

УДК 622.235.213

Кутуев Вячеслав Александрович
младший научный сотрудник,
Институт горного дела УрО РАН,
620075 г. Екатеринбург,
ул. Мамина-Сибиряка, 58
e-mail: kutuev88@gmail.com

**О ВЗАИМОСВЯЗИ МЕЖДУ СКОРОСТЬЮ
ДЕТОНАЦИИ И ВРЕМЕНЕМ
ГАЗИФИКАЦИИ НА ПРИМЕРЕ
ПРОМЫШЛЕННОГО ЭМУЛЬСИОННОГО
ВЗРЫВЧАТОГО ВЕЩЕСТВА
ПОРЭМИТ 1А***

Аннотация:

В статье изложены результаты опытно-промышленных испытаний, проведенных в рамках научно-исследовательской экспедиции на горно-обогатительном комбинате ОАО «Ураласбест». Для исследования детонационных характеристик использовалась «Методика измерений скорости детонации взрывчатых веществ реостатным методом, ускорения сейсмических колебаний и давления на фронте ударной воздушной волны с использованием измерителя скорости детонации «DATATRAP II™ DATA/VOD RECORDER». Выполнено исследование детонационных характеристик промышленного эмульсионного взрывчатого вещества (ПЭВВ) порэммит 1А в полигонных условиях с применением 8-канального высокоскоростного регистратора данных «DATATRAP II™». Замеры скорости детонации производили при парном взрывании гильзовых зарядов Ø 100 мм толщиной стенки 7 мм и длиной 1000 мм. В результате опытно-промышленных испытаний получена зависимость скорости детонации от времени газификации эмульсионного взрывчатого вещества (ЭВВ), и предложены пути решения проблем, связанных с получением при производстве взрывных работ необходимых детонационных характеристик.

Ключевые слова: промышленные эмульсионные взрывчатые вещества, детонационная волна, скорость детонации, гильзовый заряд, порэммит 1А

DOI: 10.18454/2313-1586.2017.02.106

Kutuev Vyacheslav Al.
junior researcher,
The Institute of Mining UB RAS,
620075, Yekaterinburg,
58 Mamin-Sibiryak st.
e-mail: kutuev88@gmail.com

**ON THE RELATIONSHIP
BETWEEN DETONATION
VELOCITY AND THE TIME
OF GASIFICATION, POREMIT 1A
INDUSTRIAL EMULSION
EXPLOSIVE AS AN EXAMPLE**

Abstract:

The article presents the results of experimental-industrial tests carried out in the framework of the research expedition in the integrated-concentrating plant "Uralasbest". To study the detonation characteristics "Methods of measurement the explosives' detonation velocity by rheostatic method, acceleration of seismic vibrations and pressure on the front shock air wave using the "DATATRAP II™ DATA/VOD RECORDER" meter of detonation velocity were used. The study on detonation characteristics of industrial emulsion explosives poremit 1A, in field conditions, using 8-channel high speed data logger "DATATRAP II™". 100 mm Measurements of detonation velocity were performed in a paired core blasting Ø 100 mm charges, with wall thickness of 7 mm and 1000 mm length. In the experimental-industrial tests of the dependence of detonation velocity from the time of emulsion explosives gasification and solutions of the problems associated with obtaining essential detonation characteristics in blasting operations are proposed.

Key words: industrial emulsion explosives, detonation wave, detonation velocity, core charge poremit 1A

Детонационная волна распространяется во взрывчатых веществах (ВВ) при взрыве со скоростью несколько тысяч метров в секунду, в результате чего возникает чрезвычайно высокое давление в среде, которое принято называть детонационным или давлением детонации. При этом указанная величина существенно зависит от изменения скорости перемещения горения по ВВ. В этой связи в современных условиях очень важно знать и контролировать такую характеристику, как скорость детонации, потому что она напрямую связана с качеством дробления конкретных горных пород.

* Исследования выполнены в рамках Госзадания 007-01398-17-00, тема № 0405-2015-0010, а также при дополнительном привлечении хоздоговорных средств и финансирования по конкурсному проекту № 15-11-57

В статье изложены результаты опытно-промышленных испытаний, проведенные в рамках научно-исследовательской экспедиции на горно-обогатительном комбинате ОАО «Ураласбест». Использовалось промышленное эмульсионное взрывчатое вещество (ПЭВВ) порэмит 1А с заявленными характеристиками, представленными в табл. 1.

