

SECTION 7. Mechanics and machine construction.

Viktor Viktorovich Boiko

Doctor of science, Professor,
Head of the research laboratory of the problems of seismic safety of explosions
Institute of Hydromechanics of National Academy of Sciences of Ukraine
seismic-control@yandex.ru

Dmitrii Anatolievich Remez

Applicant,
research laboratory of the problems of seismic safety of explosions
Institute of Hydromechanics of National Academy of Sciences of Ukraine
D_REMEZ@rumbler.ru

SIMULATION OF SHORTLY SLOWED DOWN DETONATION FOR DECLINE OF SEISMIC EFFECT

Abstract: *The results of theoretical studies of determining the optimal schemes for short-delay blasting on the basis of the developed method of calculating the parameters of the wave oscillations in short-delay explosion of cylindrical charges, allowing to define the parameters of the wave depends on the mass distribution of charges within the group and deceleration intervals are shown.*

Key words: *explosion, short-delay blasting, interval delay, the vibrational spectrum.*

Citation: Boiko VV, Remez DA (2014) SIMULATION OF SHORTLY SLOWED DOWN DETONATION FOR DECLINE OF SEISMIC EFFECT. ISJ Theoretical & Applied Science 9 (17): 62-67. doi: <http://dx.doi.org/10.15863/TAS.2014.09.17.10>

УДК 622.235

МОДЕЛИРОВАНИЕ КОРОТКОЗАМЕДЛЕННОГО ВЗРЫВА ДЛЯ СНИЖЕНИЯ СЕЙСМИЧЕСКОГО ЭФФЕКТА

Аннотация: *Приведены результаты теоретических исследований по определению оптимальных схем короткозамедленного взрывания на базе разработанной методики расчета волновых параметров колебаний при короткозамедленном взрыве системы цилиндрических зарядов, позволяющие определять волновые параметры в зависимости от распределения масс зарядов внутри группы и интервалов замедления.*

Ключевые слова: *взрыв, короткозамедленное взрывание, интервал замедления, спектр колебаний.*

ВСТУПЛЕНИЕ

Короткозамедленный способ взрывания (КЗВ) является в настоящее время одним из прогрессивных и эффективных методов проведения буровзрывных работ на открытых горных работах. В связи с широким внедрением КЗВ перед учеными и практиками были поставлены сложные задачи разработки инженерных методов расчета основных параметров КЗВ, обеспечивающих как удовлетворения требований к качеству дробления горной массы, так и сейсмическую безопасность охраняемых объектов. Однако до сих пор нет единой точки зрения по физической сущности процесса, происходящего при КЗВ. Существуют различные гипотезы, объясняющие природу КЗВ, а формулы, применяемые в настоящее время, для расчета параметров волн считаются приближительными и уточняются

экспериментальным путем. В соответствии с изложенным, научная проблема обоснования технологических параметров КЗВ, обеспечивающих сейсмостойкость охраняемых объектов, расположенных вблизи проведения массовых взрывов на карьерах, является актуальной.

Вопросам механики поверхностного проявления сейсмических воздействий посвящено большое количество исследований, однако подавляющее число публикаций касается землетрясений. Влияние амплитудно-частотных характеристик колебаний при техногенных взрывах на основы охраняемых объектов, изучены недостаточно. Работы [1-6] не могут решить задачу оптимального прогнозирования сейсмического эффекта промышленных взрывов, поскольку они базируются на закономерностях распространения колебаний при взрыве сосредоточенного заряда, что ведет к несоответствию между расчетными и фактическими данными. В работах [7, 8] изучалось взаимодействие взрывных волн при КЗВ, однако амплитудно-частотные характеристики сейсмоколебаний учтены не были. Исходя из проведенного анализа научных и практических достижений и выявленных при этом недостатков по данному направлению, сформулирована цель исследования.

