

УДК 622.232

**К ВОПРОСУ О МЕХАНИЗМЕ ДЕТОНАЦИИ СМЕСЕВЫХ ВЗРЫВЧАТЫХ ВЕЩЕСТВ****И. И. Клочко, Ю. В. Манжос**

Донецкий национальный технический университет  
ул. Артема, 58, 83000, г. Донецк, Украина. E-mail: rpm.main.dgtu.donetsk.ua

Рассмотрены вопросы детонации смесевых промышленных взрывчатых веществ с учетом химических особенностей протекания процессов. Показано, что механизмы взрывчатого превращения большинства смесевых взрывчатых веществ не могут быть описаны с точки зрения гидродинамической теории детонации.

**Ключевые слова:** смесевые взрывчатые вещества, гидродинамическая теория, детонация.

**TO THE QUESTION ABOUT THE MECHANISM OF DETONATION OF BLENDERIZED EXPLOSIVES****I. I. Klochko, Yu. V. Mangos**

Donetsk national technical university  
ul. of Artem, 58, 83000, Donetsk, Ukraine. E-mail: rpm.main.dgtu.donetsk.ua

The questions of detonation of blenderized industrial explosives are considered taking into account the chemical features of flowing of processes. It is rotined that the mechanisms of explosive transformation of most blenderized explosives can not be described from point of hydrodynamic theory of detonation.

**Key words:** blenderized explosives, hydrodynamic theory, detonation.

**ДО ПИТАННЯ ЩОДО МЕХАНІЗМУ ДЕТОНАЦІЇ СУМІШЕВИХ ВИБУХОВИХ РЕЧОВИН****І. І. Клочко, Ю. В. Манжос**

Донецький національний технічний університет  
вул. Артема, 58, 83000, м. Донецьк, Україна. E-mail: rpm.main.dgtu.donetsk.ua

Розглянуті питання детонації сумішевих промислових вибухових речовин з урахуванням хімічних особливостей перебігу процесів. Показано, що механізми вибухового перетворення більшості сумішевих вибухових речовин не можуть бути описані з точки зору гідродинамічної теорії детонації.

**Ключові слова:** сумішеві вибухові речовини, гідродинамічна теорія, детонація.

**АКТУАЛЬНОСТЬ РАБОТЫ.** Взрывные работы в горной промышленности являются неотъемлемой частью производственного процесса. В качестве основного заряда шпуров и скважин применяются, в основном, смесевые взрывчатые вещества (ВВ) как заводского изготовления, так и изготавливаемые на местах ведения взрывных работ.

При составлении паспортов и проектов ведения взрывных работ проводят расчеты для определения параметров взрыва и его полезного действия. Такие расчеты базируются на постулатах гидродинамической теории детонации, которая разработана довольно давно и является общепризнанной. Однако довольно часто расчетные значения не совпадают с полученными результатами, что приводит к снижению производительности труда горняков.

По нашему мнению, такое расхождение обусловлено тем, что современная теория детонации создавалась для описания механизма детонации индивидуальных ВВ, свойства которых она характеризует, в основном, достаточно полно. Однако даже для таких наиболее полно изученных ВВ гидродинамическая теория не всегда дает результаты, совпадающие с данными практики, т.к. процессы, происходящие в смесевых ВВ, не могут быть полностью описаны с точки зрения классической гидродинамической теории детонации.

На основании вышеизложенного целью работы является анализ существующих подходов к определению механизмов детонации промышленных смесевых ВВ с точки зрения теории гидродинамической детонации.

**МАТЕРИАЛЫ И РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ.** В представленной для обсуждения работе

сделана попытка обратить внимание научной общественности, занимающейся разработкой взрывчатых веществ и технологией ведения взрывных работ, на процессы, происходящие при детонации смесевых промышленных ВВ (аммонитов, гранулитов, детонитов и др.), которые в какой-то мере не соответствуют гидродинамической теории детонации [1].

Согласно вышеупомянутому скорость детонации ВВ определяется по выражению  $D=f(\rho_0)$  и является линейной, т.е. с увеличением плотности ( $\rho_0$ ) скорость детонации возрастает и при максимально возможной плотности для данного ВВ является также максимально большой. Так, например, для тротила такая зависимость описывается уравнением:

$$D=ap^a,$$

где  $a=4,5 \times 10^5 \text{ см}^4/\text{г}\cdot\text{с}$ ;  $\alpha=0,67$ .

Однако практически для всех смесевых ВВ такая зависимость является экстремальной.

Для многих ВВ, в том числе и индивидуальных (под детонацию которых и создавалась гидродинамическая теория детонации), характерно распространение детонационной волны по заряду не со стабильной скоростью, а в виде пульсаций [1, 2]. Величина скорости детонации при распространении по удлиненному заряду ВВ изменяется во времени от максимальной к минимальной и обратно. Характер этих пульсаций приблизительно можно описать синусоидой.

Все смесевые ВВ аммонитного типа, кроме критического диаметра детонации, имеют еще и критическую плотность детонации (для индивидуальных ВВ этот показатель отсутствует кроме гремучей ртути, которая также, как и ВВ аммонитного типа боится перепрессовки), при которой в данном диаметре детонация не происходит.

