

## **СЕЙСМИЧЕСКИ БЕЗОПАСНЫЕ ПАРАМЕТРЫ ВЗРЫВОВ В КАРЬЕРЕ ПРИРОДНОГО КАМНЯ**

Дановский А. Д., Киончик И. В.

Научный руководитель – д.т.н., профессор Оника С.Г.

Белорусский национальный технический университет

Приведены результаты исследований сейсмического действия взрывов в сложных горно-геологических условиях разработки гранитного карьера. Выполнено районирование карьера природного камня по допустимой массе взрываемого взрывчатого вещества на ступень замедления.

При применяемой на карьерах технологии взрывов зарядов с миллисекундными замедлением общая энергия взрыва разделяется на отдельные части и передаётся среде, в которой она распространяется также отдельными частями. В результате этого максимальные колебания в определённой точке или районе расположения охраняемого объекта обуславливаются не всей массой ВВ взрыва, а только её частью, взрываемой на ступень замедления, т.е. массой заряда на ступень замедления. Первым, кто представил убедительные результаты независимости сейсмического эффекта от общей массы взрываемого ВВ и указал на определяющее значение массы заряда на ступень замедления, был профессор Гарвардского университета и главный сейсмолог Гарвардской сейсмологической станции Л.Дон-Лит. Свои результаты он представил в монографии «Сейсмическое действие взрыва» в 1963 году. Следует отметить, что модель Л.Дон-Лита расходилась с господствующей в то время концепцией сейсмического эффекта академика М.А. Садовского и его последователей, в соответствии с которой сейсмический эффект зависит от общей массы взрываемого ВВ. Следствием этого явилось

ограничение общей массы взрываемого ВВ на карьерах, что нашло отражение в частности и в рекомендациях, выданных РУПП «Гранит» Ленинградским горным институтом для карьера «Микашевичи» и препятствовало применению крупномасштабных взрывов и повышению эффективности взрывных работ. Практика масштабных взрывов, при которых взрывалось за один взрыв до 1100 тонн ВВ, и их исследования, выполненные на нерудных и рудных карьерах Украины лабораторией сейсмоки Научно-исследовательского горно-рудного института, подтвердили концепцию независимости сейсмического эффекта от общей массы взрываемого ВВ.

На рисунке представлены зависимости, характеризующие влияние числа ступеней замедления с различной массой зарядов ВВ на скорость смещений грунта по материалам базы данных «Параметры взрывов-параметры колебаний» на нерудных и рудных карьерах.

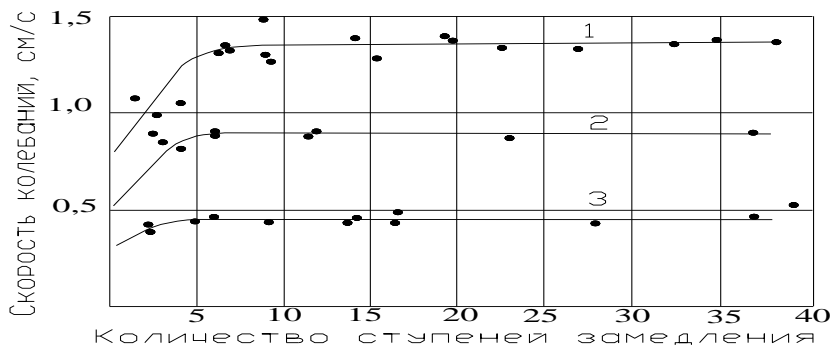


Рис. 4.1 Влияние числа ступеней замедления ( $N$ ) на величину скорости колебаний при максимальной массе заряда: 1 – 2 т; 2- 5 т; 3 – 10 т.

Из анализа представленных графиков совершенно очевидно:

после взрыва первых трёх-шести групп зарядов проявляется независимость сейсмического эффекта от общей массы взрываемого ВВ, что очевидно связано не только с разделением взрыва во времени и сокращением его количества, взрываемого в одну миллисекунду, но и значительным рассредоточением массы взрываемого ВВ на площади карьера, особенно отчётливо проявляющимся при большом количестве скважин.

Данный факт имеет экспериментальное подтверждение на сейсмограммах крупномасштабных взрывов.

