

О НЕКОТОРЫХ ОСОБЕННОСТЯХ СЕЙСМОЭФФЕКТА ПРИ ВЗРЫВНЫХ РАБОТАХ

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

Показано вплив місця проведення масового вибуху в кар'єрі на формування хвиль, які становлять найбільшу небезпеку для об'єкта, що охороняється. Отримано формулу для визначення відносної масової швидкості в залежності від крутості схилу в точці спостереження і періоду коливань.

Разработка методов прогноза интенсивности сейсмических волн при массовых взрывах в карьерах, расположенных в застроенных районах, является важным вопросом безопасности взрывных работ (ВР). При этом должны учитываться условия формирования и распространения волн, закономерности затухания интенсивности сейсмических колебаний.

Вопросам интенсивности сейсмического воздействия на охраняемые объекты в зависимости от типа волны не уделялось должного внимания [1–5]. В работах рекомендательного, справочного и нормативного характера интенсивность сейсмозрывной волны (СВВ) представляется в общем виде, то есть без разделения ее по типам и без учета спектрального состава колебаний, что может серьезно повлиять на безопасность ВР.

Следует обратить внимание на отсутствие публикаций о закономерностях распространения СВВ в районах со сложным рельефом – как естественного, так и искусственного происхождения (склоны, дамбы, насыпи и т.п.). Специальными службами наблюдения за оползневыми явлениями, связанными с наклонными поверхностями, отмечается увеличение скорости движения грунтовых масс при прохождении сейсмических волн. Опубликовано несколько работ [6, 7, 8], в которых рассматривается воздействие землетрясений на склоны. Однако частота колебаний в этом случае составляет в основном 1...5 Гц, при массовых же взрывах в карьерах она на порядок выше. Время действия сейсмических волн при ВР значительно меньше, чем при землетрясениях, а с учетом их частотного состава превалирующего воздействия инерционных сил ожидать не приходится.

Изучение поведения наклонных участков местности при ВР позволит в дальнейшем прогнозировать интенсивность воздействия СВВ на оползневые участки склонов или на основания охраняемых объектов, расположенных на склонах, и обеспечить безопасное ведение ВР.

Задачи настоящей статьи:

показать и охарактеризовать волны, возникающие при проведении массовых взрывов в карьере;

исследовать интенсивность воздействия СВВ на наклонную и горизонтальную поверхности.

Поставленные задачи сотрудники лаборатории по проблемам сейсмобезопасности технологических взрывов при Институте гидромеханики НАН Украины решали с помощью экспериментальных исследований при проведении сейсмометрических наблюдений за массовыми взрывами в Шархинском гранитном карьере.

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

В Шархинском карьере ВР ведутся с использованием скважинных зарядов диаметром 105 мм, монтаж взрывной сети осуществляется с помощью системы «Nonel». Зарегистрированы колебания от 7 массовых взрывов.

В непосредственной близости от границы карьерного поля, в северной его части, находится Карасунский оползень № 76, в теле которого проходил газопровод Алушта – Ялта, поэтому в обязанности нашей лаборатории входило и решение изложенных выше задач, и контроль безопасности ВР с учетом наличия оползневого участка и газопровода.

Сейсмометрический профиль измерения параметров волн длиной 170 м проходил по склону оползня, угол наклона поверхности склона в местах установки сейсмоприемников изменялся от 0 до 15°.

В карьере ВР ведутся на разных бортах: северном, южном и западном, поэтому условия взрывания, а, следовательно, и сейсмическая обстановка различны.

На рис. 1, а представлена сейсмограмма колебаний грунта при массовом взрыве на южном борту карьера, когда измерительный профиль находился со стороны фронта взрываемого блока и СВВ распространялись через выработанное пространство. В этом случае высокочастотные объемные волны претерпели существенное затухание, образовалась низкочастотная поверхностная волна R , показатель затухания которой значительно ниже, чем у объемных волн, поэтому интенсивность колебаний грунта в волне R в точке наблюдения меньше, чем у других волн. Кроме того, низкая частота колебаний грунта в волне R (в данном случае 3 Гц) часто совпадает с собственной частотой колебаний охраняемого объекта, что ведет к опасным последствиям для последнего.

