К., 1980. - С.27-29.

Рукопись поступила в редакцию 25.12.12

УДК 622.27

В.К. СЛОБОДЯНЮК, канд. техн. наук, доц., Ю.Ю. ТУРЧИН, аспирант  
ГВУЗ «Криворожский национальный университет»

### **СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СХЕМ ВСКРЫТИЯ ГЛУБОКИХ ГОРИЗОНТОВ В СЛОЖНЫХ ГОРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ ЖЕЛЕЗОРУДНЫХ КАРЬЕРОВ**

Определены параметры карьера, при достижении которых усложняется технология горных работ из-за вероятности периодического затопления глубоких горизонтов. С точки зрения глубоких горизонтов проанализированы основные схемы проходки траншей и параметры выемочно-погрузочного оборудования. Предложено комбинированную технологическую схему проходки траншей с использованием гидравлических и механических экскаваторов.

**Постановка проблемы и ее связь с научными и практическими задачами.** Анализ работы горнодобывающих предприятий показал, что в последние годы с увеличением глубин карьеров и их размеров по дневной поверхности возросло число случаев периодического затопления глубоких горизонтов. При неблагоприятных метеорологических условиях на откачивание из карьера объема ливневого стока уходит 10-20 рабочих смен, что приводит к отклонениям от разработанных квартально-месячных планов развития горных работ, снижению скорости углубки карьера, уменьшению его производительности по руде. Быстрое затопление дна карьера также может стать причиной выхода из строя электрического оборудования экскаваторов, задействованных во вскрытии новых горизонтов. Решение данной проблемы только за счет увеличения мощности и количества насосов карьерного водоотлива нельзя признать рациональным, вследствие увеличения затрат на разработку месторождения. Таким образом, разработка ресурсосберегающих технологий вскрытия глубоких горизонтов, допускающих частичное или периодическое затопление дна карьера, является важной научно-практической задачей.

**Анализ последних исследований и публикаций.** Проблеме организации водоотлива посвящены работы [1,2]. В них приведен сравнительный технико-экономический анализ схем размещения карьерных водоотливных установок в глубоких карьерах. В работах [3,4] рассмотрены технологические схемы вскрытия глубоких горизонтов в сложных гидрогеологических и горнотехнических условиях. В этих работах недостаточно исследована зависимость открытых горных работ от метеорологических условий, не установлена зависимость объема ливневого стока, поступающего в карьер, от геометрических параметров карьера, отсутствуют рекомендации по выбору и обоснованию технологии проходки траншей в сложных гидрогеологических условиях.

**Постановка задач исследования.** Целью данной работы является анализ технологических схем вскрытия глубоких горизонтов и разработка ресурсосберегающей технологической схемы вскрытия и подготовки горизонтов в сложных гидрогеологических и горнотехнических условиях.

**Изложение основного материала и результаты.** Для решения поставленной задачи на базе формулы В.В. Ржевского была построена математическая модель для расчета в зависимости от главных параметров карьера (длины и ширины нижнего горизонта карьера, угла откоса бор-