

ИНТЕНСИВНОСТЬ СЕЙСМОВЗРЫВНЫХ ВОЛН В УСЛОВИЯХ СЛОЖНОГО РЕЛЬЕФА МЕСТНОСТИ

В. В. Бойко, докт. техн. наук, А. А. Кузьменко, канд. техн. наук, В. А. Лемешко, инж. (ИГМ НАНУ)

Досліджено вплив рельєфу місцевості, в якому поширюються сейсмовибухові хвилі, на їх інтенсивність. Наведено формулу для розрахунку сейсмобезпечної маси заряду на одне сповільнення. Обґрунтовані допустимі рівні сейсмічної дії технологічних вибухів на житлові будинки.

Эффективное ведение взрывных работ (ВР) по добыче полезных ископаемых невозможно без возникновения в километровой зоне взрыва колебаний грунта интенсивностью менее 2...3 баллов по шкале MSK-64. Но даже такие незначительные колебания вызывают у населения беспокойство из-за высокой чувствительности человека к вибрации. Люди ощущают колебания, которые почти на два порядка ниже опасных для здания.

По проблеме сейсмобезопасности карьерных взрывов имеется большое количество публикаций. Среди них выделяется работа [1], где представлена шкала сейсмической интенсивности взрывов, которая объединила интенсивность колебательного процесса, скорость смещения грунта и приведенное (от массы заряда ВВ) расстояние. Но и в этой работе не рассматривается влияние рельефа местности, где распространяются сейсмовзрывные волны (СВВ), на интенсивность колебания грунта.

Целью настоящей статьи является установление связи между особенностями рельефа местности, где распространяются СВВ, и интенсивностью воздействия этих волн на грунт, а также определение сейсмобезопасных параметров ВР.

Экспериментальные исследования по определению параметров СВВ, возникающих при технологических взрывах в Кубачивском известняковом карьере, и их воздействия на здания жилого поселка проводились в связи с жалобами жителей поселка на опасность, угрожающую жилым зданиям.

Для записи параметров применялась следующая аппаратура: сейсμοприемники-СМ-3, СМ-3В, СВ-5, регистратор – цифровой преобразователь с ПК типа ноутбук. Аппаратура прошла метрическую аттестацию в «Укрметстандарт».

Массовый взрыв в карьере состоял из взрывов 45 скважинных зарядов диаметром 105 мм, общей массой ВВ 2475 кг, разделенных схемой короткозамедленного взрывания на основе ДШ на 8 групп с максимальной массой заряда ВВ в группе 385 кг.

Жилые дома поселка расположены на расстоянии 450...560 м от рабочего горизонта карьера и находятся на неширокой возвышенности (150...160 м) в излучине р. Смотрич. Основания жилых домов (отметки 169...171 м)

возвышаются над долиной р. Смотрич на высоте более 30 м. Отметка нижнего горизонта карьера 139 м.

Сейсмический профиль измерения параметров СВВ практически охватывал возвышенность по всей ширине и включал пункты установки сейсмоприемников у оснований жилых домов.

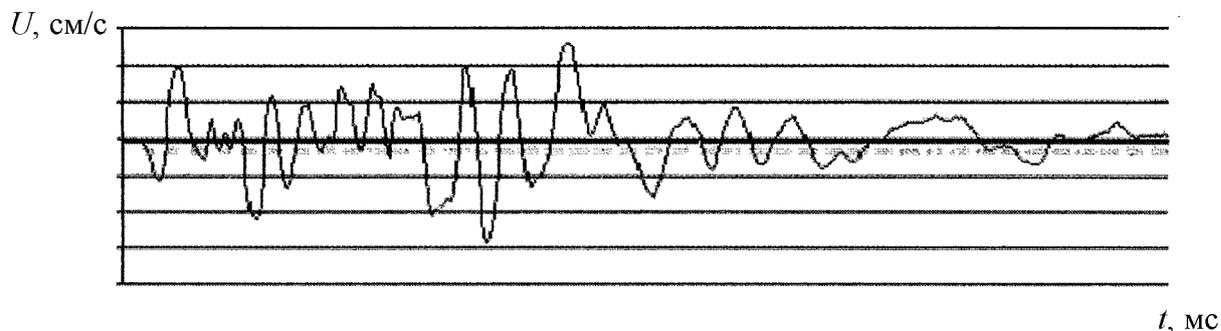


Рис. 1. Характерная сейсмограмма колебаний грунта по вертикальной составляющей Z

На рис. 1 представлена сейсмограмма колебаний грунта по вертикальной составляющей Z в основании жилого дома № 52 на расстоянии 500 м от взрываемого блока.