Цель – исследование взаимодействия сейсмозрывных волн с грунтовым массивом на базе математического моделирования КЗВ системы зарядов для расчета эффективных и сейсмобезопасных схем.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

При решении задачи применялись зависимости максимального смещения от относительного расстояния r_i при взрыве i -го цилиндрического заряда массой Q_i полученные в результате численного решения [9] в виде:

$$(u_{\max})_i = k(Q_i / r_i)^\mu. \quad (1)$$

Для оценки суммарного воздействия КЗВ системы цилиндрических зарядов исходили из принципа суперпозиции волн. Возмущения в упругой зоне для i -го источника может быть описано следующим выражением [10]:

$$u_i = (u_{\max})_i e^{-\nu t} \sin \omega_i t, \quad (2)$$

где $(u_{\max})_i$ - максимальная амплитуда смещения для i -го заряда; ν - показатель затухания сейсмической волны; ω_i - частота колебаний от i -го источника. Тогда результирующее смещение при КЗВ n различных зарядов с интервалом замедления Δt будет определяться по формуле:

$$u = \sum_{i=1}^N u_i,$$

или с учетом формул (1-2) получим выражение:

$$u = \sum_{i=1}^n k(Q_i / r_i)^\mu e^{-\nu t} \sin \omega_i(t - (i-1)\Delta t). \quad (3)$$

Исследовалось влияние распределения масс зарядов внутри группы на параметры сейсмозрывных волн. При этом считалось, что взрывается одинаковая групповая масса, но по разным схемам. В случае трех зарядов по первой схеме взрывается сначала заряд меньшей массы, затем - большей, и, наконец, меньшей, равный по массе первому заряду. Назовем эту схему «треугольник вверх». По второй схеме взрывается заряд большей массы, затем меньшей, и снова большей («треугольник вниз»). При увеличении количества зарядов такое распределение масс сохраняется по двум предложенным схемам.

Рассматривался взрыв системы цилиндрических зарядов тротила в суглинке с интервалом замедления $\Delta t = 0.02 \text{ c}$. Исследовались различные варианты распределения масс. Примем массу 36 кг за единичный заряд q . Тогда в первом варианте расчетов по первой схеме массы последовательно высаживаемых в воздух зарядов были следующими: $q, 1.4q, q$; по второй - $1.2q, q, 1.2q$.

На рисунке 1 представлены зависимости смещения от времени на расстоянии 1000 м от источника взрывов. Нумерация кривых соответствует нумерации предложенных схем взрывания. Из анализа рисунка следует, что при незначительной разнице в амплитудах смещения частота колебаний при взрыве зарядов по второй схеме в два раза больше, чем по первой, что является неблагоприятным фактором для сейсмостойкости охраняемых объектов.

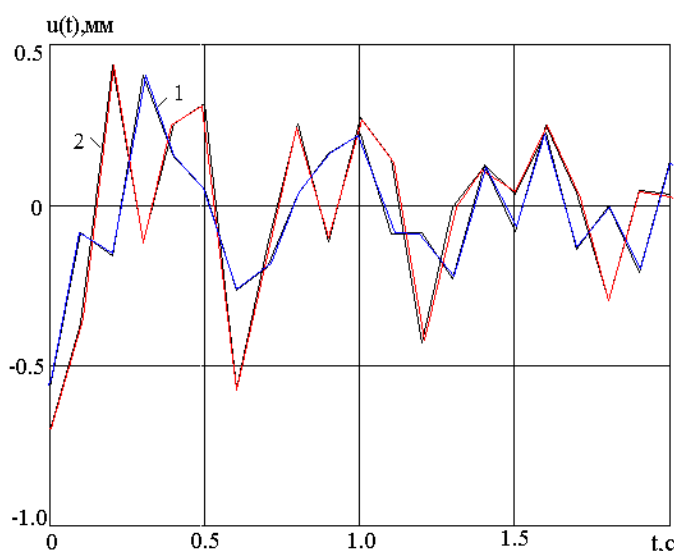


Рисунок 1 Зависимости смещения от времени на расстоянии 1000 м от эпицентра взрывов: 1 – для первой схемы; 2 – для второй схемы.

Для изучения влияния интервалов замедления на спектр сейсмических колебаний проводились исследования групповых взрывов по первой схеме. На рисунке 2 представлены зависимости смещения от времени для различных интервалов замедления: кривая 1 соответствует $\Delta t = 0.02 \text{ c}$, 2 - $\Delta t = 0.04 \text{ c}$, 3 - $\Delta t = 0.065 \text{ c}$. Из анализа рисунка видно, что сначала с ростом интервала замедления амплитуда и частота колебаний уменьшается, а при дальнейшем росте - увеличивается, т.е. для конкретных условий взрывания существует оптимальный интервал замедления. В данном случае это $\Delta t = 0.04 \text{ c}$.

