УДК 622.271

М.К.ЕГИЗБАЕВ, В.Л.ВЫХОДЦЕВ
Зырьяновский горно-обогатительный комплекс АО «Казцинк», Казахстан
В.А.АРТЕМОВ, Е.Ю.ВИНОГРАДОВА, С.В.ЩЕРБИЧ
Санкт-Петербургский государственный горный институт (технический университет), Россия

СЕЙСМИЧЕСКОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ ВЗРЫВА НА ИНЖЕНЕРНЫЕ СООРУЖЕНИЯ И МАССИВ ГОРНЫХ ПОРОД

Анализируется вопрос сейсмозащиты окружающей среды при буровзрывном способе проходки тоннелей. На основе экспериментальных исследований рассмотрена оценка размеров зоны упругопластических деформаций, образующейся при взрыве. Предложен метод определения параметров сейсмовзрывных волн, а также коэффициентов их затухания в ближней зоне взрыва.

The question of environmental seismic protection during tunneling using blasting methods is examined in the given article. According to experimental efforts the question of elasto-plastic deformation zone's dimension estimation is examined. The method of seismic wave's parameters determination and determination of its attenuation factor in the near-field region was suggested.

Строительство большинства тоннелей осуществляется буровзрывным способом. Наряду с положительными сторонами такого способа строительства применение взрывных работ сопровождается их негативным воздействием на окружающую среду и вблизи расположенные инженерные сооружения.

Взрыв – это быстропротекающий физико-химический процесс превращения вещества с выделением большого количества энергии в ограниченном объеме. Однако примерно 5 % этой энергии расходуется на совершение взрывом полезной работы, т.е. на механическое разрушение горных пород, остальная ее часть теряется вследствие возникновения химических и тепловых потерь, а также реализуется в бесполезных формах работы взрыва (неуправляемый разлет кусков взрываемой породы, образование воздушной и сейсмической волн, а также выброс в окружающую среду вредных газообразных и аэрозольных веществ). Именно эти бесполезные (согласно М.А.Садовскому и А.Ф.Беляеву) формы механической работы энергии взрыва и определяют негативное влияние последнего на растительный и животный мир, приводят к разрушению природных ландшафтов, инженерных сооружений.

Защита окружающей среды от воздействия взрывных работ является очень сложной и комплексной по своей природе задачей, поскольку размер сейсмического эффекта, давление ударной воздушной волны, так же как неуправляемый разлет горной массы и выделение в атмосферу вредных продуктов взрыва, зависят от многих параметров и определяются многочисленными критериями.

Однако результаты научных исследований и практика ведения буровзрывных работ позволили разработать методы и способы защиты от большинства негативных воздействий. Так, выброс в окружающую среду вредных газообразных и аэрозольных веществ нивелируется применением взрывчатых веществ с нулевым кислородным балансом, специальных конструкций забоек и, наконец, использованием различных схем вентиляции.

Неуправляемый разлет кусков раздробленной породы ликвидируется применением защитных матов и других сооружений. Снижение параметров ударно-воздушной волны осуществляется использованием разработанных для этого случая забоек и защитных завес.

Значительно сложнее вопрос о защите массива горных пород от сейсмического воздействия взрыва. Ведение взрывных работ в непосредственной близости от инженерных сооружений и обнажений горных пород связано с необходимостью тщательного расчета сейсмической активности взрывов. По степени сейсмического воздействия на массив можно выделить две зоны: зону упругопластических деформаций (ближняя зона взрыва), где породы раздроблены и смещены, и зону упругих деформаций, где остаточные деформации отсутствуют.

Для точек массива, удаленных от места взрыва на расстояние R, давление на фронте напряжений пропорционально количеству взрывчатого вещества Q и обратно пропорционально расстоянию. Скорость колебаний при этом определяется известным соотношением $u = k\left(\sqrt[3]{Q} / R\right)^n$.