Зависимость максимальных значений скорости колебаний грунта (см/с) по вертикальной (1) и горизонтальной (2) составляющим от расстояний, представленных на рис. 2, можно выразить формулой

$$U_{\max}^{z,x} = kr^{-n}, \quad (1)$$

где k – коэффициент, учитывающий условия взрывания и распространения СВВ (для вертикальной составляющей $k = 1,1 \cdot 10^3$, для горизонтальной – $2,4 \cdot 10^4$); r' – приведенное расстояние, $\text{м/кг}^{1/3}$; n – показатель затухания интенсивности с расстоянием (соответственно $n = 1,85$ и $2,6$).

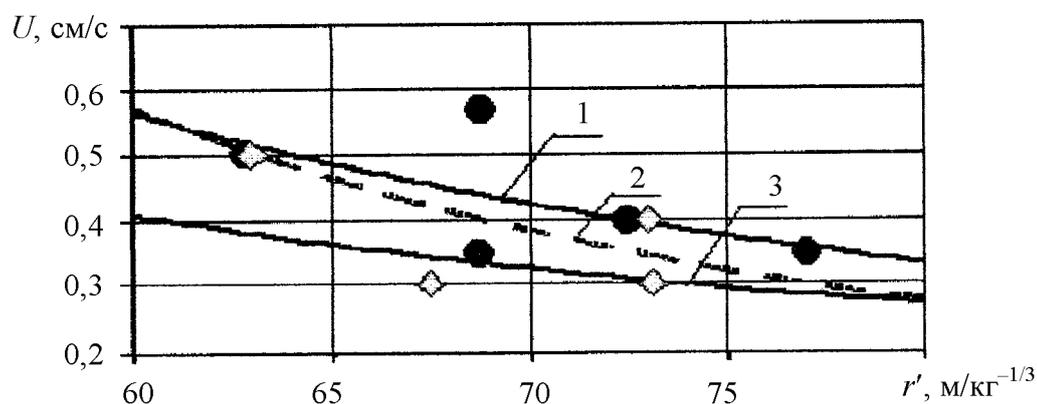


Рис. 2. Зависимость скорости колебаний от приведенного расстояния (1, 2 – по вертикальной и горизонтальной составляющим соответственно, 3 – согласно данным [1])

Как следует из рис. 2, скорости смещения грунта составляют от 0,35 до 0,57 см/с по вертикальной составляющей и от 0,3 до 0,5 см/с – по горизонтальной. По частоте колебаний волновой процесс выглядит следующим

образом: в продольной волне $f = 50 \dots 60$ Гц, в поперечной и поверхностной волнах $f = 10 \dots 25$ Гц.

Высокочастотные продольные волны характеризуются максимальными по значению амплитудами колебаний, амплитуды низкочастотных поперечных волн на 20...30% меньше. Ввиду отсутствия мощных слоев наносных пород интенсивность колебаний в поверхностной волне незначительна. Затухание колебательного процесса по горизонтальной составляющей происходит быстрее, чем по вертикальной составляющей.

Численное значение скорости смещения грунта, согласно зависимости 3 на рис. 2, меньше экспериментальных данных в 1,3...1,4 раза, что говорит об увеличении интенсивности колебаний грунта на возвышенности, линейные размеры которой в 5 и более раз меньше длины пути распространения СВВ, что необходимо учитывать при определении сейсмобезопасных параметров взрыва.

Выбор допустимой скорости колебаний грунта, которая является основным критерием сейсмического воздействия взрыва на сооружение, определяется устойчивостью конструкции, назначением и классом сооружения. Допустимая скорость колебания грунта должна быть такой, при которой охраняемое сооружение не получает повреждений.

При определении допустимых параметров колебаний грунта для жилых зданий в качестве порога повреждаемости принимается повреждение штукатурки (самый слабый материал в строении). В современных зданиях из крупных панелей или блоков, не имеющих штукатурки, за порог повреждаемости следует принимать деформации в перегородках, трещины на стенах, трещины в фундаментах.

Согласно данным работы [2], которые приняты в странах СНГ в качестве нормативных, жилые здания поселка в районе Кубачивского карьера известняка относятся к III классу, а допустимая скорость смещения грунта в их основании должна составлять не более 3 см/с (для зданий с отдельными трещинами в несущих стенах и перегородках – 2 см/с).

