

ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА РАЦИОНАЛЬНОГО РАССТОЯНИЯ МЕЖДУ СБЛИЖЕННЫМИ СКВАЖИНАМИ ПРИ УСТУПНОЙ ОТБОЙКЕ

В.В. Перегудов (КТУ, г. Кривой Рог)

Использование в первом ряду сближенных скважин с определенными параметрами зарядов в них зарекомендовало себя достаточно эффективным средством для взрывного разрушения уступов с увеличенной линией сопротивления по подошве [1]. Однако расстояние между сближенными скважинами при производстве буровзрывных работ выбирается произвольно, исходя в основном из удобства бурового и зарядного оборудования.

При аналитическом рассмотрении этого вопроса будем исходить из того, что разрушение горных пород находится в прямой зависимости от величины и характера распределения возникающих при взрыве напряжений в массиве. С учетом определяющего влияния на разрушение динамического предела прочности горных пород на разрыв, растягивающие напряжения в любой точке отбиваемого массива находим по известной формуле теории упругости [2]:

$$\sigma = P_0 \left(\frac{r}{x} \right)^2,$$

где P_0 - равномерно распределенное по контуру скважины давление; r - радиус скважины; x - текущая координата по линии наименьшего сопротивления.

Эффективное действие взрыва сближенных зарядов будет достигаться при условии, когда на свободной поверхности откоса уступа по его высоте будут примерно одинаковые растягивающие напряжения, равные или большие предела прочности горных пород на разрыв σ_g

$$\sigma = P_0 \left(\frac{r}{x} \right)^2 = [\sigma_g]$$

Для решения поставленной задачи заменим заряды сближенных скважин эквивалентным зарядом радиуса $r_{\text{экс}}$. Тогда

$$P_0 \left(\frac{r}{W_{n1}} \right)^2 + P_0 \left(\frac{r}{W_n} \right) = P_0 \left(\frac{r_{\text{экс}}}{W_n} \right),$$

где W_{n1} и W_n – сопротивление по подошве уступа соответственно для первой и второй сближенной скважины.

Из данного уравнения находим

$$r_{\text{экс}}^2 = \frac{r^2 (W_n^2 + W_{n1}^2)}{W_{n1}^2}. \quad (1)$$

Учитывая равенство растягивающих напряжений в любой точке на свободной поверхности откоса уступа, составим уравнение

$$P_0 \left(\frac{r_{\text{экс}}}{W_n} \right)^2 = P_0 \left(\frac{r}{x} \right)^2. \quad (2)$$

Обозначив расстояние между сближенными скважинами через l , выразим интересующие величины.

$$W_n = W_{n1} + l; x = x_0 + l; x_0 = \frac{W_{n1} + W_1}{2}, \quad (3)$$

где W_1 – линия наименьшего сопротивления первой скважины по верху уступа.

Подставляя в формулу (2) значения (1) и (3), получим

$$\frac{(W_{n1} + l)^2 + W_{n1}^2}{(W_{n1} + l)^2 \cdot W_{n1}^2} = \frac{1}{(x_0 + l)^2}.$$

После преобразований, пренебрегая в виду малости величины l^2 / W_{n1}^2 , из квадратного уравнения определяем значение искомого расстояния между сближенными скважинами

$$l = \frac{-(4x_0 - W_{n1}) \pm \sqrt{9W_{n1}^2 - 8x_0 W_{n1}}}{4}.$$

Для получения качественной картины, характеризующей действие взрыва парносближенных зарядов, были проведены экспериментальные взрывы моделей из органического стекла. Использовались два вида моделей: плоские и объемные. В качестве мате-

риала для плоских моделей применялись листы органического стекла размерами 300x300x25 мм. Условия проведения опытов соответствовали взрыванию зарядов в безграничной среде.

Взрывные скважины имитировались отверстиями, высверливаемыми в листах органического стекла. Диаметр этих отверстий составлял 3 мм, расстояние между осями отверстий 4-14 диаметров. При проведении работ ставилась задача оценки качественной картины разрушающего действия взрыва при различных параметрах расположения зарядов.

Величина заряда в паре скважин составляла 0,4 г. В качестве ВВ использовался тэн. Иницирование обоих зарядов в паре осуществлялось одновременно специальным образом по методике, исключающей воздействие инициатора на модель. Результат каждого взрыва подвергался тщательной визуальной оценке и фотографированию. Критериями оценки результатов взрыва были приняты форма и размеры зон разрушений в листах органического стекла, картина трещинообразования.

Аналогично были проведены опытные взрывы объемных моделей, имитирующих часть массива при уступной отбойке. Условия эксперимента были ограничены толщиной органического стекла 50 мм. Остальные размеры модели были выбраны с учетом масштаба геометрического подобия 1:200.

Зона разрушения при взрывании плоских моделей была четко ориентирована в направлении линии, соединяющей сближенные заряды.

На объемных моделях сравнивались зоны напряженного состояния материала при расположении парносближенных скважин параллельно и перпендикулярно бровке уступа. При этом второй вариант расположения зарядов обеспечивал прирост величины зоны разрушения в направлении свободной поверхности откоса уступа в 1,2-1,5 раза по сравнению с первым вариантом.