Значения коэффициента k и показателя степени n для различных по своим свойствам пород можно найти в работах [2, 3, 7, 8]. Табличные значения k и n относятся обычно к зоне упругих деформаций. Но, как показал в своей работе М.А.Нефедов [4], сейсмический эффект взрыва зависит в большей степени от закономерностей поглощения и распространения взрывных волн в зоне упругопластических деформаций (до $70R_0$). Так, для различных по свойствам пород одного и того же месторождения показатель затухания в ближней зоне изменяется от 1,87 до 6,16 [4]. По данным Горного бюро США [2], значения скорости на фронте волн напряжений при одинаковых приведенных расстояниях в разных породах могут отличаться в 4 раза.

Более того, по результатам экспериментальных исследований [5, 6], при взрыве зарядов взрывчатых веществ вблизи свободной поверхности формирование сейсмических волн носит сложный характер и в большей степени зависит от условий взрывания. От свойств горных пород зависит поглощение сейсмических волн, причем наибольшая разница в значениях показателя затухания наблюдается в упругопластической зоне деформаций.

В связи с вышесказанным следует сделать вывод, что, несмотря на большой экспериментальный материал по исследованию закономерностей распространения сейсмовзрывных волн в дальней сейсмической зоне (зоне упругих деформаций), расчетные оценки параметров сейсмического действия взрыва могут носить лишь оценочный характер. Для строгого установления параметров сейсмовзрывных волн необходимо в каждом конкретном случае производить инструментальный контроль за сейсмическим действием взрыва.

Прогнозирование параметров сейсмических волн в зоне упругих деформаций (дальняя зона) затруднено. Однако такое прогнозирование возможно после инструментальных исследований. Более того, защита от сейсмического воздействия взрыва в этой зоне или, во всяком случае, значительное уменьшение амплитудных значений скоростей смещения в районе охраняемого сооружения давно существует – это, например, экранирующая щель [1].

В то же время вопрос об оценке размеров зоны упругопластических деформаций (ближняя сейсмическая зона) остается открытым, хотя этих размеров, а также значений коэффициента затухания сейсмовзрывных волн в ближней зоне часто не хватает при решении целого ряда инженерных задач. Примером может служить проходка параллельного тоннеля рядом с действующим.

С целью решения вопроса прогнозирования параметров сейсмовзрывных волн в ближней зоне была апробирована методика, разработанная на кафедре разрушения горных пород СПГГИ [4], суть которой заклю-



Рис.1. Зависимость ускорений от расстояния до взрыва

1 – медно-цинковые руды; 2 – полиметаллические руды; 3 – смешанные медно-цинковые и полиметаллические руды

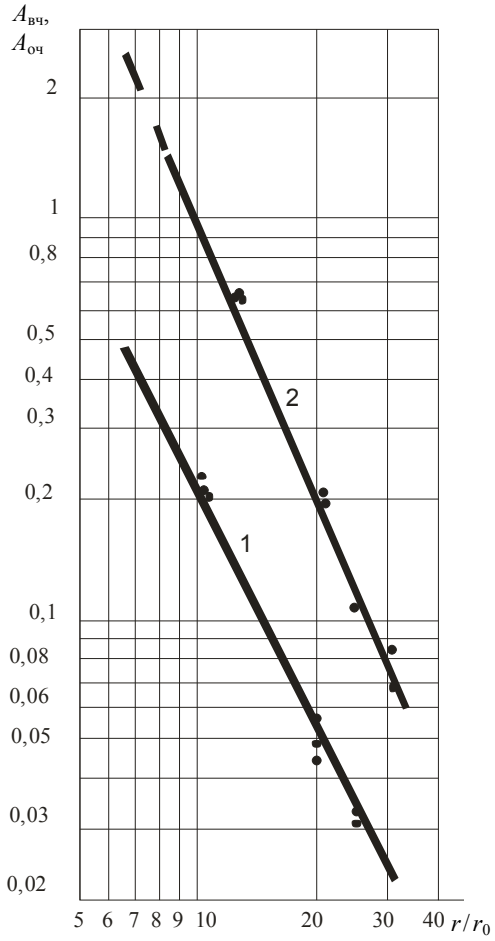


Рис.2. Зависимость отношения амплитуды высокочастотного сигнала к амплитуде основного импульса от относительного расстояния

1 – медно-цинковые руды; 2 – полиметаллические руды

чается в измерении ускорений при помощи пьезоакселерометра.

