

УДК 622.235.213.42

**Кутуев Вячеслав Александрович**

младший научный сотрудник,  
Институт горного дела УрО РАН,  
620075 г. Екатеринбург,  
ул. Мамина-Сибиряка, 58  
e-mail: [kutuev88@gmail.com](mailto:kutuev88@gmail.com)

**Жариков Сергей Николаевич**

кандидат технических наук,  
старший научный сотрудник,  
Институт горного дела УрО РАН  
e-mail: [333vista@mail.ru](mailto:333vista@mail.ru)

**О ПОКАЗАТЕЛЕ РАСШИРЕНИЯ  
ПРОДУКТОВ ВЗРЫВА\****Аннотация:*

В рамках научно-исследовательской экспедиции на полигоне горно-обогатительного комбината ОАО «Ураласбест» были проведены опытно-промышленные испытания на предмет выявления показателя расширения продуктов взрыва для промышленного эмульсионного взрывчатого вещества (ПЭВВ) порэммит 1А. По результатам эксперимента отношение радиуса кольцевого заряда ( $R$ ) к радиусу зоны взрывных газов ( $r$ ) составило  $k = 2,33$ , что примерно на 22 % меньше показателя расширения продуктов взрыва для штатных ВВ ( $k = 3$ ); на основании этого выдвинуто предположение, что детонационное давление ПЭВВ порэммит 1А может быть выше расчетного (если принимать при расчетах  $k = 3$ ) примерно на 20 %. Более точное определение этого показателя для ПЭВВ путем проведения серии опытно-промышленных испытаний не только ПЭВВ порэммит 1А, но и других ПЭВВ (при условии чистоты эксперимента), позволит уточнить детонационное давление и определять рациональные параметры буровзрывных работ (БВР) в выемочных блоках.

*Ключевые слова:* показатель расширения продуктов взрыва, кольцевой заряд, показатель изоэнтропы, промышленные эмульсионные взрывчатые вещества, порэммит 1А

DOI: 10.18454/2313-1586.2017.02.103

**Kutuev Vyacheslav Al.**

junior researcher,  
The Institute of Mining UB RAS,  
620075, Yekaterinburg,  
58, Mamin-Sibiryak st.  
e-mail: [kutuev88@gmail.com](mailto:kutuev88@gmail.com)

**Zharikov Sergey N.**

candidate of technical sciences,  
senior researcher,  
The Institute of Mining UB RAS  
e-mail: [333vista@mail.ru](mailto:333vista@mail.ru)

**ON THE INDEX OF EXPLOSION  
PRODUCTS EXPANSION***Abstract:*

In the framework of the research expedition in the site of the "Uralasbest" mining and processing plant pilot and commercial tests were conducted to identify the index of explosion products expansion for industrial emulsion explosive poremit 1A. According to the results of the experiment the ratio of the radius of the ring charge ( $R$ ) to the radius of explosive gases ( $r$ ) zone was  $k = 2,33$ , which is approximately 22% less than the expansion of the explosion products to a regular ВВ ( $k = 3$ ). In terms of this the supposition was assumed that the detonation pressure of poremit 1A may be higher than calculated (if taken in the calculations  $k = 3$ ) by about 20%. A more precise definition of this indicator, through a series of pilot and commercial tests not only poremit 1A, but others, maintaining the purity of the experiment will allow to clarify the detonation pressure and determine rational parameters of drilling and blasting operations in excavation blocks.

*Key words:* the index of explosion products expansion, ring charge, isoentropic exponent, the industrial emulsion explosives, poremit 1A

Теплоемкость есть количество теплоты, необходимое для нагревания единицы массы данного вещества на один градус. В термодинамике теплоемкость у взрывных газов делится на две составляющие: при постоянном объеме  $C_v$  и при постоянном давлении  $C_p$  [1 - 2]. Отношение теплоемкостей взрывных газов есть *показатель изоэнтропы* ( $k$ ). Это важнейший показатель свойств ВВ, характеризующий процессы расширения продуктов взрыва. Ранее установленные научные теории и выводы о показателе расширения продуктов взрыва упоминаются в трудах Г.И. Покровского, Л.Д. Ландау, К.П. Станюко-

\* Исследования выполнены в рамках Госзадания 007-01398-17-00, а также при дополнительном привлечении хоздоговорных средств и финансирования по конкурсному проекту № 15-11-57

вича, Й.Д. Ван дер Ваальса, М.А. Кука, Д.Л. Чепмена, Э. Жуге, К. Юхансона, П. Парсона, А.Н. Дремина, К.К. Шведова, С.Д. Викторова, О.Е. Власова, Я.Б. Зельдовича, Е.И. Забабахина, С.А. Горинова и ряда других ученых.