Допустимую скорость смещения для жилых зданий поселка можно определить по формуле [3]

$$U_{\text{доп}} = \frac{\sigma_{\text{доп}} \psi}{\gamma V_p K_v^2 \phi}, \quad (2)$$

где $\sigma_{\text{доп}}$ – допустимое напряжение для строительного материала или связей между отдельными элементами (для кирпича М50 $\sigma_{\text{доп}} = 7,0$ кг/см²); ψ – относительные потери энергии при колебаниях (для кирпичного здания $\psi = 0,6$); γ – объемная масса грунта в основании здания; V_p – скорость распространения продольной волны в грунте основания здания (см/с); K_v – коэффициент передачи колебаний от грунта к зданию; ϕ – коэффициент динамической восприимчивости

здания к колебаниям грунта ($\varphi = \frac{\Psi}{4\pi} \frac{f_0^2}{f}$) (здесь f_0 и f – соответственно частоты собственных колебаний здания и грунта, Гц).

Расчеты по формуле (2) показывают, что для одноэтажного кирпичного здания, не имеющего остаточных деформаций, допустимая скорость смещения грунта у его основания равна 2,95 см/с, то есть практически совпадает с вышеприведенной нормативной величиной (3 см/с). Сравнивая эти значения $U_{\text{доп}}$ с замеренной максимальной скоростью смещения грунта при массовом взрыве 0,57 см/с, можно утверждать, что рассматриваемое здание имеет пятикратный запас прочности по отношению к взрывным воздействиям, а здание, имеющее остаточные деформации ($U_{\text{доп}} = 2$ см/с) – трехкратный запас прочности. Однако при определении допустимой величины интенсивности воздействия СВВ на жилые здания необходимо учитывать психологический фактор, а чувствительность человеческого организма к шуму и вибрации, как отмечалось выше, очень высокая.

Вибрационное (шумовое) воздействие на человека измеряется в децибелах (дБ). Согласно санитарным нормам [4] допустимым уровнем вибрации с частотой колебаний до 63 Гц является 67 дБ, что соответствует виброскорости 0,0112 см/с. Эту величину скорости смещения не представляется возможным обеспечить в зоне ведения технологических взрывов, поэтому было принято компромиссное решение о снижении допустимой скорости смещения в основании сооружений жилых поселков, расположенных вблизи промышленных зон, где четко прослеживается воздействие на охраняемые объекты сейсмических и ударно-воздушных волн, до 1 см/с, а для сооружений, где находятся лечебные стационары, до 0,5 см/с.

В связи с тем, что многие жилые здания поселка, находящегося на расстоянии около 0,5 км от Кубачивского карьера, имеют трещины в несущих стенах, допустимой скоростью смещения грунта для них будет величина 0,5 см/с. В этом случае сейсмобезопасная масса заряда (кг), взрываемая мгновенно в одной ступени замедления, определяется на основе формулы (1):

$$Q_{\text{мгн}} = \left(\frac{U_{\text{доп}}}{K} \right)^{3/n} r^3. \quad (3)$$

При расстоянии 500 м до охраняемого объекта масса заряда ВВ не должна превышать 480 кг, в то время как по проекту массового взрыва одновременно взрываемая масса заряда равнялась 385 кг.

Наблюдения за поведением трещин в стенах жилого дома поселка во время массового взрыва посредством установки «маяков» показали, что ширина трещины не изменяется. Это указывает на то, что все повреждения в зданиях, приписываемые взрывам, возникли в результате осадочных деформаций из-за неудовлетворительного проведения разведочных и строительных работ.

Выводы

1. Результаты исследований по проблеме увеличения интенсивности сейсмоэффекта на отдельной возвышенности являются новыми данными в области промышленной сеймики, а учет этих особенностей колебательного процесса повысит безопасность ВР.

2. Обоснованы допустимые уровни сейсмического воздействия технологических взрывов на жилые здания поселка, находящегося вблизи промышленной зоны, и даны рекомендации по определению безопасной массы заряда ВВ.

3. Показано значительное расхождение между условиями безопасной эксплуатации сооружения по фактору сейсмических воздействий и рекомендациями санитарных норм по акустическому воздействию взрывов на человеческий организм, что ведет к субъективной оценке вредного воздействия взрывных процессов на охраняемые объекты.

1. *Медведев С. В.* Сеймика горных взрывов. М.: Недра. – 1964. – 188 с.

2. *Мосинец В. Н.* Дробящее и сейсмическое действие взрыва в горных породах. М.: Недра, 1976. – 271 с.

3. *Корчинский И. Л.* Сейсмическое строительство зданий. – М.: Высшая школа, 1971. – 319 с.

4. *Новак С. М., Логвинец А. С.* Защита от вибраций и шума в строительстве: Справочник. – К.: Будівельник, 1990. – 184 с.