Таблица 1

Основные характеристики ПЭВВ порэмит 1А [1]

Тип ВВ	Марка ВВ	Характеристики					
		Теплота взрыва, ккал/кг	Концентрация энергии, ккал/дм ³	Плотность заряжения, г/см ³	Скорость детонации, м/с	Газовая вредность, л/кг	Критический диаметр, мм
Порэмит	1А	720	900	1,15 – 1,25	4900 - 5100	40	30

Для исследования детонационных характеристик использовалась методика, разработанная лабораторией разрушения горных пород ИГД УрО РАН, – «Методика измерений скорости детонации взрывчатых веществ реостатным методом, ускорения сейсмических колебаний и давления на фронте ударной воздушной волны с использованием измерителя скорости детонации «DATATRAP II». В основе этой методики лежит реостатный метод [2 – 5], точнее, его современный вариант, согласно [6], метод *непрерывного измерения скорости детонации «НИСД»*.

Принцип работы «DataTrap II» заключается в следующем. В заряд ВВ по всей его длине помещают измерительный кабель, который присоединяют к кабелю РК. При взрыве, по мере прохождения детонационной волны, длина измерительного кабеля уменьшается, и, соответственно, изменяется сопротивление кабеля. Регистрирующий прибор непрерывно измеряет изменения величины сопротивления электрической цепи и записывает во встроенную память. Регистрирующий прибор фиксирует событие (взрыв одного заряда) в виде цифрового файла (таблицы «*время – величина сопротивления*») с возможностью расшифровки на персональном компьютере в виде диаграммы «*длина заряда – время*» с автоматическим вычислением скорости детонации (*D*).

Схема последовательности соединения и измерения *D*, а также сам прибор показаны на рис. 1 и рис. 2, соответственно.

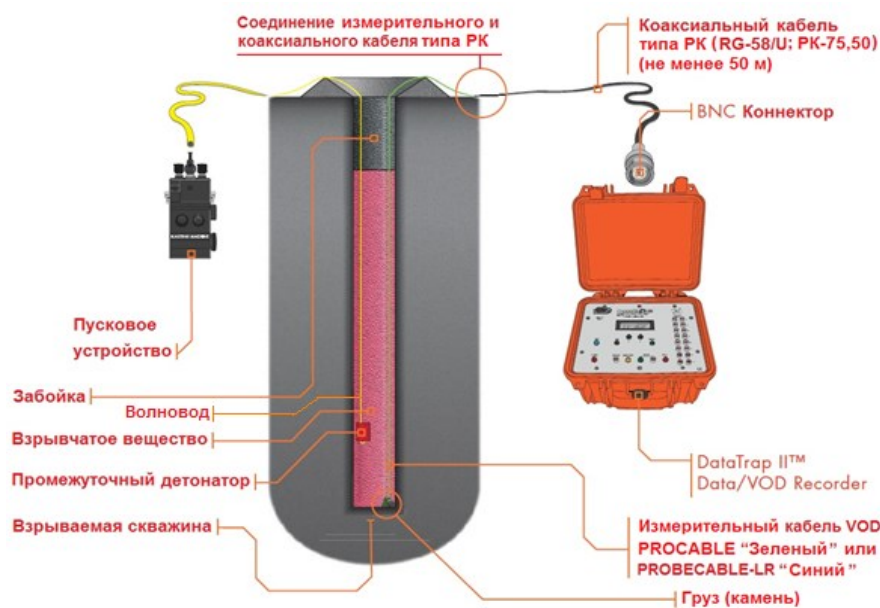


Рис. 1 – Схема измерения скорости детонации ВВ в одиночной скважине прибором «Data Trap II»



Рис. 2 – Высокоскоростной регистратор данных «DataTrap II™ Data / VOD Recorder»

Порядок проведения полигонных испытаний

Для проведения испытаний подготовлены 6 картонных гильз диаметром $\varnothing 100$ мм, толщиной стенки 7 мм и длиной $L = 1000$ мм, запаянные в нижней части при помощи монтажной строительной пены с одновременным креплением устойчивого основания для вертикального расположения в условиях полигона. Также просверлено 2 отверстия в верхней и нижней частях гильзы (строго друг под другом), через которые протянут кабель-датчик (VOD PROCABLE «Зеленый») с заданным сопротивлением 10,8 Ом/м. Верхний конец кабеля зачищен и замкнут сердечник на оплетку, после чего заизолирован и закреплен скотчем на гильзе. Нижний конец кабель-датчика также зачищен и подготовлен к последующему соединению с коаксиальным кабелем РК-75, подключаемым к измерительному прибору «Data Trap II™».