Существует зависимость [1], которая выражает пропорциональность между давлением детонации ( $P$ ), плотностью ВВ ( $\rho_0$ ) и квадратом скорости его детонации ( $D$ ):

$$P = \frac{\rho_0 D^2}{k + 1}. \quad (1)$$

Значение  $k$  можно установить при помощи теории подобия и достаточно несложных экспериментальных взрывов Г - образного и кольцевого зарядов ВВ [2]. С достаточной степенью точности можно считать, что для штатных ВВ  $k = 3$ . Поэтому расчеты давления при использовании ВВ заводского изготовления значительно упрощаются. Сложнее дело обстоит с промышленными эмульсионными взрывчатыми веществами (ПЭВВ). Указанный показатель у ПЭВВ изменяется [3], поэтому воздействие зарядов на горную породу при технологических взрывах с применением ПЭВВ менее предсказуемо.

Согласно работе [4], можно измерить детонационное давление ( $P$ ) при помощи современного регистратора данных «DATA TRAP II» с применением калиброванных PVDF манометров, карбоновых резисторов или турмалиновых датчиков. Однако для организации этих измерений требуются серьезные финансовые вложения, поэтому для исследований был применен менее затратный способ – взрыв кольцевого заряда с дальнейшим анализом его последствий.

В рамках научно-исследовательской экспедиции на полигоне горно-обогатительного комбината ОАО «Ураласбест» в составе творческого коллектива сотрудников лаборатории разрушения горных пород ИГД УрО РАН: С.Н. Жарикова, П.В. Меньшикова, А.С. Флягина, Н.С. Матухно и В.А. Кутуева – были проведены опытно-промышленные испытания на предмет выявления показателя расширения продуктов взрыва для ПЭВВ порэмита 1А. Согласно методу [5], взрывали кольцевой заряд, представляющий собой полиэтиленовый рукав длиной  $l = 1900$  мм и диаметром  $\varnothing 100$  мм, заполненный ПЭВВ порэмита 1А с известной плотностью  $\rho = 1,25$  г/см<sup>3</sup>. За отсутствием бронированной плиты кольцевой заряд был уложен на прямоугольный кусок транспортной ленты габаритными размерами  $700 \times 1000 \times 20$  мм. В заряд устанавливался промежуточный детонатор – шашка БШД-800У с введенным в нее детонирующим шнуром (ДШ). Иницирование производилось при помощи электродетонатора ЭД-1-8Т. В процессе взрыва заряда, согласно методу, должно было образоваться два следа, как показано на рис. 1: один непосредственно под испытываемым зарядом, а другой – меньшего радиуса, так называемая зона усиленного действия взрывных газов, направленных к центру кольца.

В нашем случае в процессе взрыва кольцевого заряда произошел разрыв транспортной ленты, но на песке остались два характерных следа: большой радиус – 350 мм, малый радиус – 150 мм. Отношение радиуса кольцевого заряда ( $R = 350$  мм) к радиусу зоны сосредоточения взрывных газов ( $r = 150$  мм) составило  $k = 2,33$ , а это на 22 % меньше показателя расширения продуктов взрыва для штатных ВВ ( $k = 3$ ). На основании результатов эксперимента выдвинуто предположение, что детонационное давление ПЭВВ порэмита 1А может быть выше расчетного (если принимать при расчетах  $k = 3$ ) примерно на 20 %. Данное предположение требует дальнейших подтверждений, так как утверждение, сделанное на основании одного эксперимента, может быть достаточно спорным. Для этого необходимо провести серию опытно-промышленных испытаний, желательно не только ПЭВВ порэмита 1А, но и других ПЭВВ, выдерживая чистоту эксперимента. При этом для каждого конкретного ПЭВВ по шесть испытаний, на наш взгляд, будет достаточно для обобщения и принятия установленного факта к сведению при проектировании технологических взрывов.

