

УДК 622.235

Ю.В. Горлов, В.Н. Игнатов, Д.Ю. Горлов, И.Ю. Шум
МЕТОДИКА РАСЧЕТА ЗОНЫ ПЕРЕИЗМЕЛЬЧЕНИЯ
ГОРНЫХ ПОРОД ВОКРУГ СКВАЖИННОГО ЗАРЯДА

Рассматриваются теоретические вопросы определения радиуса зоны переизмельчения горных пород вокруг скважинного заряда. Предлагается формула для расчета и анализируется зависимость радиуса зоны переизмельчения от ряда параметров.

Ключевые слова: скважинный заряд, горные породы, зона переизмельчения (сжатия).

Известно, что при взрыве образуется зона сжатия, в которой скальные и полускальные породы переизмельчаются, а плотные и мягкие глинистые породы уплотняются. При этом преодолевается сопротивление пород сжатию.

Для оценки потерь мелкодробленых частиц, попадающих в пылегазовое облако в момент взрыва на карьере и переносимых потоками ветра на большие расстояния, необходимо определить зону переизмельчения (сжатия) горных пород вокруг заряда. При взрывании скважинных зарядов на дробление радиус зоны сжатия может составлять, по некоторым данным [1], от 1 до 7,5 диаметров заряда.

Различные виды действия взрыва проявляются в пределах определенной зоны. При взрыве одиночного сосредоточенного заряда зона действия взрыва принимается сферической формы, а для удлиненного заряда она принимает цилиндрическую форму.

Разнообразные формулы, выражающие параметры взрывных волн в различных средах при взрыве сосре-

доточенных зарядов используют в качестве одного из аргументов величину Q/R^3 , где Q - масса заряда (энергия взрыва) и R - расстояние от центра заряда (места взрыва). Для удлиненных зарядов в формулах используют в качестве аргумента отношение $Q/(R^2L)$, где L - длина заряда. Величины R^3 и R^2L пропорциональны объему зоны действия взрыва - V . Отношение Q/V - удельный расход взрывчатого вещества является основной расчетной характеристикой ВВ и горных пород в практических условиях.

Довольно часто применяется в расчетах следующее соотношение

$$\frac{M}{Q} = \frac{P_d}{P_r} = \frac{R_p^3}{R_0^3},$$

где R_p - радиус разрушения массива; R_0 - радиус заряда, приведенного к форме шара; P_r - начальное давление продуктов взрыва; P_d - давление, при котором начинается разрушение среды ($P_d \cong \sigma_{сж}$); M - масса разрушаемой среды.

Из теории точечного взрыва [2] следует, что вблизи заряда избыточное давление в ударной волне обратно

пропорционально кубу расстояния от центра заряда. Если породная среда, так или иначе, разрушается под действием высокого давления взрыва, то такое разрушение должно произойти в пределах некоторого радиуса. Следовательно, радиус разрушения массива вокруг заряда в форме шара равен

$$R_p = R_0 \sqrt[3]{\frac{P_d}{T_p}}. \quad (1)$$

Возможное расчетное давление газобразных продуктов взрыва определяется по формуле [3]

$$P_d = \frac{p_0 \cdot V_d \cdot T_e \cdot Q_{ee}}{V \cdot T_{CT}}, \quad (2)$$

где p_0 - атмосферное давление; V_d - объем газов, образующихся при взрыве; V_3 - объем зарядной камеры, включающий объем взрывчатого вещества и воздушных промежутков; Q_{BB} - масса заряда ВВ в скважине ($Q_{BB} = V_3 \cdot \Delta = \pi \cdot r_o^2 \cdot l_{3AP} \cdot \Delta$); T_B - температура взрыва; T_{CP} - температура окружающей среды, в которой происходит взрыв.

