

УДК 622.235.575.2

Вовк О.А., к.т.н., доц., каф. ИЭ, Бузыла А.А., асп., Солдатова А.В., магистрант каф. ГСГТ, НТУУ «КПИ», г. Киев, Украина

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ СЕЙСМОИЗЛУЧАТЕЛЯ ПРИ ВЗРЫВАХ ВВ

Сейсмическим очагом (сейсмоизлучателем) в литературе [3] называют объем породы, в котором произошли необратимые деформации и на границах которого напряжения и деформации характеризуются упругими показателями.

В настоящее время в основном используется эмпирический подход к определению параметров сейсмоизлучателя в виде простой функции $r_u = f(Q^{1/3})$ с коэффициентом пропорциональности, представляющим собой линейный коэффициент сейсмического очага, зависящий от упругих свойств породы:

$$r_u = K_0 \sqrt[3]{Q_{\text{вв}}} \quad (1)$$

Значение коэффициента K_0 определяется эмпирическим путем. Очевидно, что достоверность расчетных показателей целиком зависит от правильности подбора этого коэффициента с возможно полным учетом реальных характеристик породы. Кроме того, из практики известно, что начальные параметры сейсмических волн (в частности размеры зон необратимых деформаций, период колебаний) с ростом массы одновременно взрываемого заряда увеличиваются непропорционально, т.е. их функциональные зависимости от массы ВВ изначально или с увеличением масштаба взрыва до определенных пределов становятся нелинейными.

Рассмотрим методики нахождения размеров зоны необратимых деформаций (полости, зоны дробления и зоны радиальных трещин), предложенные Садовским М.А. (в части определения радиуса полости (2)) и Родионовым В.Н. (3)-(5) [2]:

а) радиус полости:

$$r_n = \frac{0,61 \cdot \mathcal{E}_{\text{вв}}^{1/3}}{(\rho \cdot v_p^2 \cdot \sigma_{\text{сж}}^2)^{1/9}} \quad (2)$$

где $\mathcal{E}_{\text{вв}}$ - энергия ВР, кДж/кг;

ρ - плотность породы, кг/м³;

v_p - скорость продольно волны, м/с;

$\sigma_{\text{сж}}$ - прочность породы на сжатие, кг/см².

Радиус полости по В.Н. Родионову равен:

$$r_n = \left(\frac{P_o}{\sigma_{\text{сж}}} \right)^{0,266} \cdot r_3 \quad (3)$$

где P_o - начальное давление продуктов детонации, Па;

$\sigma_{\text{сж}}$ - прочность породы на сжатие, кг/см².

б) радиус зоны дробления [2]:

$$r_{з.др} = r_n \cdot \sqrt[3]{\frac{E}{3 \cdot \sigma_{сж}}} = 0,693 \cdot r_n \cdot \sqrt[3]{\frac{E}{\sigma_{сж}}} \quad (4)$$

где E - модуль упругости.

в) радиус зоны трещин:

$$r_{тр} = r_{з.др} \cdot \sqrt{\frac{1}{2} \cdot \frac{\sigma_{сж}}{\sigma_p}} = 0,707 \cdot r_{з.др} \cdot \sqrt{\frac{\sigma_{сж}}{\sigma_p}} \quad (5)$$

В реальных (неидеально упругих средах), когда статистический и динамический модули сдвига отличаются друг от друга за счет неоднородностей и пористости, имеет место трещинообразование за пределами зоны систематических радиальных трещин. Другими словами, в связи с наличием реально существующего механизма раскрытия местных поверхностей ослабления, разрушения более слабых зерен, объем сейсмического очага (его радиус) может быть больше чем подсчитанный по формуле (5).

