

ПИСЬМО В РЕДАКЦИЮ

УДК 621.791.12

Замечания по поводу статьи А. А. Дерибаса, В. А. Симонова
«Детонационные свойства аммиачной селитры»
(см. «Физика горения и взрыва». 1999. Т. 35, № 2)

А. Н. Афанасенков

Институт проблем химической физики РАН, 142432 Черноголовка

В настоящее время во взрывном деле широко используются промышленные взрывчатые вещества (ВВ) на основе аммиачной селитры. Очевидно, что знание и предсказание параметров детонации аммиачной селитры необходимы для правильного использования ВВ в тех или иных горно-геологических условиях, для расчета их работоспособности, а также для прогнозирования свойств вновь создаваемых промышленных ВВ. Этому вопросу посвящена недавно вышедшая статья А. А. Дерибаса и В. А. Симонова [1]. Ее авторы опытным и расчетным путем определили параметры детонации аммиачной селитры при плотности $\rho_0 = 1,0 \text{ г/см}^3$. Однако полученные результаты вызывают сомнения как со стороны расчета, так и эксперимента.

РАСЧЕТ

Авторы [1] для расчета параметров идеальной детонации смесей двух индивидуальных ВВ использовали метод, предложенный Е. И. Забабахиным [2]. Считается, что каждый компонент детонирует независимо от другого, продукты их разложения химически не взаимодействуют между собой, а механически смешиваются, образуя состояние, которое и определяет параметры детонации смеси. Приведены три расчетных уравнения. Из их рассмотрения можно заключить, что для расчета давления и объема продуктов взрыва использовался метод аддитивности. Скорость детонации D и показатель политропы продуктов взрыва n рассчитывались по известным формулам. Замечания по поводу расчета сводятся к следующим.

1. Подобный метод, но в ином виде, 40 лет назад был предложен А. Н. Дрёминым и Г. А. Ададуриным [3, 4], которые экспериментально установили на примере смесей тротила

с гексогеном, что параметры D и n могут быть получены по правилу аддитивности, исходя из таковых для отдельных компонентов. Давление и объем рассчитываются по известным формулам теории детонации.

2. В последние два десятилетия широкое распространение получили термодинамические методы расчета параметров детонации и эмпирические или экспресс-методы (см. обзор в [5]). Они позволяют рассчитывать параметры детонации взрывчатых смесей, исходя только из их состава и не используя данных по параметрам детонации отдельно взятых компонентов. Авторы [1] их совершенно игнорируют и никаких сравнений с предлагаемым методом работы [2] не проводят, чтобы показать преимущество «своего» метода. И их вывод, что уравнение (1) из работы [2] можно будет использовать в будущем для расчета параметров смесей насыпных ВВ малой плотности, если подтвердятся полученные ими данные для аммиачной селитры, выглядит несколько странным. Расчеты для таких смесей уже выполнены [6].

3. Запись уравнения (1) в обсуждаемой работе, по-видимому, ошибочна. Если давление смеси (p_3) — аддитивная величина, то $p_1 < p_3 < p_2$ и левая и правая части уравнения (1) имеют разные знаки. Уравнение не имеет решения.

4. Для апробации метода авторы [1] выбрали промышленное ВВ — аммонит 6ЖВ, содержащее 20 % тротила и 80 % аммиачной селитры. Правда, они попытались решить обратную задачу: по известным параметрам детонации смеси (аммонит 6ЖВ) и одного из компонентов (тротила) определить таковые второго компонента (селитры). Однако выбор в качестве смеси аммонита 6ЖВ явно не корректен. Это — *принципиальная ошибка авторов*. Дело

в том, что аммонит, как и другие промышленные ВВ на основе аммиачной селитры, представляет собой смесь «окислитель — горючее» с нулевым кислородным балансом. Это означает, что в детонационной волне аммонита происходит химическое взаимодействие компонентов, что противоречит основному принципу, заложенному в основу метода расчета. Ясно, что получаемые результаты могут быть любыми, не имеющими никакого отношения к реальной действительности. Это, собственно, и получили авторы [1]. Приведем таблицу параметров детонации из [1] и теплот взрыва ВВ, взятых из справочной литературы. Из данных таблицы следует, что селитра по параметрам детонации находится на уровне тротила и аммонита, хотя теплота взрыва ее в три раза меньше. Очевидно, что этот вывод не отвечает действительности.

ВВ	D , км/с	p , ГПа	n	Q , кдж/кг
Тротил	5,13	8,05	2,26	4080
Селитра	5,0	8,4	2,0	1420
Аммонит	4,9	8,5	1,88	4310

Видимо, нет смысла обсуждать здесь выбор параметров детонации исходных ВВ. Укажем только, что для аммонита скорость детонации 4,9 км/с, использованная в расчетах, не является идеальной. В работе [7] экспериментально получено более высокое значение — 5,3 км/с (в стальной трубе диаметром 205 мм).