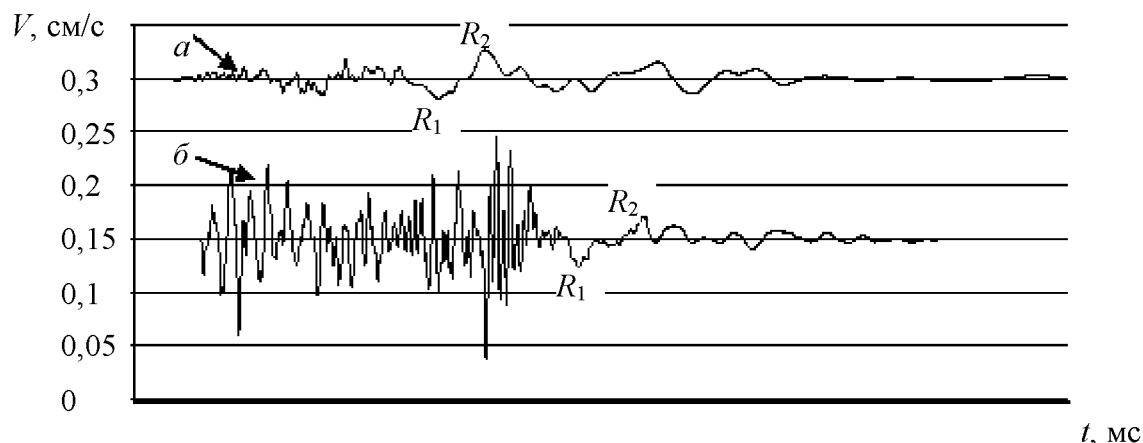


Рис.1 Сейсмограммы колебаний грунта при массовых взрывах на карьере ВАТ"Шархинский карьер":
а - на южном борту карьера 19-01-05г,
б - на северном борту карьера

Рис. 1. Сейсмограммы колебаний грунта при массовых взрывах на карьере ОАО «Шархинский карьер»: *а* – на южном борту карьера 19.01.05 г.; *б* – на северном борту карьера

На рис. 1, *б* представлена сейсмограмма колебаний грунта при массовом взрыве на северном борту карьера, когда измерительный профиль находился в тылу взрываемого блока и СВВ распространялись по массиву горных пород к точке наблюдения. В этом случае изменились как условия затухания для объемных волн, так и условия образования для поверхностной волны. В результате на измерительном профиле скорость смещения грунта в объемной волне в 4 раза, а частота колебаний в 5 раз больше, чем в поверхностной волне.

Судить о степени опасности колебаний можно только тогда, когда известна амплитудно-частотная характеристика конкретного охраняемого объекта, поскольку скорость смещения является важным, но не определяющим критерием сейсмоопасности.

Исходя из вышеизложенного, есть основания не относиться однозначно к утверждению авторов работы [1], продублированном в дальнейшем в работах [2, 3], что сейсмические колебания, направленные в тыл взрываемого блока, более опасны, чем идущие во фронтальном направлении. Степень их опасности зависит от типа волны, условий ее распространения и характеристики охраняемого объекта.

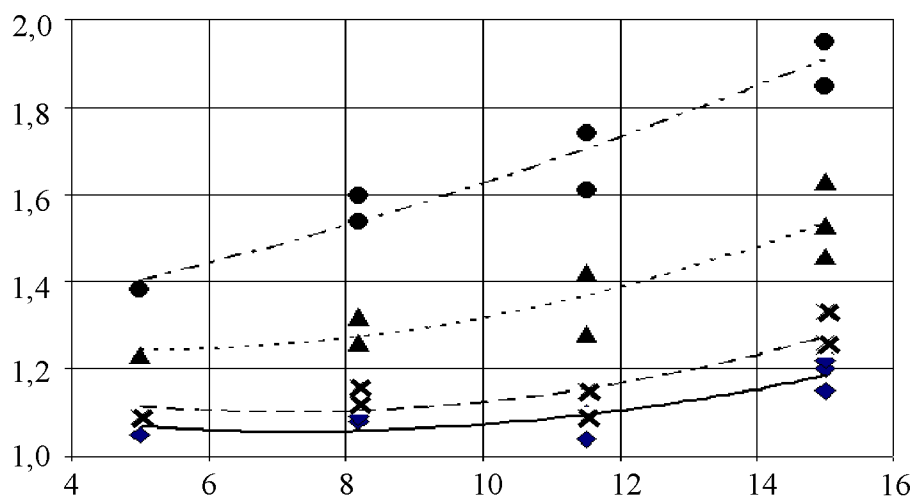
Что касается условий распространения сейсмической волны, то они характеризуются не только физико-механическими свойствами грунтов, но и рельефом местности. Так, например, на интенсивность колебаний грунта влияет наклон поверхности как естественного, так и искусственного происхождения.

Как уже отмечалось выше, измерения параметров сейсмических волн при массовых взрывах в Шархинском карьере проводились на профиле, проложенном по склону Карасанского оползня № 76. Обработав результаты измерений, нам удалось получить уникальные данные по колебаниям грунта при действии СВВ на наклонной поверхности (на склоне). Уникальность этих исследований заключается в новизне и получении обобщающей зависимости.

