

УДК 662.235

Е. А. Ильина, Ю. В. Манжос

*ГВУЗ «Донецкий национальный технический университет», Донецк, Украина*

## Исследование зависимости критического диаметра детонации от содержания сенсibilизатора в эмульсионных взрывчатых веществах

В статье рассмотрены эмульсионные взрывчатые вещества, широко применяемые в промышленности в настоящее время, и их структура, приведены результаты испытаний по определению изменения критического диаметра детонации в зависимости от содержания сенсibilизатора, определено оптимальное количество сенсibilизатора.

Ключевые слова: детонация, сенсibilизатор, испытания.

**Введение.** Для разных видов взрывных работ требуются специфические типы взрывчатых веществ (ВВ). Наиболее применяемыми в настоящее время являются простейшие (АС-ДТ), типа игданитов; тротилсодержащие; предохранительные; ВВ на основе конверсионных материалов. Такие ВВ обладают высокой чувствительностью к механическим воздействиям, токсичны и выделяют большое количество ядовитых газов (СО, NO<sub>x</sub>), поэтому они представляют серьезную опасность для людей и окружающей среды, как при изготовлении, так и при использовании.

Интенсивные исследования, проведенные в XX веке по теории детонации, позволили разработать новый тип промышленных взрывчатых веществ, к которому относятся эмульсионные ВВ (ЭВВ).

**Анализ последних исследований и публикаций,** показал, что эмульсионные ВВ имеют ряд преимуществ. Они не содержат исходных материалов, классифицируемых как взрывчатые, приобретают взрывчатые свойства на конечной стадии приготовления, не содержат в своем составе токсичных веществ. Имея достаточно высокую скорость детонации, эти ЭВВ мало чувствительны к трению, удару, открытому огню и другим физическим воздействиям, что обеспечивает безопасную перевозку и обращение с ними, имеют высокую водоустойчивость, относительно экологически безопасны, так как в продуктах взрыва содержатся преимущественно пары воды, углекислый газ и свободный азот, к тому же для их производства используется отечественное сырье, что значительно снижает их стоимость.

**Цель работы:** определение критического диаметра детонации эмульсионных взрывчатых веществ в зависимости от количества сенсibilизатора, выявление его оптимального содержания для промышленного применения ЭВВ.

**Материалы исследований.** Основу эмульсионных ВВ составляют обратные эмульсии типа «вода в масле», т.е. смесь двух жидкостей, практически не растворимых одна в другой.

В качестве дисперсионной фазы преимущественно используют водные растворы смеси аммиачной селитры с нитратами щелочных и щелочноземельных металлов. Иногда в состав водного раствора вводят инертные соли, такие как водорастворимые хлориды, играющие роль пламягасящих добавок.

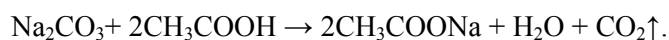
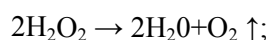
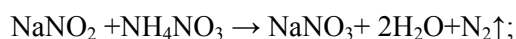
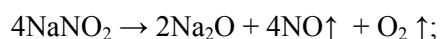
Дисперсионную среду ЭВВ образуют продукты переработки нефти, минеральные масла, воск, парафины в чистом виде или в виде их смесей. Количество углеводородного топлива в эмульсиях, как правило, соответствует нулевому кислородному балансу смеси, который достигается при массовой доле горючего 4-5% и редко превышает 6-8%.

Для ЭВВ характерно большое объемное содержание водного раствора окислителей 80—97%. Это превышает предельную упаковку сфер одинакового размера, когда их объемная доля составляет 74%. В результате капли эмульсии соприкасаются своими защитными оболочками и образуют связную (сплошную) структуру, которая приобретает «твердообразные» свойства — упругость формы. При еще более высоких концентрациях для достаточно устойчивой эмульсии глобулы, сдавливая друг друга, деформируются и превращаются в полиэдрические ячейки, разделенные пленками дисперсионной среды («маслом») толщиной порядка 10-20 нм для капель дисперсной фазы размером около 1 мкм.