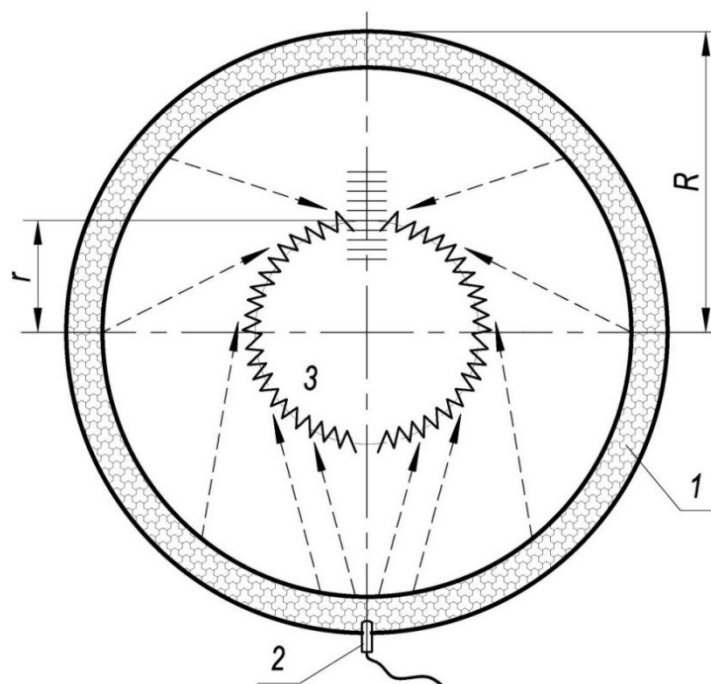


Рис. 1 – Схема к определению показателя расширения продуктов взрыва ( $k$ ):  
1 – кольцевой заряд; 2 – детонатор; 3 – зона усиленного действия взрывных газов;  
 $R$  – радиус кольцевого заряда;  $r$  – радиус зоны действия взрывных газов

#### Вывод

Эффективность дробящего действия технологического взрыва определяется величиной давления ( $P$ ), создаваемого в колонке заряда, которое зависит от плотности ( $\rho_0$ ) и скорости детонации ( $D$ ) ПЭВВ, а также показателя расширения продуктов взрыва ( $k$ ), с одной стороны, и свойствами горных пород – с другой. Наиболее точное определение показателя расширения продуктов взрыва для ПЭВВ позволит уточнить детонационное давление расчетным путем и, соответственно, иметь более точное представление о свойствах разрушающей нагрузки в конкретных условиях. Это откроет возможность определять рациональные параметры буровзрывных работ в выемочных блоках с учетом возможных перепадов давлений, что может существенно повысить эффективность использования ПЭВВ при производстве технологических взрывов.

#### Литература

1. Физика взрыва / Под ред. Л.П. Орленко. - Изд. 3-е, перераб. - В 2 т. Т. 1. - М.: Физматлит, 2002. - С. 95 - 98.
2. Покровский Г.И. Взрыв / Г.И. Покровский. - 4-е изд., перераб. и доп. - М.: Недра, 1980. - С. 42 - 43.
3. Синицын В.А. Повышение эффективности взрывной подготовки горной массы на карьерах с применением взрывчатых веществ на основе обратных эмульсий: автореф. ... канд. техн. наук / В.А. Синицын; ИГД УрО РАН. - Екатеринбург, 2007. - 26 с.
4. Кутуев В.А. О методах исследования детонационных характеристик ВВ / В.А. Кутуев, П.В. Меньшиков, С.Н. Жариков // Теория и практика взрывного дела: сб. ст. / ИПКОН РАН. - М.: ЗАО МВК по взрывному делу при Академии горных наук, 2015. - С. 155 - 165. (Взрывное дело. № 113/70).
5. Покровский Г.И. Успехи газодинамики / Г.И. Покровский. - М.: Знание, 1974. - С. 16 - 20.