На полигоне горнодобывающего предприятия ОАО «Ураласбест» в подготовленные картонные гильзы заряжали промышленное эмульсионное взрывчатое вещество порэмит 1А с известной плотностью $\rho = 1,25$ г/см³, сверху устанавливался промежуточный детонатор шашка БШД-800У с введенным волноводом ИСКРА-С, инициирование производилось при помощи электродетонатора ЭД-1-8Т (рис. 3). В процессе взрыва заряда, с момента детонации, регистратором данных «DataTrap II™» фиксировалось изменение сопротивления датчика по колонке заряда, как описано в ранее представленной методике.

После проведения опытно-промышленных испытаний была произведена обработка данных прибора «DataTrap II™» и получены следующие результаты (табл. 2). В качестве примера на рис. 4 представлен график первого замера.

Табличные данные в графическом виде представлены на рис. 5.



Рис. 3 – Картонные гильзовые заряды

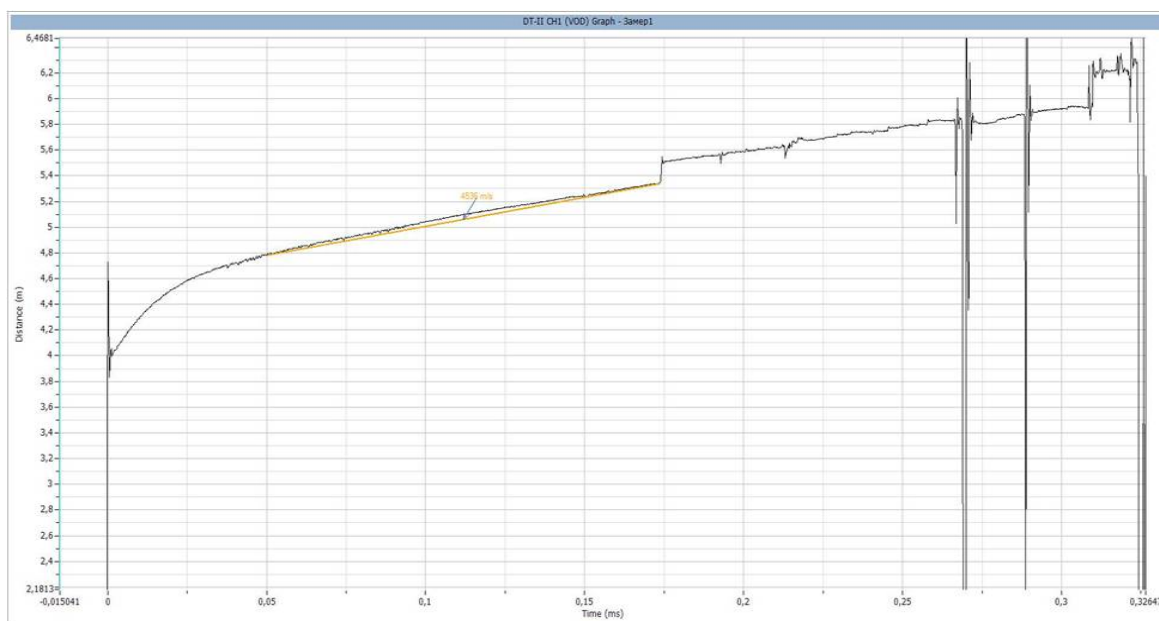


Рис. 4 – Результат измерения скорости детонации прибором «DataTrapII™» = 4536 м/с

Таблица 2

Результаты замеров скорости детонации в условиях полигона

Взрывчатое вещество	Скорость детонации, м/с					
	Первый опытный взрыв		Второй опытный взрыв		Третий опытный взрыв	
	1 гильза	2 гильза	3 гильза	4 гильза	5 гильза	6 гильза
Порэмит 1А	4536	4546	4660	4709	4852	5177