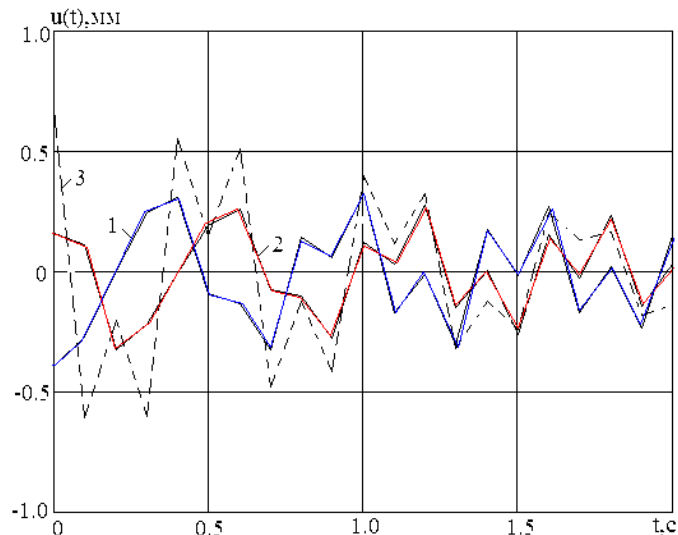


Рисунок 2 Зависимости смещения от времени на расстоянии 1000 м от эпицентра взрывов: 1 - $\Delta t = 0.02$ с, 2 - $\Delta t = 0.04$ с, 3 - $\Delta t = 0.065$ с

На рисунке 3 приведены зависимости смещения от времени взрывов с различными, но близкими интервалами замедления: 1 - $\Delta t = 0.04$ с, 2 - $\Delta t = 0.045$ с, 3 - $\Delta t = 0.05$ с. Из рисунка следует, что при увеличении интервала замедления на 5 мс (кривая 2) происходит резкое возрастание амплитуды (в 1.8 раз) и частоты (в 2 раза) колебаний. При дальнейшем росте интервала на 5 мс амплитуда и частота уменьшается по сравнению со вторым вариантом, но увеличивается по отношению к первому варианту. Это связано с тем, что волны с одинаковой фазой складываются, а с разными - вычитаются.

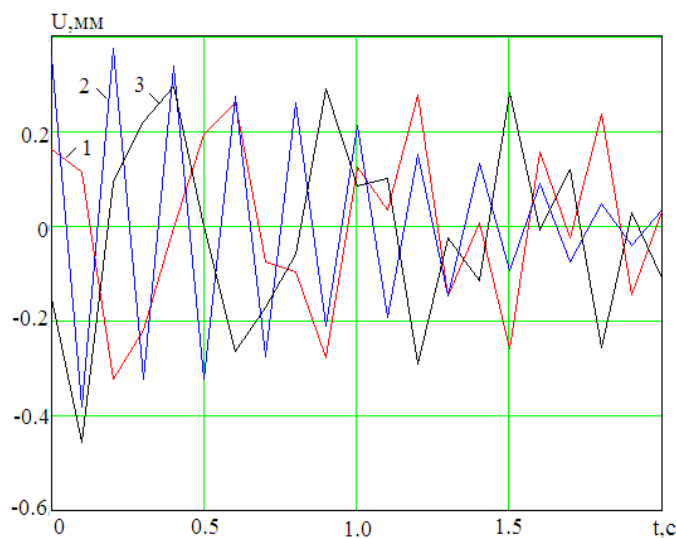


Рисунок 3 Зависимости смещения от времени на расстоянии 1000 м от эпицентра взрывов: 1 - $\Delta t = 0.04$ с, 2 - $\Delta t = 0.045$ с, 3 - $\Delta t = 0.05$ с

Аналогичный результат получен и для следующих интервалов замедления (рисунок 4): 1 - $\Delta t = 0.06$ с, 2 - $\Delta t = 0.065$ с, 3 - $\Delta t = 0.7$ с.