ЭКСПЕРИМЕНТ

Несколько слов о методике эксперимента. Скорость детонации селитры измерялась в зарядах параллелепипедной формы с размерами 1800 × 900 × 200 мм, которые большей гранью ставились на стальную подложку толщиной 25 ÷ 30 мм. Инициирование детонации осуществлялось с одного из верхних углов, измерение скорости проводилось методом Дотриша, причем отрезки детонационных шнуров устанавливались по диагонали на всю высоту заряда и ближайший отрезок детонационного шнура находился на расстоянии 1,5 м от точки инициирования. Скорость детонации такого заряда авторы считали эквивалентной скорости детонации цилиндрического заряда диаметром 200 мм. Измеренное значение 5 км/с авторы считали максимальным и использовали

в расчетах. Представляется, что это значение завышенное. Основанием для такого утверждения служат следующие данные.

- Максимальное экспериментальное значение D , равное 4,5 км/с, для селитры с плотностью 1,0 г/см³ приведено Мейдером [8].

- В работе [9] определена зависимость скорости детонации селитры от диаметра заряда. Заряды помещались в стальные оболочки с толщиной стенок 10 мм, плотность селитры составляла 0,85 г/см³. Максимальное значение скорости детонации — $D = 3,8$ км/с — получено в зарядах диаметром 254 мм, давление детонации при этом равнялось 3,4 ГПа. Небольшая коррекция на плотность, исходя из данных для аммонита 6ЖВ [7], приводят к значениям $D = 4,0$ км/с и $p = 4,4$ ГПа при плотности 1,0 г/см³, что меньше, чем в таблице. Завышенное значение D может быть связано со следующими причинами. (а) Наличие металлической подложки и своеобразии инициирования приводят к образованию маховской конфигурации, ножка которой движется быстрее, чем участок фронта, движущийся вдоль границы с воздухом. Косвенное указание на это содержится в работе В. А. Симонова [10], одного из авторов обсуждаемой работы. Измеряя скорость детонации плоских зарядов смесей аммонита 6ЖВ с гранулированной аммиачной селитрой 50/50 (но меньших размеров, чем в [1]), он получил два дискретных значения D , отличающихся между собой примерно на 500 ÷ 1000 м/с. Если это так, то в работе [1] можно было бы измерить и скорость 4,0 ÷ 4,5 км/с (в одном опыте при толщине заряда 150 мм получена скорость детонации 4,3 км/с). (б) Возможно образование стационарной детонации с выпуклым фронтом на расстоянии, примерно равном четырем высотам заряда от места инициирования (согласно М. А. Куку). Она будет распространяться вдоль оси большей грани заряда, а не вдоль диагонали. А это значит, что базой измерения будет уже не расстояние между датчиками (по диагонали), а проекция его на ось, которая в $\sqrt{5}/2$ раза меньше. Уменьшив измеренное значение 5 км/с на эту цифру, получаем 4,46 км/с.

Считаем, что авторам [1] необходимо доработать использованный метод расчета параметров детонации взрывчатых смесей и апробировать его на изученных смесях типа тротил — гексоген: ТГ 50/50, состав В и др. Желательно проверить адекватность его с другими методами. Проверить форму фронта вол-

ны в заряде и выяснить причину наличия двух дискретных значений скорости детонации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Дерибас А. А., Симонов В. А. Детонационные свойства аммиачной селитры // Физика горения и взрыва. 1999. Т. 35, № 2. С. 102–104.
2. Забабахин Е. И. Некоторые вопросы газодинамики взрыва. Снежинск: Изд-во РФЯЦ-ВНИИТФ, 1997.
3. Дрёмин А. Н., Ададунов Г. А. Параметры детонации смесей тротил — гексоген // Изв. АН СССР. Отд. хим. наук. 1960. № 6. С. 1130–1131.
4. Дрёмин А. Н., Ададунов Г. А. Параметры детонации неоднородных зарядов ТГ 68/32 // Изв. АН СССР. Отд. хим. наук. 1961. № 1. С. 157–158.
5. Губин С. А., Одинцов В. В., Пепкин В. И. Методы расчета равновесных термодинамических параметров и состава продуктов детонации конденсированных веществ. Черноголовка, 1983. (Препр./ АН СССР. ИХФ).
6. Губин С. А., Михалкин В. Н., Одинцов В. В. и др. Расчет параметров и состава продуктов детонации низкоплотных смесей различного агрегатного состояния // Хим. физика. 1983. № 3. С. 420–427.
7. Шведов К. К., Пацюк В. В. Предельный диаметр и полнота детонационного разложения грубодисперсных промышленных взрывчатых веществ // Хим. физика. 1995. Т. 14, № 2–3. С. 3–13.
8. Мейдер Ч. Численное моделирование детонации. М.: Мир, 1985.
9. Miyake A., van der Steen A. C., Kodde H. H. Detonation velocity and pressure of the non-ideal explosive ammonium nitrate // Preprints Papers of Ninth Symp. (Intern.) of Detonation. Portland, Oregon, USA, 1989. P. 253–256.
10. Симонов В. А. Особенности детонации плоских зарядов смесей тротила с аммиачной селитрой // Детонация: Материалы II Всесоюз. совещания по детонации. 1981. Т. 2. С. 51–55.

Поступила в редакцию 10/II 2000 г.