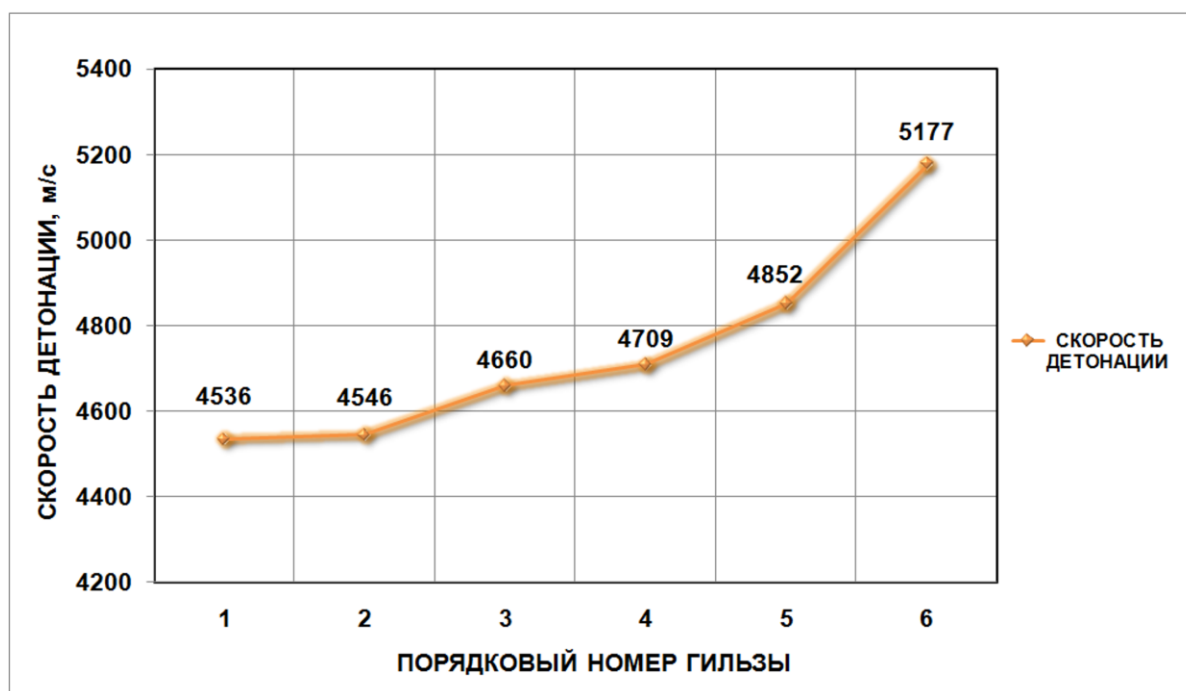


Рис. 5 – Динамика скорости детонации ПЭВВ порэммит 1А

Всего было 6 гильз, которые взорваны парно, в результате трех взрывов. Замеры парных гильзовых зарядов каждого из трех опытных взрывов велись одновременно по двум каналам регистратора «Data Trap ПТМ». Гильзы заранее промаркированы метками. Их взрывали в том порядке, в котором заряжали, с интервалами времени 5 – 7 мин между заряданием конкретного гильзового заряда с одной зарядной машины. Первый взрыв был проведен через час после зарядки первой гильзы. Время между опытными взрывами составило 40 – 50 мин. С учетом временных интервалов, была построена зависимость скорости детонации от времени газификации ЭВВ (рис. 6).

