

Детонационная способность некоторых легкоплавких малочувствительных ВВ и компонентов пластификаторов ТРТ

А.Э. Прохоров, К.Р. Львова, В.О. Новикова, А.Э. Пешкова

Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева, Москва, Россия

Обоснование. Важнейшими характеристиками детонационной способности энергонасыщенных материалов (ЭМ) являются чувствительность к детонационному импульсу и критический диаметр детонации (дкр). Они являются как характеристиками надежности срабатывания ЭМ, так и характеристиками их безопасности. Детонационная способность ЭМ существенно повышается с понижением плотности заряда [1] и снижением размера частиц [1, 2]. В данной работе исследована детонационная способность ЭМ в зарядах пониженной плотности.

Цель — определение детонационной способности некоторых легкоплавких малочувствительных ВВ и компонентов пластификаторов ТРТ, выявление связи чувствительности ВВ с их химическим строением и энергетическими характеристиками.

Методы. В настоящей работе была использована алгоритмическая методика определения детонационной способности ЭМ в зарядах пониженной плотности, предложенная на кафедре ХТОСА РХТУ им. Д.И. Менделеева [3–6]. В качестве оболочек были использованы медные трубки с внутренним диаметром 4–8 мм с толщиной стенки 1 мм, а также тонкостенные пластиковые трубки диаметром 3–10 мм.

Исследуемые соединения использовали в виде частиц со средним размером около 100 мкм). Заряды готовили путем утрамбовки до плотности зарядов 1 г/см³. Вначале проводили эксперимент в трубках $d = 6$ мм с максимальным зарядом ТАТП (250–300 мг). Если детонация была полной (а), заряд снижали и определяли МИЗ и оценивали дкр ЭМ в трубках $d = 4$ мм, если детонация также была полной, определяли дкр в тонкостенной пластиковой оболочке. Если детонации не было (б), эксперимент проводили с максимальным зарядом ТЭНа. Если детонация была полной (в), снижали заряд и определяли МИЗ. Если нет (г) — увеличивали диаметр заряда до 8 мм и определяли МИЗ ТЭНа.

Результаты. Полученные величины МИЗ ТАТП и ТЭНа, а также дкр для исследуемых ЭМ приведены в табл. 1. Видно, что детонационная способность исследованных ЭМ изменяется в широких пределах. В табл. 2 приведены энтальпия образования ЭМ, расчетная теплота взрыва при плотности заряда 1 г/см³, а также энергия минимального иницирующего импульса (Емии), равная произведению давления детонации ИВВ на его объем. Такая оценка иницирующего импульса предложена в данной работе, она позволяет сравнивать МИЗ для разных ИВВ. Адекватность метода подтверждается предыдущими работами [5, 6].

Ароматические динитросоединения в этих условиях имеют между собой близкую теплоту взрыва (2900–3000 кДж/кг), однако их детонационная способность (как дкр, так и Емии) различается значительно. Тринитротолуол с теплотой взрыва 3600 кДж/кг имеет существенно более высокую детонационную способность. У линейных нитраминов также наблюдается связь детонационной способности с теплотой взрыва. Следует отметить, что данная связь нелинейна и не всегда однозначна — 3,5-динитразагептан имеет пониженную детонационную способность по сравнению с тринитротолуолом. Возможно, это связано с неполнотой протекания химических реакций тепловыделения в критических условиях, на что указывает образование после взрывов дыма, сажи и запахов органических веществ.

Таблица 1. Экспериментальные характеристики исследуемых ЭМ

ЭМ/Свойства	дкр ВВ, мм оболочка пласт./Си	МИЗ ТАТП при $d = 6$ мм	МИЗ ТЭН при $d = 6$ мм	МИЗ ТЭН при $d = 8$ мм
2,4-Динитразапентан	$4 \pm 1 / < 4$	40 ± 5	–	–
2,4,6-Тринитротолуол [3]	$4 \pm 1 / < 4$	68 ± 8	–	–
3,5-Динитразагептан	$6 \pm 1 / < 4$	135 ± 15	–	–
2,4-Динитроанизол	$> 10 / < 4$	–	150 ± 50	–
2,4-Динитротолуол [5]	$>> 10 / 7 \pm 1$	–	–	300 ± 50