Кроме того, известно, что в скальной породе, практически во всех случаях при взрыве, образуется так называемая зона предразрушений в виде микротрещин случайной ориентации по отношению к вектору движения волны. Они представляют собой область в упругой зоне, где рассеянные микроповреждения образовались при уровнях напряжений меньше критических, но не слились в развитие трещины. Критическая концентрация этих микродефектов вызывает их активное взаимодействие между собой, проявляя коллективные эффекты за пределами упругой границы, постепенно уменьшаясь по мере удаления от нее. Таким образом, как зона микродефектов (по крайней мере, ее часть) так и зона несистематических трещин должны входить в объем сейсмического очага, увеличивая его радиус, рассчитанный по упругому пределу. Это положение подтверждается результатами исследований, приведенных в работе [1]. Имеет место факт постепенного уменьшения показателя затухания от 4 – 3 до 2 – 1, т.е. существует некая переходная (промежуточная) зона, где на этот показатель влияют вышеназванные несистематические трещинообразования и микродефекты, образующиеся при напряжениях меньше критических. В этой зоне и происходит зарождение сейсмических волн с координатами начала движения большими, чем подсчитанный по формуле (5) радиус излучателя. Следовательно, за координату начала движения волны надо принимать величину r_u , согласно формуле (5), скорректированную поправочным коэффициентом K_δ , величина которого зависит от физико-механических и упругих параметров среды, и может изменяться от 1,05 до 1,15 и более.

В настоящее время надежные методики оценки величины этого коэффициента для конкретных условий отсутствуют. Можно лишь в скальных породах средней и выше средней крепости рекомендовать ориентировочно принимать его $K_\delta = 1,1$, уточняя, по возможности, в конкретных условиях взрывания (свойства породы, глубина нахождения источника, масштаб взрыва). Данный фактор неопределенности естественно сказывается на достоверности исходных параметров.

Следует указать на сложность нахождения первого промежуточного параметра – радиуса полости. Полученные по формулам (2) и (3) результаты не всегда совпадают с экспериментальными данными. В связи с этим целесообразно рассмотреть некоторые эмпирические методы, в частности методику «Союзвзрывпрома». Она базируется на показателе простреливаемости породы (K_{np}) - объеме полости в дм^3 при взрывании 1 кг эталонного ВВ - аммонита плотностью 1 г/см^3 , сферический радиус которого равен 0,06.

Единая методика нахождения K_{np} отсутствует, и имеющиеся литературные данные могут быть использованы лишь для качественной оценки, т.к. экспериментальный материал

различных авторов не систематизирован.

Отметим, что и методика Родионова не совершенна, в связи с неоднозначностью оценки такого параметра, как начальное давление продуктов детонации в формуле (3). В ряде работ даются значения давления при взрыве ВВ типа аммонит плотностью 1 г/см^3 : во взрывной полости $8,8 \cdot 10^9 \text{ Па}$, на фронте ударной волны $5,8 \cdot 10^9 \text{ Па}$; для гранулола такой же плотности эти показатели равны соответственно: $15,1 \cdot 10^9 \text{ Па}$ и $9 \cdot 10^9 \text{ Па}$. Если следовать рекомендации авторов работы [4], то в расчете надо принимать давление в точке Жуге для промышленных ВВ, что может оцениваться величиной $2,03 \cdot 10^9 \text{ Па}$.

Поскольку ни одна из выше изложенных методик нахождения радиуса полости (и других зон необратимых деформаций) не может считаться достаточно надежной и информативной целесообразно при составлении прогнозов выполнять расчеты, по крайней мере, по двум вариантам: одному по аналитической методике (например, по формуле (2) или (3)) и одному по эмпирическому (например, по методике «Союзвзрывпрома»).

Таблица 1

Сравнительные данные по размерам полости при взрывании 500 кг ВВ в некоторых породах с использованием различных методик, плотность ВВ 1 г/см^3 . Радиус заряда $0,476 \text{ м}$

Методики расчета	Породы			
	Песчаники, $r_n, \text{ м}/r_z$	Известняки, $r_n, \text{ м}/r_z$	Сланцы, $r_n, \text{ м}/r_z$	Гранит $r_n, \text{ м}/r_z$
«Союзвзрывпрома» по коэффициенту простреливаемости	0,7	0,985	1,223	0,823
	1,47	2,07	2,57	1,73
Садовского М.А. по формуле (2)	1,2	1,215	1,134	0,933
	2,52	2,55	2,38	1,96
Родионова В.Н. по формуле (3) при $P_n = 2,03 \cdot 10^9 \text{ Па}$	1,12	1,018	1,14	0,942
	2,35	2,14	2,39	1,98
Родионова В.Н. по формуле (3) при $P_n = 9 \cdot 10^9 \text{ Па}$	1,67	1,65	1,68	1,39
	3,5	3,47	3,53	2,92