В не вполне очевидном виде этот, очень важный, с практической точки зрения, вывод отражён в методике определения сейсмически безопасных расстояний, приведённой в Единых правилах безопасности при взрывных работах, принятых в Беларуси. Согласно инструкции Единых правил безопасности при взрывных работах, при одновременном взрывании  $N$  зарядов ВВ общей массой  $Q$  со временем замедления между взрывами каждого заряда не менее 20 мс, определение безопасных расстояний производится по формуле:

$$r_c = K_r K_c \frac{\alpha}{N^{1/4}} Q^{1/3}, \quad (1)$$

Где  $K_r$ ,  $K_c$  и  $\alpha$  - эмпирические коэффициенты, учитывающие свойства грунтов в основании охраняемых объектов, типы охраняемых объектов и способ взрывания (рыхление или выброс породы) ;

$N$  - число групп зарядов;

$Q$  - общая масса взрываемого ВВ.

Учитывая, что в правой части формулы содержатся зависимые величины выразим:  $Q = Q_{rp} N$ , где -  $Q_{rp}$  масса взрываемого ВВ на ступень замедления, и представим вышеприведённую формулу в виде равносильного выражения:

$$r_c = K_r K_c \alpha N^{0,08} Q_{rp}^{1/3}. \quad (2)$$

Из анализа формулы видно, что влияние на сейсмический эффект собственно общей массы взрываемого ВВ незначительно, так как с ростом  $N$  увеличение сейсмически безопасного расстояния происходит медленно ( $N^{0,08}$  близко к единице).

Учитывая эмпирическую природу рассматриваемых формул и точность сейсморегирующей аппаратуры, характеризующейся погрешностью измерений 10-15%, можно с уверенностью признать чрезмерность уточнений, связанных с учётом общей массы взрываемых зарядов. Из теории ошибок следует, что при относительной погрешности 10-15 % в определении сейсмически безопасного расстояния показатель степени нельзя определить с точностью до 3-го знака и, учитывая порядок этого числа, его можно принять равным нулю. Тогда сейсмически безопасное расстояние оказывается независимым от общей массы взрываемого заряда, что подтверждается практикой крупномасштабных взрывов на карьерах. В результате этого максимальные колебания в определённой точке или районе расположения охраняемого объекта обуславливаются не всей массой ВВ, а только её частью, взрываемой на ступень замедления, т.е. массой заряда на ступень замедления. Деление общей массы зарядов взрывчатого вещества на отдельные группы, взрываемые через определённый интервал закономерно приводит к снижению амплитуды и скорости смещений

грунта, что связано с уменьшением массы зарядов ВВ, взрываемых в единицу времени.

В сложных горнотехнических условиях расчёт сейсмической безопасности должен выполняться с заданной надёжностью, которая регламентируется принятым уровнем вероятности для верхнего значения скорости смещений. Согласно Единым правилам безопасности при взрывных работах, параметры взрывов должны обеспечивать отсутствие повреждений с вероятностью 0,1.

С использованием вышеприведённой зависимости, выполняется районирование поля карьера природного камня, по сейсмически безопасной массе заряда на ступень замедления.

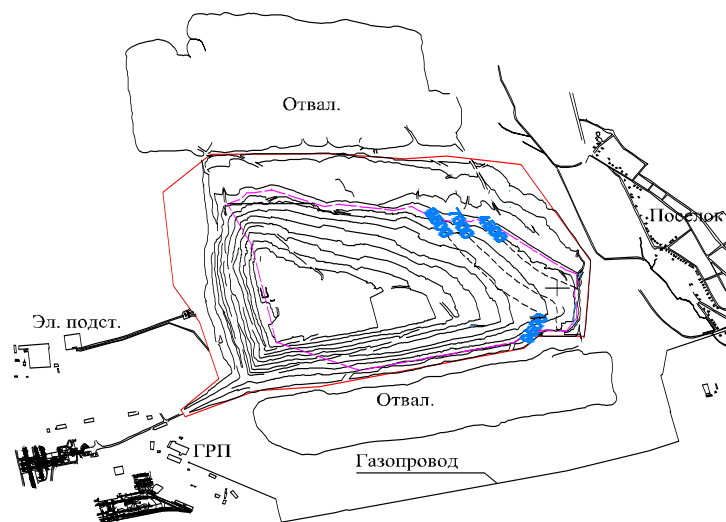


Рисунок. Карта допустимой массы зарядов ВВ

Выполненная работа позволяет снять ограничения по общей массе взрываемого ВВ и обеспечить оперативную оценку сейсмической безопасности взрывов.