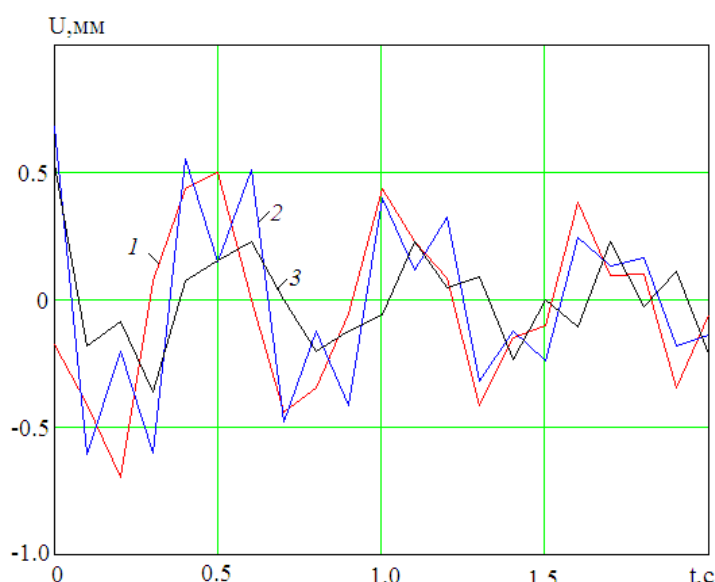


Рисунок 4 Зависимости смещения от времени на расстоянии 1000 м от эпицентра взрывов: 1 - $\Delta t = 0.06$ с, 2 - $\Delta t = 0.065$ с, 3 - $\Delta t = 0.7$ с

Из результатов исследований следует, что незначительное изменение интервалов замедления может привести к значительным (в несколько раз) изменениям амплитудно-частотных характеристик колебательного процесса охраняемых объектов. Поэтому для обеспечения устойчивости сооружений необходимо проводить расчеты амплитудно-частотного спектра для конкретных грунтовых характеристик и условий взрывания.

ВЫВОДЫ

1. Разработана эффективная методика расчета сейсмозрывных волн при короткозамедленном взрывании системы цилиндрических зарядов, которая позволяет определять волновые параметры в зависимости от распределения масс зарядов внутри группы и интервалов замедления.

2. Установлено, что существуют оптимальные схемы взрывания (для исследуемых условий - "треугольник вверх" с разницей масс в 40%, что позволяют получить эффективное дробление горной массы и обеспечить сейсмическую безопасность охраняемых объектов.

3. Для конкретных грунтовых характеристик и условий взрывания существует оптимальный интервал замедления (в данном случае это 40мс), незначительное изменение которого (на 5 мс) может привести к значительным (в два раза) изменениям амплитудно-частотных характеристик колебательного процесса охраняемых объектов.

4. Направлением дальнейших исследований является изучение влияния грунтовых условий, параметров зарядов и их взаимного расположения на спектральные характеристики сейсмических колебаний. Результаты данной работы могут быть использованы при проектировании взрывных работ для расчета рациональных схем взрывания и управления сейсмозрывным спектром колебаний.

References:

1. Sadovskiy MA (1940) Seysmicheskiy ieffekt vzryva. Trudy vsesoyuznogo soveschaniya po burovzryvnym rabotam, pp. 290-319.
2. Bogackiy VF, Fridman AG (1982) Ohrana inzhenernyh sooruzheniy i okruzhayushey sredy ot vrednogo deystviya promyshlennyh vzryvov. Moscow, Nedra, pp.162.

3. Mironov PS (1973) Vzryvy i seysmbezopasnost' sooruzheniy. Moscow, Nedra, pp.168.
4. Safonov LV, Kuznecov GV (1967) Seysmicheskiy ieffekt vzryva skvazhinnyh zaryadov. Moscow, Nauka, pp. 102.
5. Ceytlin YaI, Smoliy NI (1981) Seysmicheskie i udarnye vozduzhnye volny promyshlennyh vzryvov. Moscow, Nedra, pp. 192.
6. Vovk AA, Kugel' M (2002) Issledovanie vliyaniya simmetrii na parametry istochnika seysmicheskikh voln. Prikladnaya gidromehanika, No. 2, pp. 14-22.
7. Kuzmenko AA, Vorobev VD, Demeshchuk LI (1993) Seismik effects of blasting in rock. Oxford IBH Pyblishing Co. Pvt. Ltg, pp. 169.
8. Boyko VV, Remez NS, Hlevnyuk TV (2002) Osobennosti mehanizma obrazovaniya istochnika seysmoizlucheniya pri vzryvnom razrushenii anizotropnyh gornyh massivov. Visnik Nacional'nogo tehnicnogo universitetu Ukraïni "KPI". Seriya "Girnictvo", No.7, pp.77-83.
9. Boyko VV, Hudek M, Remez DA (2003) Osobennosti deformirovaniya myagkogo grunta pod deystviem vzryva sfericheskogo zaryada. Materialy Mezhdunarodnoy konferencii VI Szcola geomechanici (Gliwice – Ustron), pp. 33-40.
10. Harkevich AA (1962) Spektry i analiz. Moscow, Nedra, pp. 146.