Объем переизмельченной породы вокруг заряда в форме шара определяется из выражения

$$V_p = \frac{4}{3} \pi \cdot (R_p^3 - R_0^3). \quad (3)$$

Подставив значение R_p из формулы (1) в (3) получим

$$V_p = \frac{4}{3} \pi \left(\frac{R_0^3 P_d}{\sigma_{сж}} - R_0^3 \right) = \frac{4}{3} \pi R_0^3 \left(\frac{P_d}{\sigma_{сж}} - 1 \right) \quad (4)$$

где $\sigma_{сж}$ - предел прочности горных пород на сжатие.

Объем переизмельченной породы вокруг цилиндрического заряда скважины можно определить по формуле

$$V_p = \pi \cdot l_{AT} \cdot (r_p^2 - r_o^2), \quad (5)$$

где r_o - радиус заряда; r_p - радиус зоны сжатия (переизмельчения); l_{3AP} - длина скважинного заряда.

Считая, что объемы разрушенной породы при взрыве сферического и цилиндрического зарядов ВВ одинаковой массы получаются равными, можно приравнять друг к другу правые части формул (4) и (5), а из полученного тождества определить r_p . В результате получается следующее равенство

$$\frac{4}{3} \pi \cdot R_0^3 \cdot \left(\frac{P_d}{\sigma_{сж}} - 1 \right) = \pi \cdot l_{AT} \cdot (r_p^2 - r_o^2),$$

из этого следует, что

$$r_p = \sqrt{\frac{4 \cdot R_0^3}{3 \cdot l_{AT}} \cdot \left(\frac{P_d}{\sigma_{сж}} - 1 \right) + r_o^2}. \quad (6)$$

Радиус сферического заряда можно определить по формуле

$$R_0 = \sqrt[3]{\frac{3 \cdot Q_{ee}}{4 \cdot \pi \cdot \Delta}}, \quad (7)$$

где Δ - удельная плотность заряжения ВВ.

Заменяя в формуле (6) P_d и R_0 их значениями из формул (2) и (7) получаем уравнение

$$r_p = \sqrt{\frac{Q_{ee}}{\pi \cdot \Delta \cdot l_{AT}} \cdot \left(\frac{p_0 \cdot V_d \cdot T_e \cdot Q_{ee}}{V \cdot T_{CT} \cdot \sigma_{сж}} - 1 \right) + r_o^2} \quad (8)$$

или

$$r_p = r_o \sqrt{\frac{p_0 \cdot V_d \cdot T_e \cdot Q_{ee}}{V \cdot T_{CT} \cdot \sigma_{сж}}}. \quad (9)$$

При отсутствии воздушных промежутков в скважине, нормальном атмосферном давлении ($p_0 = 0,101$ МПа) и температуре окружающей среды ($T_{CP} = 18$ °С) формула (9) приводится к виду

$$r_p = r_o \sqrt{\frac{3,47 \cdot 10^{-4} \cdot V_d \cdot T_e \cdot \Delta}{\sigma_{сж}}}. \quad (10)$$