Экспериментальные работы проводили на медно-цинковых и полиметаллических рудах Малевского рудника. Пьезоакселерометры устанавливали на одинаковой глубине, равной глубине заложения заряда 10, 20 и 30 относительных радиусов, диаметр заряда 102 мм. Масса заряда аммонита 6ЖВ составила 2 кг. Плотность руд и коэффициент их крепости по шкале Протодьяконова одинаковы. Отличается лишь минералогический состав руд. Однако, как видно из графиков (рис.1), закон затухания для этих пород существенно отличается, а показатель затухания равен 1,3-2,3.

Это означает, во-первых, что показатель сейсмовзрывных волн в ближней зоне взрыва может служить информативной характеристикой массива горных пород; во-вторых, свидетельствует о серьезном различии в аккумулировании энергии в ближней зоне в зависимости даже от незначительного, на первый взгляд, различия в свойствах горных пород.

Из экспериментальных данных (рис.2) видно, что практически вся высокочастотная составляющая поглощается на расстоянии до 20 относительных радиусов, выделяя в ближней зоне значительную часть энергии взрыва. Механизм поглощения высокочастотной составляющей следует связать с переизмельчением среды в области, непосредственно прилегающей к заряду.

Полученные экспериментальные результаты показывают возможность инструментальной оценки ближней сейсмической зоны взрыва с использованием вышеуказанной методики.

Более того, продолжение аналогичных исследований в различных горных породах позволит получить исходный материал для создания расчетной зависимости прогноза размеров ближней сейсмической зоны и оценки аккумулируемой в ней энергии взрыва.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Виноградова Е.Ю.* Исследование эффективности отрезной щели для снижения сейсмического воздействия

при строительстве тоннелей // Зап. Горного института. 2006. Т.167. Ч.1. С.54-56.

2. *Миронов П.С.* Взрывы и сейсмобезопасность сооружений. М.: Недра, 1973. 168 с.

3. *Мосинец В.Н.* Исследование особенностей сейсмического действия взрывов на карьере со сложными горно-геологическими условиями / В.Н.Мосинец, Э.А.Григорьянц, А.И.Тетерин / Физ.-техн. проблемы разработки полезных ископаемых. 1977. № 3. С.33-43.

4. *Нефедов М.А.* Исследование формирования и распространения сейсмических волн при массовых взрывах на карьерах: Автореф. дис. … канд. техн. наук / Ленинградский горный ин-т. Л., 1977. 22 с.

5. *Нефедов М.А.* Определение эффективности дробления массива горных пород по данным анализа сейсмовзрывных волн в зоне разрушения / М.А.Нефедов, В.П.Макарьев, Ю.И.Виноградов // Управление сейсмическим воздействием массовых взрывов в различных горно-геологических условиях. Киев: Наукова думка, 1976. С.37-38.

6. Сейсмическое действие массовых взрывов на сооружения Оленегорского ГОКа / М.А.Нефедов, В.А.Михайлов, В.П.Макарьев, Ю.И.Виноградов // Управление сейсмическим воздействием массовых взрывов в различных горно-геологических условиях. Киев: Наукова думка, 1976. С.35-36.

7. *Фадеев А.Б.* Дробящее и сейсмическое действие взрывов на карьерах. М.: Недра, 1972. 133 с.

8. *Фадеев А.Б.* Исследование устойчивости бортов карьеров в скальных и полускальных породах: Автореф. дис. … докт. техн. наук / Институт физики Земли АН СССР. М., 1974. 40 с.