

УСТАНОВЛЕНИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ ДЕЙСТВИЯ ВЗРЫВА ОДИНОЧНОГО ЗАРЯДА ПРИ МОДЕЛИРОВАНИИ НА ЭКВИВАЛЕНТНЫХ МАТЕРИАЛАХ

Приведена конструкция стенда для моделирования механического действия подземного взрыва. Представлены результаты моделирования взрыва камуфлетного заряда и заряда на выброс на моделях из песка и тиосульфата натрия.

Construction of a table simulator to model mechanical action of underground blasts is presented. Data on inducer charge explosion simulation and excavating blasting are presented, tested on sand and sodium thiosulphate models.

При изучении механического действия подземного взрыва для разрушения массива горных пород необходимо установить закономерности образования камуфлетных полостей и воронок выброса. Простейшей формой взрывного воздействия на горный массив считается взрыв одиночного заряда в виде камуфлета или на выброс. Особенный интерес представляет задача по установлению границы перехода от камуфлета к взрыву на выброс, поскольку она позволяет уточнить механизм воздействия взрыва точечного заряда на массив пород и проверить корректность существующих расчетных методов. Однако в настоящее время нет единой точки зрения на расчет параметров взрыва при переходе от камуфлета к зарядам на выброс. Исследование этой задачи удобнее всего проводить в управляемом эксперименте, в частности – на моделях.

Цель работы – изучение закономерностей формирования камуфлетной полости и воронки выброса на модели.

Существующие устройства дают возможность моделировать либо взрыв на выброс [2, 5, 6] либо только камуфлетный взрыв [3]. Однако они не позволяют совместить в одном устройстве изучение перехода от камуфлетного заряда к взрыву на выброс. С целью устранения этого недостатка нами

был разработан лабораторный стенд для моделирования механического действия взрыва, позволяющий достаточно широко варьировать основные влияющие параметры [4].

В опытах использовались точечные пороховые заряды энергией 928; 1037 и 1174 Дж. Объем камуфлетных полостей, полученных в результате моделирования, измерялся путем их заполнения сухим речным песком из мерной колбы. Радиус камуфлетной полости на поверхности измерялся штангенциркулем в восьми направлениях (через 45°). Глубину линии наименьшего сопротивления (ЛНС – расстояние от центра заряда до обнаженной поверхности) задавали от 40 до 180 мм. Испытания для каждого значения ЛНС проводили как минимум 2 раза. Если погрешность опыта не превышала 10 %, данные усредняли, в противном случае проводили дополнительный опыт. Аналогично выполняли опыты и при другой мощности зарядов.

При одной и той же энергии заряда по мере его углубления воронка выброса и угол ее раскрытия существенно уменьшались, постепенно переходя к камуфлетной полости. Механическое воздействие заряда на поверхность модели изменялось, переходя от минимальной воронки выброса в виде трубы через вспучивание поверхности до полного камуфлета.

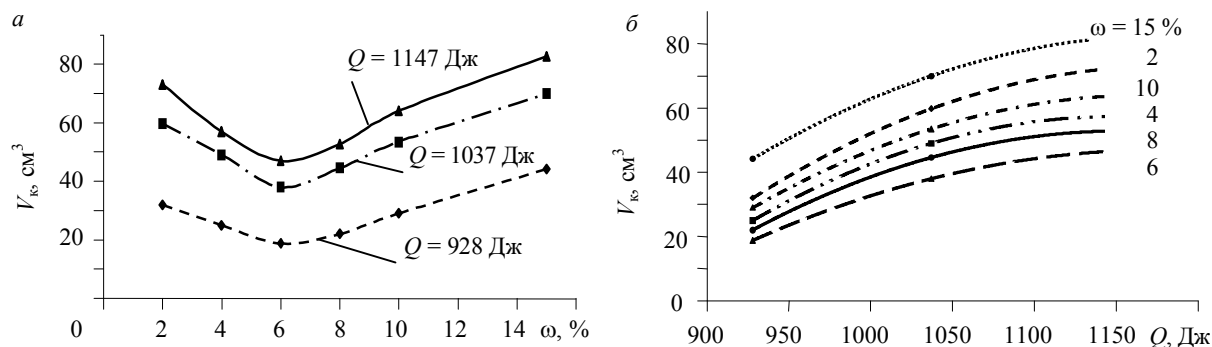


Рис.1. Зависимости объема камуфлетной полости от влажности песка и мощности заряда

Следует отметить, что из-за особенностей модели, когда заряд помещался на ее дно и его воздействие на эквивалентный материал было ограничено жесткой поверхностью снизу и направлено только вверх, вся энергия заряда расходовалась на создание камуфлетной полости в виде тела вращения с вертикальной осью симметрии. При полном камуфлете тело вращения приближалось к полусфере, а по мере уменьшения глубины заложения заряда полусфера переходила в форму симметричного полуовоида, который можно приближенно описать как полуэллипсоид, у которого большая полуось направлена по нормали к поверхности.