Таблица 2. Экспериментальные и расчетные характеристики исследуемых ЭМ

ЭМ/Свойства	Энтальпия образования, кДж/кг (лит)	Теплота взрыва, кДж/кг (расч.) при плотности 1 г/см ³	Энергия мин. инициирующего импульса, Дж
2,4-Динитразапентан	–300	4350	100
2,4,6-Тринитротолуол	–300	3500	175
3,5-Динитразапентан	–600	3600	450
2,4-Динитроанизол	–2000	3000	1500
2,4-Динитротолуол	–400	2900	3000

Выводы. На основании проведенных исследований показано влияние химического строения и энергетических характеристик на взрывчатые характеристики некоторых легкоплавких малочувствительных ВВ и компонентов пластификаторов ТРТ, представляющих собой ароматические нитросоединения и линейные нитрамины. Показано, что несмотря на заметное снижение детонационной способности с понижением теплоты взрыва, связь между ними не всегда однозначна, что может объясняться как разным химическим строением, так и неполным превращением ВВ в критических условиях.

Ключевые слова: чувствительность к детонационному импульсу; минимальный инициирующий заряд; теплота взрыва; критический диаметр детонации; 2,4-динитроанизол; 2,4-динитротолуол; 2,4,6-тринитротолуол; 2,4-динитразапентан; 3,5-динитразапентан.

Список литературы

1. Андреев К.К., Беляев А.Ф. Теория взрывчатых веществ: учебник для химико-технологических специальностей вузов. Москва: Оборонгиз, 1960. 595 с.
2. Котомин А.А., Душенков С.А., Козлов А.С. Регулирование детонационной способности взрывчатых композиций // Успехи в химии и химической технологии: труды Всероссийской научно-технической конференции, посвященной 80-летию Инженерного химико-технологического факультета РХТУ им. Д.И. Менделеева. Москва: РХТУ им. Д.И. Менделеева; ДеЛи плюс, 2015. С. 201–206. EDN: VZCQRX
3. Петрейкин А.А., Антипов Д.С., Кунаков А.А., и др. Разработка методики определения минимальных инициирующих зарядов для низкоплотных зарядов бризантных ВВ // Успехи в химии и химической технологии. 2016. Т. 30, № 8. С. 37–38. EDN: XEBLPZ
4. Лазарев И.В., Левшенков А.И., Богданова Л.Е. Чувствительность солей 5,5'-азотетразола с азотистыми основаниями, их кристаллогидратов и смесей с окислителями к детонационному импульсу // Горение и взрыв. 2022. Т. 15, № 1. С. 105–110. doi: 10.30826/CE22150112 EDN: HJSDXZ
5. Юрков А.В., Лазарев И.В., Богданова Л.Е., и др. Чувствительность ароматических нитросоединений и солей 5,5'-азотетразола к детонационному импульсу // Тезисы докладов XLIX Самарской областной студенческой научной конференции «Естественные и технические науки»: в 2 т. Т. 1. Санкт-Петербург: Эко-Вектор, 2023. С. 241–242. EDN: BAESKF
6. Левшенков А.И., Юрков А.В., Демичев И.С., и др. Алгоритмический метод определения детонационной способности энергонасыщенных материалов в зарядах пониженной плотности // Успехи в специальной химии и химической технологии: материалы конференции. Москва: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2025. С. 127–130. EDN: BJOTFQ

Сведения об авторах:

Александр Эдуардович Прохоров — студент, группа И-63, ИХТ-факультет; Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева, Москва, Россия. E-mail: prokhovalex@prokhovalex.ru

Ксения Романовна Львова — студентка, группа И-53, ИХТ-факультет; Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева, Москва, Россия. E-mail: ksyu.lvova.2003@mail.ru

Вероника Олеговна Новикова — студентка, группа И-53, ИХТ-факультет; Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева, Москва, Россия. E-mail: nik.nov.ol@mail.ru

Анастасия Эдвардовна Пешкова — студентка, группа И-53, ИХТ-факультет; Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева, Москва, Россия. E-mail: nik.nov.ol@mail.ru

Сведения о научном руководителе:

Антон Игоревич Левшенков — доцент кафедры ХТОСА, ИХТ-факультет; Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева, Москва, Россия. E-mail: antlew@rambler.ru