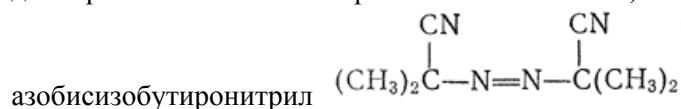
Обратные эмульсии, вследствие присутствия в их составе значительной доли воды (8—15%), имеют критические диаметры детонации порядка  $10^{-1}$ - 1 м. Поэтому эмульсионные ВВ не находят практического применения без специальной обработки, именуемой сенсбилизацией. Это могут быть мощные конденсированные ВВ, такие как тринитротолуол и ТЭН, нитроглицерин, нитрамины, растворимые в углеводородном горючем эфиры азотной кислоты и аминитраты[1]. Но такая сенсбилизация сводит на нет преимущество ЭВВ.

Другую группу составляют физические и химические способы введения в объем эмульсионных ВВ газонаполненных микрополостей, которые служат центрами возникновения химических реакций в детонационной волне.

Химическая — аэрация с использованием химических газогенерирующих веществ. Такие вещества в результате реакции или при разложении под действием повышенной температуры выделяют газ, который в виде микропузырьков распределяется по всему объему эмульсии ВВ:



Количество газообразующих веществ составляет 0,01—2,0% по массе. Наряду с доступными смесями нитрита натрия с водой, мочевиной, тиомочевиной для аэрации используют



боргидриды щелочных металлов ( $\text{NaBH}_4$ ). Но такие ЭВВ физически мало стабильны. При хранении и температурных изменениях газовые включения могут диффундировать в атмосферу, в результате чего детонационная способность ВВ падает.

Аэрация физическим способом связана с сенсбилизацией эмульсии ВВ частицами газонаполненных материалов или специально изготовленными микросферами. Для этого в состав ВВ вводят 1—10% пористых частиц цеолита, перлита, порошка алюминия, золы, песка или специальных микросфер. Микросферы изготавливают из неорганических материалов: стекла, окиси алюминия, кварца, вулканических пород, силикатов, буры, различных шлаков. В последнее время все шире используют микросферы из полистирола, фенолформальдегидных, поливинилиденхлоридных, эпоксидных смол, резины, стекла. Размер микросфер составляет 10-150 мкм при объемной плотности 7-150 кг/м<sup>3</sup>

Для ЭВВ характерен гетерогенный механизм реакции взрывчатого превращения, где реакция начинается в «горячих точках» в результате адиабатического сжатия и разогрева

воздушных включений. Из возникающих очагов реакция распространяется сначала по поверхности, а затем вглубь частиц вещества. Такой механизм называется механизмом взрывного горения в детонационной волне.[2]

Детонация может распространяться по заряду ВВ без прочной оболочки только в том случае, если наименьший его диаметр больше некоторого критического значения.

Критический диаметр является важнейшей характеристикой детонационной способности ВВ. В зависимости от его значения определяют в зарядах какого диаметра данное ВВ можно применять при взрывных работах.[3]

Определение критического диаметра ВВ сводится к нахождению наименьшего диаметра заряда, при котором в нем еще возможна устойчивая детонация.

Для проведения эксперимента использовалось ЭВВ, состоящее из раствора аммиачной и кальциевой селитры, индустриального масла, парафина, эмульгатора и сенсibiliзатора, в виде стеклянных микросфер.

Приготовление окислителя происходило в обогреваемом смесителе с механической мешалкой путем растворения аммиачной, а затем кальциевой селитры в воде при  $t=85-90^{\circ}\text{C}$ . Горючую фазу получали смешением подогретого до  $t=75-85^{\circ}\text{C}$  индустриального масла со стабилизатором эмульсии – парафином и эмульгатором – «Лубризол» в обогреваемом смесителе при  $t=80^{\circ}\text{C}$  со включенной мешалкой.