Для удобства представления и сравнения результатов моделирования согласно теории геомеханики взрыва проф. Г.Г.Литвинского, экспериментальные данные были представлены на диаграмме-квадрате взрыва, для чего были введены безразмерные характеристики, позволяющие обобщить все данные на одном графике:

$$W_r = \frac{W_i}{W_{\hat{e}}}, 0 \leq W_r \leq 1;$$

$$V_r = \frac{V_i}{V_{\max}}, 0 \leq V_r \leq 1;$$

$$\alpha_r = \frac{\alpha_i}{\alpha_{\max}}, 0 \leq \alpha_r \leq 1,$$

где W_r , V_r , α_r – соответственно приведенные линия наименьшего сопротивления, объем и

угол раствора воронки выброса; W_i , V_i , α_i – текущие значения линии наименьшего сопротивления, объема и угла раствора воронки выброса; W_k – критическая глубина заложения заряда, при которой взрыв на выброс переходит в камуфлет; $V_{\max}$, $\alpha_{\max}$ – максимальные значения соответственно объема и угла раствора воронки выброса.

В результате проведенных лабораторных исследований (рис.1) доказана возможность моделирования действия камуфлетного заряда и заряда на выброс на разработанном экспериментальном стенде; при этом установлено, что экспериментальные данные находятся в хорошем соответствии с теорией взрыва проф. Г.Г.Литвинского, отраженной на диаграмме – квадрате взрыва (рис.2).

В ходе проведенных исследований установлены следующие закономерности:

- при изменении влажности песка объем камуфлетной полости имеет минимум при влажности 5-7 % (аналогичные данные были получены авторами работы [1]), что соответствует максимуму прочности песка при этой влажности (рис.1, а);

- при увеличении заряда объем камуфлетной полости увеличивается по параболической зависимости (рис.1, б);

- по мере увеличения глубины расположения заряда радиус воронки выброса изменяется по параболической зависимости, с максимумом при $W_r = 0,5$, а затем, при достижении критической глубины $W_r = 1,0$ стремится к нулю (рис.2);

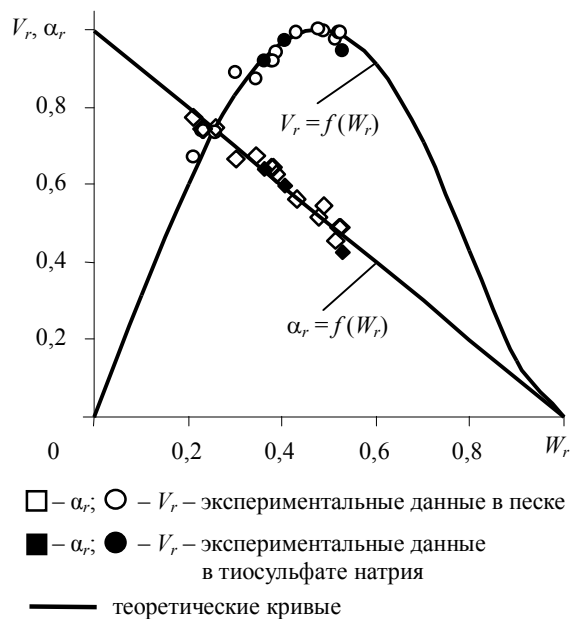


Рис.2. Зависимости угла раствора α_r и объема воронки выброса V_r в песке и тиосульфате натрия от относительной линии наименьшего сопротивления W_r

• угол раствора воронки выброса уменьшается по линейной зависимости и

становится равным нулю при камуфлетном взрыве.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Абрамов В.Н.* Особенности определения коэффициента уплотнения песчано-щебеночной подушки под плитный фундамент многоэтажного здания / В.Н.Абрамов, В.В.Азараев, О.А.Синюгин // Современные проблемы строительства / Донецкий ПромстройНИИпроект. Донецк, 2006. С.114-121.
2. Комплексное исследование действия взрыва в горных породах / Э.О.Миндели, Н.Ф.Кусов, А.А.Корнеев, Г.И.Марцинкевич. М.: Недра, 1978. 31-36 с.
3. О поведении среды в зоне разрушения при камуфлетном взрыве / В.Н.Родионов, И.А.Сизов, А.А.Спивак, В.М.Цветков // Взрывное дело. № 76/33. М., 1976. С.24-39.
4. Патент 14427 Україна, МПК (2006) F42D 1/00. Пристрій для моделювання механічної дії вибуху ПМВ-1 / Г.Г.Литвинський, В.О.Касьянов, П.М.Шульгін; заявл. 21.11.2005; опубліковано 15.05.2006. Бюл. № 5. 3 с.
5. *Покровский Г.И.* Действие удара и взрыва в деформируемых средах / Г.И.Покровский, И.С.Федоров. М.: Промстройиздат, 1957. С.150-152.
6. *Родионов В.Н.* Механический эффект подземного взрыва / В.Н.Родионов, В.В.Адушкин, В.Н.Костюченко. М.: Недра, 1971. С.75-76.