Склон состоял из лессовидного суглинка с включениями скальных отделиностей и дресвы. Средний угол наклона профиля измерений – 15° , крутизна склона в пяти пунктах установки сейсмоприемников – 0° (пункт 1), 5° (2), $8,2^\circ$ (3), $11,5^\circ$ (4), 15° (5). Регулировалась только вертикальная составляющая колебаний.

Результаты измерений обрабатывали следующим образом. Запись колебаний в каждом пункте разбивали на несколько равных участков. В каждом участке выбирали максимальную амплитуду и соответствующий ей период и сравнивали с амплитудой близкого периода в тот же момент времени пункта 1 (контрольного), где крутизна склона равнялась 0° , то есть определяли отношение амплитуд участков 2–5 к амплитуде участка 1.

Полученные данные позволили построить зависимости относительных амплитуд колебаний от угла наклона и частоты колебаний (рис. 2).



◆ – 10 Гц; × – 20 Гц; ▲ – 40 Гц; ● – 60 Гц — 10 Гц — . – 60 Гц 40 Гц – – 20 Гц

Рис. 2. Зависимость массовой скорости от крутизны склона в различных диапазонах частот
Обобщающую зависимость данных, представленных на рис. 2, можно представить в виде

$$\bar{U} = \left[1,07 \exp(-3,65 \cdot 10^{-3} \cdot f) - (f + 50) 2 \cdot 10^4 \alpha \right]^{-1},$$

где f – частота колебаний, Гц; α – крутизна склона в точке наблюдения, град.

На рис. 2 наряду с экспериментальными данными нанесены кривые результатов расчетов по обобщающей формуле.

Точность расчетов по эмпирической формуле для каждой из представленных частот колебаний в среднем составляет 2%, а по отдельным точкам наблюдений – до 7%.

Как следует из рис. 2, амплитуды колебаний грунта возрастают с ростом крутизны склона и увеличением частоты колебаний в 1,7...1,9 раза при $\alpha = 15^\circ$, $f = 60$ Гц.

Результаты этих исследований подтверждают необходимость учета рельефа при проведении массовых взрывов для обеспечения их сейсмобезопасности по отношению к охраняемым объектам. Поэтому есть необходимость продолжить исследования в отношении склонов, сложенных другими типами грунтов, с другими углами наклона, регистрацией колебаний по горизонтальному составляющим.

Выводы

1. Место проведения массового взрыва в карьере влияет на формирование волны определенной интенсивности. От этого зависит сейсмобезопасность взрывных работ. Поэтому сейсмическая обстановка во время массовых взрывов должна рассматриваться конкретно по каждому предполагаемому типу волн.

2. Результаты исследований сейсмозффекта при проведении ВР на склонах являются новыми данными в этой области. Как показали экспериментальные исследования, интенсивность колебаний на склонах выше, чем на горизонтальной поверхности, и зависит от крутизны склона в месте установки сейсмоприемника и частоты колебаний.

1. *Кузнецов Г. В., Сисин А. Г.* Действие сейсмозрывных волн на сооружения // Тр. “УНИИПромедь”. – 1966. – Вып. 9. – С. 159–164.

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

3. *Воробьева Л. С.* и др. Сейсмическая безопасность жилых зданий и сооружений в условиях городской застройки // Известия ВУЗов. Горный журнал. – № 9–10. – 1999. – С. 87–96.

4. *Кутузов Б. Н., Скоробогатов В. М., Ерофеев И. Е. и др.* Справочник взрывника. – М.: Недра. – 1988. – 511 с.

5. *Единые правила безопасности при взрывных работах.* – К.: Норматив. – 1992. – 171 с.

6. *Мельник В. Г.* Результаты опытов по изучению сейсмостойкости фрагментов упорных призм Нурекской плотины на большой сеймоплатформе // Тр. координ. совещ. по гидротехнике. – Л.: Энергия. – 1969. – Вып. 47. – С. 73.

7. *Нерсесов И. Л., Николаев А. В., Попов В. Д. и др.* Динамические характеристики колебаний склонов каньонов при землетрясениях. Тр. координ. совещ. по гидротехнике. – Л.: Энергия. – 1969. – Вып. 47. – С. 95.

8. *Лямзина Г. А., Иванов Т. Г.* Влияние грунтов на интенсивность сейсмических колебаний // Вопросы инженерной сейсмологии. – М.: Наука. – Вып. 15. – 1973. – С. 80–89.