Помимо моделей из органического стекла при проведении лабораторных исследований были использованы цементно-песчаные модели с добавлением рудной мелочи. Такой материал моделей по своим физико-механическим свойствам соответствовал скальным горным породам, что дало возможность получить качественную оценку разрушающего действия взрыва.

Взрывание моделей размером 500x500x400 мм также производили тэном. Диаметр имитированных скважин составил 2,5 мм. Интервал замедления осуществляли с помощью специального устройства. На поверхности откоса уступа модели в 30 мм от подошвы устанавливали пьезоэлектрические датчики-акселерометры. Регистрация данных производилась с помощью запоминающего осциллографа С8 9А.

Взрывали заряды в парносближенных скважинах, расположенных на расстоянии 6 диаметров заряда друг от друга и 30 мм

от верхней бровки уступа. В первом случае скважины располагали параллельно бровке уступа и взрывали мгновенно, во втором - перпендикулярно бровке уступа и взрывали с замедлением, определенным по формуле $t=l/c$, где l - расстояние между скважинами в паре, м; c - скорость волны напряжений во взрываемом массиве. Для нашего случая $c = 2800$ м/с; $l = 0,015$ м; $t = 5$ мкс.

Усредненные по результатам отдельных взрывов данные составили: для первого варианта скорость смещения $v_1 = 17,4 \pm 10,5$ м/с и смещение $S_1 = 2,9$ мм; для второго варианта - $v_2 = 23,7 \pm 0,4$ м/с и $S_2 = 3,3$ мм. Результаты замеров гранулометрического состава ситовым методом приведены в таблице 1.

При первом варианте заметна неравномерность дробления: увеличен выход как условно негабаритных фракций +15 мм, так и

Таблица 1.

| Варианты | Процентный выход фракций дробления, мм | | | | | |
|----------|--|-------|------|------|------|------|
| | +15 | 10-15 | 8-10 | 5-8 | 3-5 | -3 |
| I | 9,8 | 11,3 | 10,9 | 11,0 | 20,6 | 36,4 |
| II | 1,7 | 9,5 | 31,2 | 27,0 | 18,4 | 12,2 |

мелочи -3 мм. Переизмельчение здесь вызвано повышенной концентрацией энергии в зоне действия парносближенных зарядов при их мгновенном взрывании.

По аналогичной методике были выполнены экспериментальные взрывы на моделях с целью оптимизации расстояния между скважинами в паре и интервалов замедления между взрывами зарядов. В качестве критериев для оценки результатов брали процентный выход фракций дробления 3-10 мм и величины смещений массива. Полученные результаты (табл.) подтверждают основанную на теоретических обобщениях предпосылку о наиболее рациональном расстоянии между скважинами в паре, равном 6-8 диаметров скважины. Об этом наглядно свидетельствует график, приведенный на рис. 1.

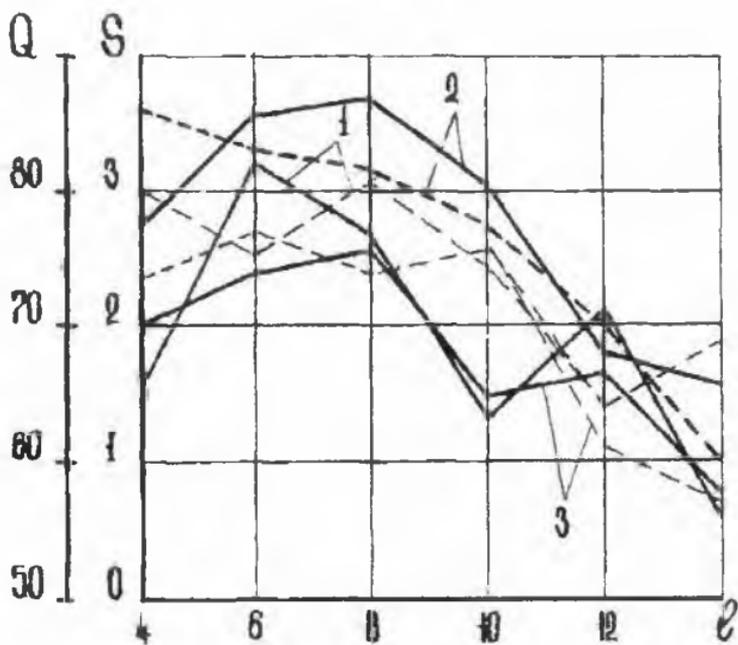


Рис. 1. График процентного выхода фракций 3-10мм (Q, —) и величин смещений (S, ---) от расстояния между скважинами l в диаметрах скважины при интервалах замедления 2, 6, 10 мкс (соответственно 1, 2, 3)

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Персгудов В.В. Рациональные схемы расположения взрывных скважин в первом ряду // Разработка рудных месторождений. — К.: Техника, 1988. — Вып. 45. — С. 34-37.
2. Бленд Д. Теория линейной вязкоупругости. — М.: Мир, 1985. — 199 с.