Эмульгирование (смешение горючей фазы с окислителем и образование эмульсии типа «вода в масле») осуществлялось в обогреваемом смесителе при температуре  $80-85^{\circ}\text{C}$ , оснащенном лопастной и турбинной мешалкой до образования однородной эмульсии по всему объему вещества. Сенсibiliзация эмульсии с помощью стеклянных микросфер происходила на мини модели смесителя с механической мешалкой. Таким образом, было получено пять взрывчатых составов с содержанием стеклянных микросфер: 1,25%; 1,50%, 1,75%; 2% и 2,2% (сверх 100% основного состава).

Определение критического диаметра осуществлялось методом конических зарядов. Для чего были подготовлены бумажные оболочки в виде конусов с углом при вершине  $8-12^{\circ}$ , в которые были запатронированы полученные составы. В основание конуса перед взрыванием помещался электродетонатор.

Для того чтобы исключить ошибку, связанную с тем, что в конусном заряде детонация может распространяться на затухающем режиме несколько дольше, чем до диаметра, соответствующего критическому, приготовленный заряд крепился к медной трубке – свидетелю ( $d=5\text{мм}$ ), на которой отмечали положение концов заряда (рис. 1).

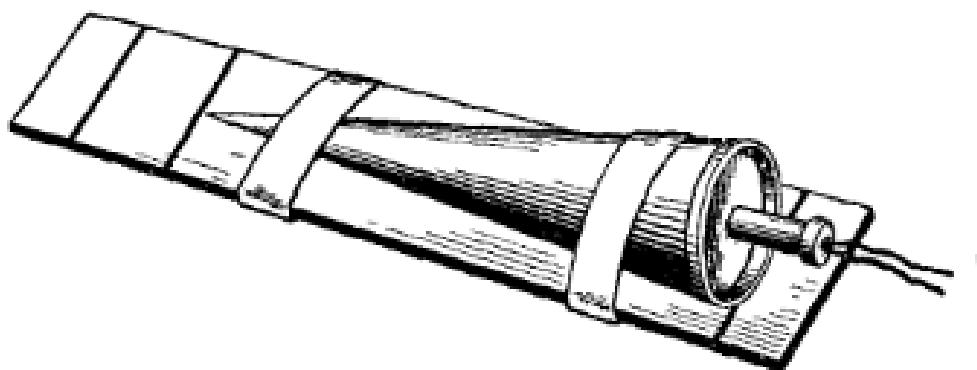


Рис. 1. Конический заряд с электродетонатором

После подрыва заряда измерялось расстояние от вершины до того места, где кончается след механического действия продуктов детонации. Зная размеры конуса до опыта, по

измеренному расстоянию, был вычислен диаметр заряда в том месте, где прекратилась детонация. Этот диаметр считается критическим.[4]

**Результаты исследования.** Полученные результаты в графическом виде приведены на рис. 2.

### Выводы

Проведенные исследования показали, что увеличение содержания микросфер («горячих точек») ведет к уменьшению критического диаметра детонации.

Из полученной зависимости видно, что это изменение критического диаметра можно описать степенной зависимостью. Математическая обработка показала, что полученные результаты описываются уравнением  $d_{кр}=50,63 w^{-1,79}$ . Коэффициент корреляции при этом составляет 0,796.

