УДК 622.23.037.008

Е.Ю.ВИНОГРАДОВА
Горный факультет
группа ИЗ-01-1, ассистент профессора

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОТРЕЗНОЙ ЩЕЛИ ДЛЯ СНИЖЕНИЯ СЕЙСМИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ ТОННЕЛЕЙ

Рассматривается вопрос сейсмозащиты окружающей среды и охраняемых объектов при буровзрывном способе проходки тоннелей. Показано, что создание отрезной щели уменьшает амплитудные значения сейсмовзрывных волн как минимум в три раза. Этот экспериментальный факт позволил использовать отрезную щель для проходки галереи Красно-Полянского тоннеля, применяя взрывные работы.

In given clause the question of seismic protection of an environment and guarding objects is examined, when drill-blast method is employed to pass the tunnels. It is shown that the creation of detachable aperture reduces peak meanings no less than in three times. This experimental fact has allowed to use detachable aperture for passing the gallery of Krasno-Polyanskii tunnel, applying blasting.

Техногенные процессы, сопровождающие строительство любых подземных объектов, в том числе и транспортных тоннелей, активизируют развитие некоторых геологических явлений. Наибольшую опасность для окружающей среды представляют нарушения естественного состояния массива горных пород, гидрогеологических условий, температурного поля и т.п. Следствием этих процессов являются осадки земной поверхности, изменения режима течения подземных вод, а в случае расположения вблизи строящихся тоннелей других наземных или подземных объектов возможное нарушение их штатной эксплуатации.

Строительство практически всех тоннелей, за редким исключением, осуществляется при помощи буровзрывных работ. Использование буровзрывных работ при проходке тоннелей сопровождается негативным воздействием на окружающий массив горных пород и вблизи расположенные инженерные сооружения сейсмовзрывных и ударно-воздушных волн. Причем это воздействие, определяемое горно-геологическими и технологическими факторами, может серьезно повлиять на качество и безопасность строительства самого объекта, а также снизить устойчивость функционирования близко расположенных инженерных сооружений.

Основной проблемой при ведении буровзрывных работ (например, при строительстве галереи на южном портале Красно-Полянского тоннеля) является предотвращение сейсмического воздействия взрыва на законтурный массив, обеспечение сохранности охраняемых объектов и окружающей природной среды.

Как показывает опыт, локализации нарушений в законтурной части массива горных пород можно добиться следующими способами:

ISSN 0135-3500. Записки Горного института. Т.167. Часть 1

• обуривания контура – исключение взрывных работ в плоскости контура;

• контурного взрывания – ограничение зоны дробления и трещинообразования при взрыве;

• предварительного щелеобразования – создание предварительной экранирующей щели между приконтурной и законтурной частями массива.

Реализация способа обуривания контура осуществляется за счет бурения по контуру откола ряда близкорасположенных, незаряженных взрывчатыми веществами (ВВ) шпуров, которые создают ослабленную плоскость. При взрывании зарядов ВВ с целью отбойки и дробления породы происходит отрыв по этим незаряженным контурным шпурам. Этот метод нашел применение при ведении взрывных работ в осадочных и метаморфизированных породах с наличием интенсивной трещиноватости и неоднородности.

Основным недостатком этого способа является его высокая стоимость за счет большого объема буровых работ и необходимости в специальном высокопроизводительном буровом оборудовании.

Способ контурного взрывания технологически наиболее полно вписывается в традиционные способы взрывной отбойки горных пород. Он основан на уменьшении зоны дробления и трещинообразования вокруг заряда за счет уменьшения расстояний между шпурами контурного ряда.

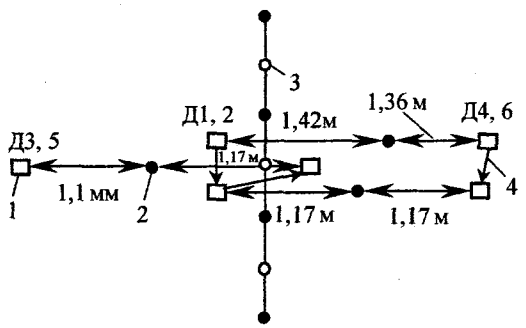
В зависимости от условий взрывания различают два способа контурного взрывания с характерной для каждого из них своей формой разрушения горных пород. Первый – мгновенный взрыв контурных зарядов в ограниченном с одной стороны (или обеих сторон) от проектного контура породном массиве, при котором происходят откол и некоторое смещение предконтурного (отбиваемого) породного слоя от массива или одной его части от другой – способ контурного взрывания с мгновенной отбойкой предконтурного породного слоя. Второй способ заключается в разновременном взрывании контурных зарядов на обнаженную поверхность породного массива. Предконтурный породный слой отбивается частями в виде воронок разной формы в зависимости от их взаимного влияния – способ контурного взрывания с разновременной отбойкой предконтурного породного слоя.