Показатели	Ед. изм.	Варианты расчета				
		I	II	III	IV	V
1	2	3	4	5	6	7
Предел прочности горной породы на сжатие, $\sigma_{сж}$	МПа	30	50	100	150	200
Коэффициент крепости породы по Протодяконову, f	-	4	6	9	12	15
Высота взрываемого уступа, H	м	10	10	10	10	10
Удельный расход ВВ, q	кг/м ³	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7
Диаметр скважины, d_c	м	0,125	0,165	0,190	0,215	0,245
Радиус заряда, r_o	м	0,0625	0,0825	0,095	0,1075	0,1225
Удельная плотность заряжения ВВ, Δ	кг/м ³	1000	1000	1000	1000	1000
Удельная вместимость скважины, P	кг/м	12,2	21,3	28,3	36,3	47,1
Линия сопротивления по подошве, W	м	5,7	6,6	6,8	7,0	7,4
Длина забойки, $l_{ЗАБ}$	м	3,7	3,8	3,9	4,0	4,2
Длина заряда, $l_{ЗАР}$	м	7,2	7,5	7,8	8,1	8,4
Длина перебура, $l_{П}$	м	0,9	1,32	1,7	2,1	2,59
Расстояние между скважинами, a	м	5,15	6,1	6,5	7,0	7,6
Коэффициент сближения зарядов, m	-	0,9	0,92	0,96	1,0	1,03
Объем зарядной камеры, $V_З$	м ³	0,088	0,16	0,22	0,294	0,395
Масса заряда в скважине, $Q_{ВВ}$	кг	88	160	220	294	395
Объем горной массы на одну скважину, $V_{СК}$	м ³	293	400	440	490	564
Радиус зоны переизмельчения, r_p	м	0,361	0,370	0,301	0,278	0,275
Объем переизмельченных (вокруг заряда) пород в горной массе, $V_{П}$	м ³	2,858	3,064	1,998	1,667	1,579
Отношение $V_{П} / V_{СК}$	%	0,98	0,77	0,45	0,34	0,28
Отношение r_p / d	-	2,9	2,24	1,58	1,29	1,12

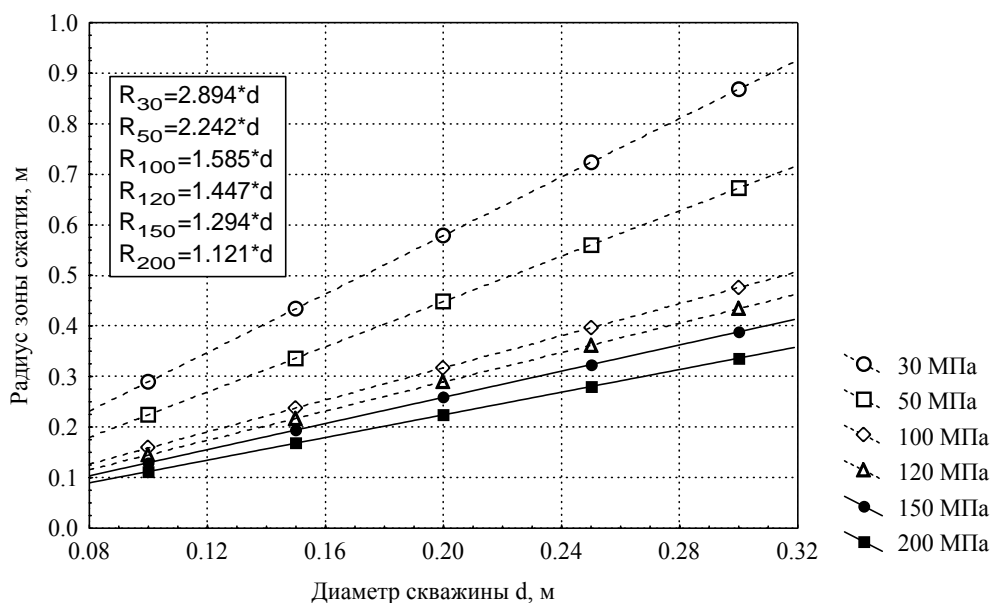


Рис. 1. Зависимость радиуса зоны сжатия (переизмельчения) горных пород от диаметра скважинного заряда и прочности пород на сжатие

Из формул (8-10) следует, что радиус зоны переизмельчения горных пород вокруг скважинного заряда зависит, в первую очередь, от свойств разрушаемой среды ($\sigma_{сж}$), параметров взрывания (r_o , V_3 , Q_{BB}), а также типа ВВ ($V_{Г}$, T_B , Δ) и атмосферных условий (p_0 , T_{CP}).