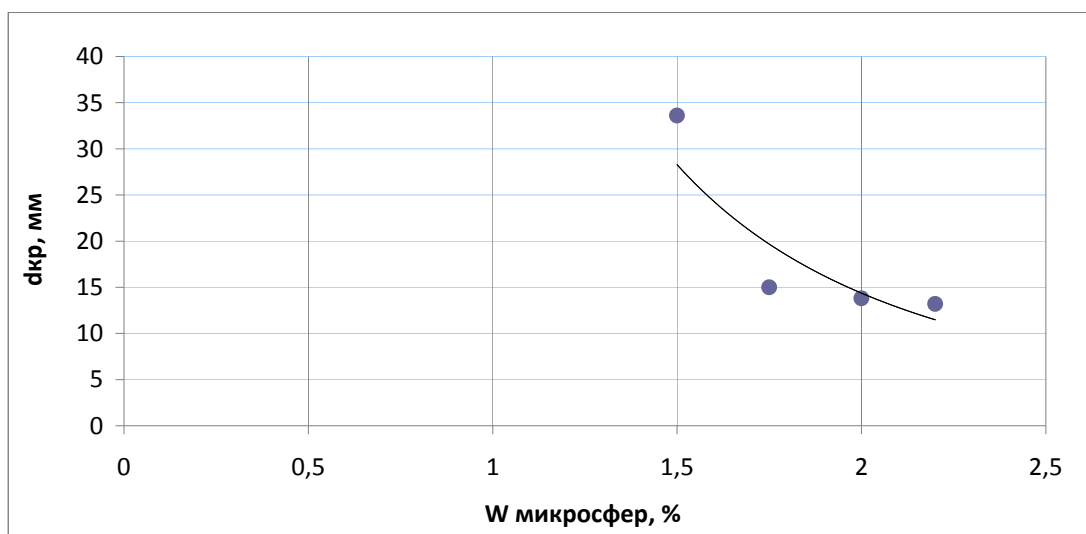


Рис 2. Зависимость критического диаметра детонации от содержания микросфер.

Исходя из полученных результатов, оптимальным содержанием микросфер является 1,75 – 2,0%. Дальнейшее увеличение их количества вызовет ощутимое увеличение себестоимости ЭВВ, но не приведет к значительному уменьшению критического диаметра.

Для выявления зависимости критического диаметра от других видов сенсibilизатора, исследования будут продолжены.

### Библиографический список

1. Генералов М.Б. Основные процессы и аппараты технологии промышленных взрывчатых веществ: учебное пособие для вузов / М. Б. Генералов. - М.: ИКЦ «Академкнига», 2004. – 397 с.: ил.
2. Дубнов Л.В. Промышленные взрывчатые вещества / Л.В. Дубнов, Н.С. Бахаревич, А.И. Романов. – М.: Недра, 1973. – 320 с.: ил.
3. Гольбиндер А.И. Лабораторные работы по курсу теории взрывчатых веществ / А.И. Гольбиндер. - М.: Госвузиздат, 1963. – 142 с.
4. Практикум по взрывному делу / [Н.Р. Шевцов, С.А. Калякин, В.В. Левит и др.]; под ред. Н.Р. Шевцова. - Донецк: Норд-Пресс, 2003. – 95 с.
5. Свойства матричных эмульсий и взрывчатых веществ на их основе / [В.С. Илюхин, В.А. Соснин, В.И. Черемухина, Л.В. Макогон] // Горный журнал. – 2003. - № 12.

Надійшла до редакції 27.03.2012.

Е. А. Ільїна, Ю. В. Манжос

*ДВНЗ «Донецький національний технічний університет», Донецьк, Україна*

### Дослідження залежності критичного діаметру детонації від вмісту сенсibilізатора в емульсійних вибухових речовинах

В статті розглянуті емульсійні вибухові речовини, які широко застосовуються у теперішній час у промисловості, та їх структура, приведені результати випробувань по визначенню критичного діаметру детонації у залежності від вмісту сенсibilізатора, визначена оптимальна кількість сенсibilізатора.

Ключові слова: детонація, сенсibilізатор, випробування.

E. Ilyina, Y. Mangos

*Donetsk National Technical University, Donetsk, Ukraine*

### Critical Diameter Dependence on Sensitizer Content in Emulsion Explosives

The article deals with emulsion explosives, which are widely used nowadays in industry, and with their structure, it shows the results of determination of the variation of the critical diameter, depending on the content of the sensitizer. Also we estimated the optimal content of the sensitizer.

Key words: detonation, sensitizer, test.