Известно, что гидродинамическая теория детонации определяет детонацию (скорость детонации) перемещением по заряду ВВ реакционного слоя (зоны реакции), в котором происходит химическая реакция взрывчатого превращения с образованием газообразных продуктов реакции и выделением энергии. Этот слой «ведет» за собой ударная волна, амплитуда (давление) и скорость перемещения которой всегда постоянны. Это постоянство обеспечивается тем, что диссипативные потери (потери энергии на ударное сжатие вещества) компенсируются постоянным притоком свежей энергии из зоны реакции. В работе [3] показано, что стационарной может быть только наименьшая возможная скорость детонации, при которой потери энергии на сжатие вещества полностью компенсируются притоком энергии из зоны реакции. Однако многие исследователи отмечают наличие нескольких стационарных скоростей детонации у одного и того же взрывчатого вещества в аналогичных условиях. Например, известно, что нитроглицерин — жидкое взрывчатое вещество, детонирующее по так называемому «ударному» механизму [4], имеет как минимум две стационарные скорости распространения детонационной волны, отличающиеся между собой в несколько раз.

В работе [4] рассмотрены механизмы детонации, разработанные ранее Ю.Б. Харитоном, который полагал, что есть три наиболее типичных механизма протекания химических реакций во фронте детонации: ударный; баллистичный; смесевой.

Эти механизмы, как сказано в данной работе, не противоречат классической гидродинамической теории детонации «...так как предполагается, что возбуждение химической реакции и её распространение по взрывчатому веществу связано с прохождением ударной волны по заряду ВВ.»

Можно найти и другие, кроме рассмотренных выше, отступления от классической гидродинамической теории детонации.

В работе [4] по вопросу о механизме возникновения и протекания детонационных процессов и химической реакции во фронте детонационной волны сказано буквально следующее: «Эта область химической кинетики представляет большие трудности для исследования и до сих пор еще остается недостаточно изученной».

Американский ученый М.А. Кук [5] в своих исследованиях определил, что поведение ВВ при детонационном превращении и передаче детонации между патронами не всегда отвечает гидродинамической теории детонации. Он доказал, что до возникновения детонации в заряде ВВ наблюдается тепловой импульс, который является предвестником химической реакции, обеспечивающей зарождение и дальнейшее распространение детонационных волн. М.А. Кук писал, что классическая гидродинамическая теория дает «...объяснение достаточно разумное и последовательное, но не соответствующее действительности». Для объяснения разницы между полученными результатами и расчетами по классической гидродинамической теории детонации он вводит понятие плазмы и предлагает модель детонационного превращения ВВ. В основу модели детонации положено квазирешетчатое строение смесевых ВВ, что дает возможность качественно объяснить поведение генерируемых детонацией плазм через

влияние плотности. А.Я. Апин [6] также подчеркивал роль плотности ВВ, т.к. считал, что детонация распространяется не по всей массе ВВ, а начинается в отдельных «горячих точках» за счет сжатия воздушных полостей, находящихся между частицами ВВ, что противоречит механизму гидродинамической теории детонации.

**ВЫВОДЫ.** 1. Классическая гидродинамическая теория детонации зачастую не может объяснить экспериментальные результаты, полученные при исследовании параметров детонации взрывчатых веществ.

2. Попытки объяснить получаемые результаты приводили к включению в классическую теорию детонации определенных допущений и постулатов, которые для конкретных случаев и ВВ уточняли поведение детонационного процесса.

3. Существующая гидродинамическая теория детонации требует существенной переработки и дополнения на основе полученных в последнее время результатов теоретических и экспериментальных исследований.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Дубнов А.В., Бахаревич Н.С., Романов А.И. Промышленные взрывчатые вещества. — М.: Недра, 1973. — 172 с.
2. Манжос Ю.В., Брюханов А.М., Коптиков В.П. К вопросу о скорости детонации взрывчатых веществ // Вісник Кременчуцького державного політехнічного університету. — 2004. — Вип. 5/2004(28). — С. 79–80.
3. Зельдович Я.Б., Компанец А.С. Теория детонации. — М.: Госгортехиздат, 1955. — 268 с.
4. Баум Ф.А., Станюкович К.П., Шехтер Б.И. Физика взрыва. — М.: Физматгиз, 1959. — 800 с.
5. Кук М.А. Наука о промышленных взрывчатых веществах / Пер. с англ. под ред Г.П. Демидюка и Н.С. Бахаревич. — М.: Недра, 1980. — 453 с.
6. Апин А.Я. Докл. АН СССР. Новая серия. — 1945. — т. L.

#### REFERENCES

1. Dubnov A.V., Bakharevich N.s., Romanov A.I. the Industrial explosives. — М.: Bowels of the earth, 1973. — 172 p. [in Russian].
2. Manzhos yU.v., Bryukhanov A.m., Koptikov V.P. To the question about speed of detonation of explosives of // V³snik Kremenchuc'kogo sovereign pol³tekh³chnogo un³versitetu. — 2004. — Vip. 5/2004(28). — P. 79–80 [in Russian].
3. Zel'dovich yA.b., Kompanec A.S. Theory of detonation. — М.: Gosgortekhizdat, 1955. — 268 p. [in Russian].
4. Baum F.A., Stanyukovich K.p., Shekhter B.I. Physics of explosion. — М.: Fizmatgiz, 1959. — 800 p. [in Russian].
5. Kuk M.A. Science about industrial explosives / Trudged. with angl. under red G.P. Demidyuka and N.S. Bakharevich. — М.: Bowels of the earth, 1980. — 453 p. [in Russian].
6. Apin A.Ya. Dokl. AN the USSR. New series. — 1945. — is t. of L. [in Russian].

Стаття надійшла 24.01.2011.

Рекомендована до друку  
д.т.н., проф. Воробійовим В.В.