Примечание $\sigma_{сж}$ для гранита принят $15,7 \cdot 10^7 \text{ Па}$, для сланцев $7,72 \cdot 10^7 \text{ Па}$, для известняков $8,35 \cdot 10^7 \text{ Па}$, для песчаников $8,12 \cdot 10^7 \text{ Па}$

Нами проведены сравнительные расчеты параметров сейсмоизлучателя по выше-приведенным методикам. Анализ данных этих расчетов показывает существенное расхождение значений параметров зон необратимых деформаций, получаемых по разным методикам для крепких горных пород. В частности, радиус сферической полости, подсчитанной по методике Садовского (формула (2)) меньше чем по Родионову (формула (3)) принимая начальное давление $P_o = 9 \cdot 10^9 \text{ Па}$ в 1,4 – 1,55 раза, при этом с ростом модуля упругости эта разница возрастает. При увеличении массы зарядов до 500 кг эти соотношения практически не изменяются. Разница в размерах полости, полученных по (3) и по методике «Союзвзрывпрома» также существенна и находится в пределах 40% и более. В то же время, эта разница между результатами расчетов по формуле (2) и с использованием коэффициента простреливаемости менее значительна (до 10 % больше в последнем случае). В качестве примера приведем сравнения расчетных данных полученных по различным методикам для трех разновидностей горных пород: песчаников, известняков и сланцев (таблица 1).

Выводы

1. Размеры радиуса излучателя (границы упругости), как и других зон необратимых деформаций (полости, зоны дробления) являются функциями свойств пород, энергетических и детонационных свойств ВВ.

2. Из анализа проведенных расчетов видно, что расчеты по методике «Союзвзрывпрома» дают несколько заниженные результаты, а по методике В.Н. Родионова размеры полости по формуле (3) отличаются в 1,5 раза в зависимости от принятого в расчет начального давления. Удовлетворительно совпадают данные, получаемые по формулам (2) и (3) при принятии в формуле (3) $P_n = 2,03 \cdot 10^9$ Па.

3. Достоверность прогнозных оценок величины радиуса излучателя, как при взрывах, так и при горных ударах зависит от точности исходных параметров свойств породы и характеристик ВВ.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Лучко И.А. Механический эффект взрыва в грунтах / И.А. Лучко, В.А. Плаксий, Н.С. Ремез и др. – АН УССР, Институт геофизики им. С.И. Субботина. – К. : Наукова думка, 1989. – 232 с.
2. Механический эффект подземного взрыва / [В.Н. Радионов, В.В. Адушкин, В.Н. Костюченко и др.]. – М. : Недра, 1971. – 224 с.
3. Мосинец В.Н. Основные научно-технические проблемы сейсмоки ближней зоны / В.Н. Мосинец, В.Ф. Богацкий // Взрывное дело 85/42, «Сейсмика промышленных взрывов». – М. : Недра, 1983. – С. 89–101.
4. Носков В.Ф. Буровзрывные работы на открытых и подземных разработках / В.Ф. Носков, В.И. Комащенко, Н.И. Жабин. – М. : Недра, 1982. – 320 с.

УДК 624. 134. 4

Демьянчук К.И., Филиппова Н.С., Шенец М.В., студ., НТУУ «КПИ», Киев, Украина

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ «СТЕНА В ГРУНТЕ»

В настоящее время застройка городской площади и работы по реконструкции существующих объектов ориентированы на возведение высотных зданий и строительства заглубленных сооружений методом «стена в грунте» вместо традиционных способов - «открытый котлован» или «опускной колодец».

Способом «стена в грунте» называют разработку глубоких узких траншей под глинистым раствором с последующим заполнением их заглинизированным грунтом, грунтобетоном, монолитным бетоном или железобетоном [5].

Сущность технологии «стена в грунте» в пробивании слоя почвы струей бетона под высоким давлением с одновременным их перемешиванием. Таким образом, грунт не вытесняется с места своего залегания, как это делается при использовании свай, а образует с цементом новый материал с высокими прочностными качествами под названием грунтобетон. «Стена в грунте», к тому же, может являться не только преградой, ограждающей котлован от проникновения подземных вод. Ее прочность позволяет использовать эту конструкцию в качестве фундамента будущего здания (рис. 1). Технология «стена в грунте» еще и целесообразна экономически, так как снижаются объемы земляных работ и мероприятия по водоотведению. Иногда даже она может позволить начать надземное строительство еще до заверше-