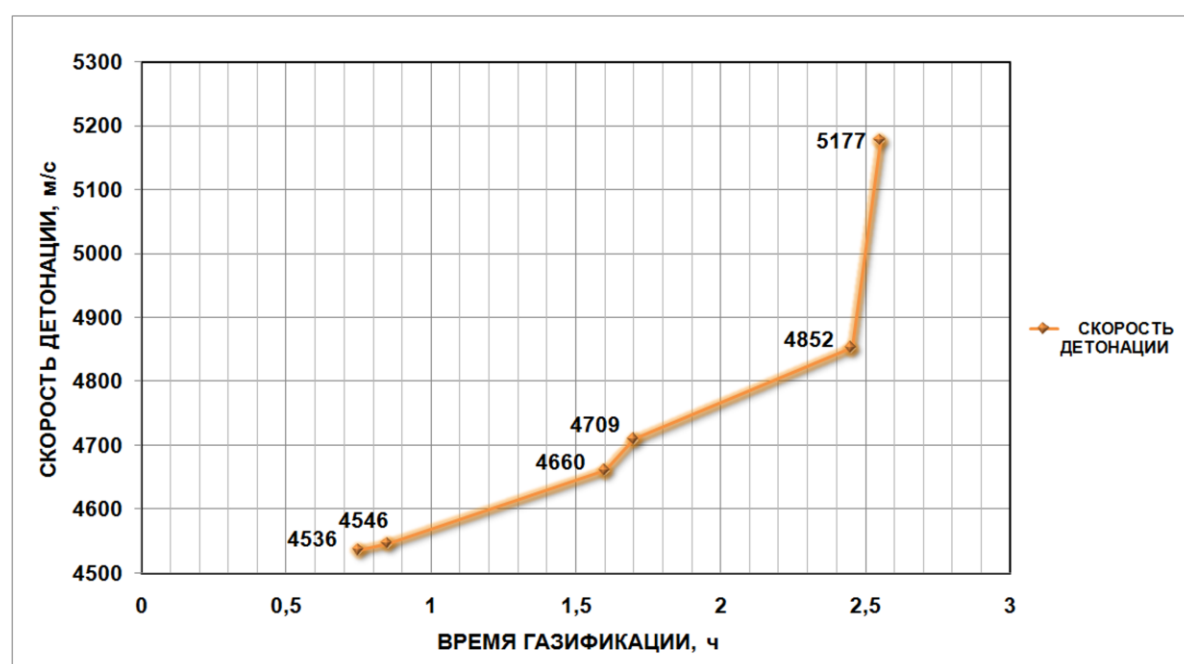


Рис. 6 – Зависимость скорости детонации от времени газификации для ПЭВВ порэммит 1А

Согласно [7], в среднем процесс газификации ПЭВВ наиболее полно протекает при температуре эмульсии 80 – 60° С в течение 30 – 40 мин после введения газогенерирующей добавки. Длительное нахождение смесительно-зарядной машины на блоке и зарядание обводненных скважин при низких температурах приводит к быстрому остыванию эмульсии в скважине, в результате чего нарушается процесс газификации. Необходимо ускорить процесс газификации и обеспечить его стабильность посредством введения ряда добавок и разработки новых составов ЭВВ.

Выводы

Из графика, представленного на рис. 6, видно, что детонационные характеристики ЭВВ порэммит 1А значительно меньше заявленных производителем при времени газификации менее двух часов. Результат замера скорости детонации в первых двух гильзах спустя 30 – 35 мин после зарядки составил 4536 – 4546 м/с, когда заявленный минимум – 4900 м/с. Таким образом, разница между ними составляет 350 м/с. При этом полная газификация ЭВВ проходит только через 2 ч с момента зарядания, что подтверждают значения измеренной скорости детонации 4852 – 5177 м/с. Для производства массовых взрывов этот показатель имеет определяющее значение, так как от него напрямую зависит качество дробления горных пород.

Исследование, проведенное в условиях полигона ОАО «Ураласбест», показало, что требуется более двух часов для получения заявленных детонационных характеристик ЭВВ порэммит 1А. В этой связи является актуальной разработка способов ускорения процесса газификации ЭВВ, особенно в условиях пониженных температур. Также при производстве взрывных работ следует учитывать газификационные свойства ЭВВ для получения при взрыве требуемых детонационных характеристик.

Литература

1. Колганов Е.В. Эмульсионные промышленные взрывчатые вещества. Кн. 1. Составы и свойства / Е.В. Колганов, В.А. Соснин. – Дзержинск, Изд-во ГосНИИ «Кристалл», 2009. – 592 с.
2. 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).
3. Андреев К.К. Теория взрывчатых веществ / К.К. Андреев, А.Ф. Беляев. - М.: Оборонгиз, 1960. - С. 210 - 212.
4. Корнилков М.В. Разрушение горных пород взрывом: конспект лекций / М.В. Корнилков; УГГУ. - Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2008. - С. 56 - 62.
5. Физика взрыва / Под ред. Л.П. Орленко. - Изд. 3-е, перераб. - В 2 т. Т. 1. - М.: ФИЗМАТЛИТ, 2002. - 832 с.
6. Определение фактической скорости детонации и работоспособности новых эмульсионных ВВ с целью выбора рациональной плотности зарядания при взрывоподготовке железных руд / И.Ю. Маслов и др. // Горный информационно-аналитический бюллетень. - 2003. - № 5.
7. Натаров О.В. Совершенствование технологии взрывных работ с применением эмульсионных взрывчатых веществ на карьерах Хибинских месторождений: дис. ... канд. техн. наук : 25.00.20 / О.В. Натаров. - Апатиты, 2006. - 113 с.