Геомеханическими эффектами контурного взрывания, предопределяющими эффективность его применения для данной конкретной задачи, являются: сохранность естественной монолитности горных пород по разные стороны или по одну сторону от контура разрушения; разгрузка на контурную щель приконтурного породного массива от действий статического силового поля.

Для предотвращения последствий сейсмического воздействия взрывных работ (оползневые явления, обрушения) на массив горных пород были проведены экспериментальные работы, задачами которых было определение скоростей распространения сейсмовзрывных волн в породах, где предполагаются взрывные работы при строительстве тоннеля, а также оценка уровня затухания сейсмовзрывных волн при прохождении искусственно созданной отрезной щели.

Программа экспериментальных работ включала маломасштабные полигонные исследования: создание отрезной щели взрывным способом (бурение 7 шпуров глубиной 1,5 м по прямой линии (расстояния между шпурами 0,2-0,25 м); заряжение 4 шпуров через холостой шпур; вес зарядов в заряжаемом шпуре 0,1 кг; мгновенное взрывание заряженных шпуров); проведение маломасштабных взрывов с одновременной регистрацией сейсмовзрывных волн за отрезной щелью и перед ней.

Для создания сейсмовзрывных волн производился взрыв одного заряда ВВ весом 0,05-0,2 кг, размещенного в шпуре, пробуренном на глубину 1 м на расстоянии 1 м от модели щели. План эксперимента представлен на рисунке.



План эксперимента
1 – сейсмоприемник; 2 – заряженный шпур; 3 – холостой шпур; 4 – направление перестановки сейсмоприемников

Замеры параметров сейсмовзрывных волн осуществлялись за отрезной щелью и перед ней. Взрыв шпурового заряда повторялся три раза. Регистрация сигналов велась для вертикальной компоненты скорости смещения.

При измерении параметров сейсмовзрывных волн использовалось следующее оборудование: сейсмоприемники электродинамического типа – СВ-30 с коэффициентом преобразования 14 ± 12 % В·с/м; цифровой осциллограф TDS3034B; аналого-цифровые преобразователи Е-330; портативный компьютер Toshiba; цифровая камера Sony DSC-P9.

С целью повышения надежности и достоверности получаемых результатов каждая измеряемая точка снабжалась двумя сейсмоприемниками, сигналы с которых регистрировались параллельно на две измерительные системы: цифровой осциллограф и аналого-цифровой преобразователь, подключенный к портативному компьютеру.

Такой подход позволил решить две задачи: проверить качество акустического контакта между сейсмоприемником и горной породой (акустический контакт осуществлялся с помощью быстросхватывающегося строительного гипса); а также проверить достоверность измеряемых скоростей смещения (цифровой осциллограф TDS3034B представляет собой измерительное средство с известными метрологическими характеристиками). Средняя продолжительность сейсмического воздействия не превышала 70 мс с пиковыми значениями скоростей смещения до нескольких десятков сантиметров в секунду. Результаты пиковых значений скоростей смещений грунта для вертикальной компоненты колебаний при образовании щели и проведении опытных взрывов приведены в таблице.

Значения скоростей смещения грунта при проведении опытного взрыва

События	Скорость смещения, см/с		
	Датчики		
	1, 2	3, 5	4, 6
Образование щели	16,9	2,56	8,06
Первый опытный взрыв	1,64	0,38	4,90
Второй опытный взрыв	11,8	1,85	32,0
Третий опытный взрыв	31,7	38,9	6,02

Выводы

1. После предварительного щелеобразования буровзрывным способом уровень сейсмовзрывного воздействия уменьшился более чем в три раза.

2. Скорость смещения грунта за экранирующей щелью на расстоянии более 1 м при взрыве одиночного заряда массой до 0,2 кг не превышает 6 см/с.

3. Полученные результаты свидетельствуют о том, что предварительное щелеобразование может быть рекомендовано для снижения уровня сейсмического воздействия на законтурный массив при проходке галереи, примыкающей к тоннелю, буровзрывным способом.

Научный руководитель д.т.н. проф. *С.Г.Гендлер*