Теоретические расчеты радиуса зоны переизмельчения по формуле (10) при взрывании аммонитом №6ЖВ различными по крепости горных пород скважинными зарядами без воздушных промежутков и нормальном атмосферном давлении $p_0 = 0,101$ МПа, $T_{CP} = 291$ К, $V_{Г} = 0,895$ м³/кг, $T_B = 3237$ К, приводятся в таблице. На рисунке изображены графики зависимости радиуса зоны сжатия (переизмельчения) горных пород от диаметра скважинного заряда и прочности пород на сжатие. Расчет параметров скважинных за-

рядов производился согласно «Технические правила ведения взрывных работ на дневной поверхности».

Анализ расчетов показывает, что величина радиуса зоны переизмельчения (сжатия) горных пород вокруг скважинных зарядов значительно возрастает с увеличением диаметра скважины или снижением прочности пород, и менее заметно увеличивается при понижении окружающей температуры воздуха или повышении атмосферного давления.

Большое влияние на величину радиуса переизмельчения пород вокруг скважинного заряда оказывает объем зарядной камеры. При увеличении объема зарядной камеры, за счет рассредоточения заряда воздушными промежутками, радиус зоны сжатия уменьшается.

Найденные на основе теоретических исследований зависимости из-

менения радиуса зоны переизмельчения от выше перечисленных параметров хорошо согласовываются с результатами натуральных наблюдений

пылеобразования при производстве массовых взрывов на карьерах, а также с выводами многих исследователей [4].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ржевский В.В. Физико-технические параметры горных пород.– М.: Наука, 1975.– 212 с.
2. Покровский Г.И. Взрыв.– М.: Недра, 1980. – 190 с.
3. Бычков Г.В. К вопросу о расчете начального давления продуктов взрыва // Изв. вузов. Горный журнал.– 1992.– № 9.– С. 117-122.
4. Гашков В.Ф., Кошарнов М.Ф., Кравчук И.Л. Методические и физические основы рекомендаций по снижению пылегазовых выбросов при взрывных работах на разрезах //Уголь, 1991. – № 10. – С.44-47. **ГИАН**

Коротко об авторах

Горлов Ю.В. – кандидат технических наук, доцент кафедры ОРМПИ,
Игнатов В.Н. – доктор технических наук, профессор, зав. кафедрой ОРМПИ,
Горлов Д.Ю. – аспирант,
Шум И.Ю. – аспирант,
Южно-российский государственный технический университет (Новочеркасский политехнический институт), ngty@novoch.ru



ПРЕПРИНТ

ОТДЕЛЬНАЯ СТАТЬЯ ГОРНОГО ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКОГО БЮЛЛЕТЕНЯ

Бадам Б., Белин В. А., Белин В.А., Дугартыренов А.В., Камолов Ш.А., Левкин Ю.М., Трусов А.А., Хадхуу Ж., Цэденбат А. Маркшейдерское обеспечение взрывных работ: Отдельные статьи Горного информационно-аналитического бюллетеня (научно-технический журнал). — 2009. — № 12. — 46 с. — М.: Издательство «Горная книга».

Представлены результаты маркшейдерского обеспечения взрывных работ на месторождениях с различным строением массивов горных пород. Рассмотрены проблемы взрывания мерзлых, разнопрочных и слоистых массивов, а также массивов с мерзлыми включениями. Даны рекомендации по обеспечению качества рыхления указанных массивов.

Для специалистов горного производства, может быть использована в горном образовании.

Badam B., Belin V.A., Belin V.A., Dugartsyrenov A.V., Kamolov S.A., Levkin J.M., Trusov A.A., Hadhuu J., Tsendenbat A. MINE SURVEYOR MAINTENANCE OF EXPLOSIVE WORKS

There are presented the results of mine surveyor maintenance of explosive works on deposits with various structure of rocks massifs. There are considered the problems of detonation of frozen, various-strength and schistose massifs, and also massifs with frozen inclusions. Recommendations about maintenance of quality guaranteeing of the specified massifs are made.

For experts of mining manufacture, can be used in mining education.