

РАСЧЕТ ДЕТОНАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК И ПАРАМЕТРОВ МЕТАТЕЛЬНОЙ СПОСОБНОСТИ ПРОИЗВОДНЫХ 1,3,5-ТРИАЗИНОВ

И.И. Реут, А.А. Гидаспов, А.Л. Кривченко, Е.А. Кожевников

Самарский государственный технический университет
443100, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244
E-mail: enterfax@mail.ru

В работе проведен расчет детонационных характеристик производных 1,3,5-триазинов. На основе предложенных методик расчета относительной скорости торцевого метания пластины и скорости расширения цилиндрической оболочки определены оптимальные вещества для метания элементов из меди и латуни.

Ключевые слова: 1,3,5-триазины, скорость метания, торцевое метание, скорость расширения цилиндрической оболочки.

Введение

Особое значение имеет поиск связи между детонационными характеристиками взрывчатых веществ (ВВ) и эффективностью действия самоформирующегося заряда (СФЗ). Решение этой задачи позволяет производить обоснованный выбор ВВ, пригодных для снаряжения боевых частей, и вести целенаправленный синтез новых мощных ВВ с требуемыми характеристиками.

Известно, что интерполяционные уравнения, разработанные с помощью статистической обработки массива данных, могут давать существенные погрешности при вычислении характеристик у новых классов соединений, которые изначально не входили в массив данных. Одним из таких классов соединений являются производные 1,3,5-триазинов. Целесообразно применить на данном классе соединений разработанные нами методики расчета скорости метания элементов и разлета оболочки.

Прогнозирование параметров детонации производных 1,3,5-триазинов

Производные 1,3,5-триазина обращают на себя внимание в плане разработки термостойких ВВ с оптимальной чувствительностью, а также биологически активных веществ [1]. Экспериментальные данные по параметрам детонации, теплоте взрыва и ударно-волновой чувствительности для многих производных 1,3,5-триазинов отсутствуют. Наиболее полный и точный экспресс-метод определения параметров детонации описан в работе [2]:

$$D = 1,2C_0 \frac{\rho_o}{\rho} + 2,55 \sqrt{\frac{\alpha_k + 1,65}{5,5} \rho_o Q_m}, \quad (1)$$

где D – скорость детонации, м/с;

C_0 – скорость звука, м/с;

Игорь Игоревич Реут, аспирант, каф. защиты в чрезвычайных ситуациях.

Александр Александрович Гидаспов (д.х.н., проф.), зав. кафедрой, каф. химии и технологии органических соединений азота.

Александр Львович Кривченко (д.т.н., проф.), профессор, каф. защиты в чрезвычайных ситуациях.

Евгений Александрович Кожевников, аспирант, каф. защиты в чрезвычайных ситуациях.

ρ – плотность заряда, г/см³;
 ρ_0 – предельная плотность, г/см³;
 α_k – кислородный коэффициент;
 Q_m – максимальная теплота взрыва, кДж/кг.

В данном методе предлагается вести определение параметров детонации, опираясь на базовые показатели: максимальную удельную теплоту взрыва Q_m , кислородный коэффициент α , максимальную плотность ВВ ρ , плотность заряда ρ_0 и объемную скорость звука C_0 во ВВ при его максимальной плотности. Подкорневое выражение в формуле (2) является массовой скоростью U . Скорость звука в органических веществах вычисляется по способу Рао [3]

$$C = \left(\frac{Ra \cdot \rho}{M_m} \right)^3, \quad (2)$$

где Ra – инкремент химической связи данного вида;

M_m – молекулярная масса вещества, по которому распространяется звуковая волна.

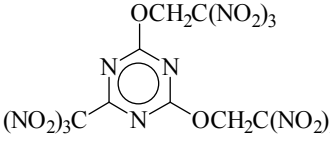
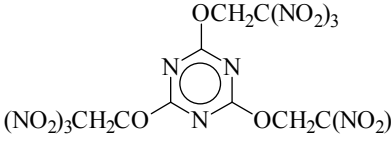
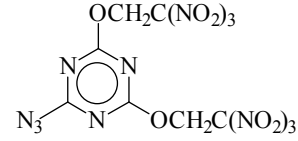
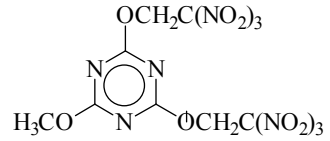
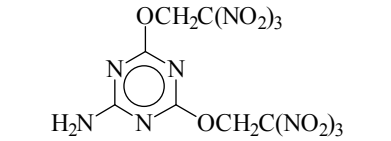
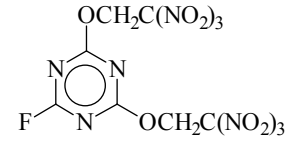
По значению скорости звука можно разделить ВВ на динамики и эндотермики. Динамики имеют высокую скорость звука и относительно низкую теплоту взрыва, сохраняя при этом высокие параметры детонации. Эндотермики, наоборот, имеют низкую скорость звука и высокую теплоту взрывчатого превращения. Причем именно эндотермики являются наиболее чувствительными ВВ. В этом плане представляется интересным на примере производных 1,3,5-триазинов, которые близки по своему строению, рассмотреть именно эти параметры.

Максимальная теплота взрывчатого превращения Q_m определяется по правилу максимума [4]. Детонационное давление P и показатель политропы процесса n находились по экспресс-методике [2].

Структурные формулы производных 1,3,5-триазинов приведены в табл. 1.

Т а б л и ц а 1

Структурные формулы производных 1,3,5-триазинов

 <p style="text-align: center;">I</p> <p style="text-align: center;">2,4-ди(тринитроэтоксигрупп)- 6-тринитрометил-1,3,5- триазина</p>	 <p style="text-align: center;">II</p> <p style="text-align: center;">2,4,6-трис-(тринитроэтоксигрупп)- 1,3,5-триазин</p>	 <p style="text-align: center;">III</p> <p style="text-align: center;">2-азид-4,6- бис(тринитроэтоксигрупп)- 1,3,5-триазин</p>
 <p style="text-align: center;">VI</p> <p style="text-align: center;">2-метокси-4,6- бис(тринитроэтоксигрупп)- 1,3,5-триазин</p>	 <p style="text-align: center;">V</p> <p style="text-align: center;">2-амин-4,6- бис(тринитроэтоксигрупп)-1,3,5- триазин</p>	 <p style="text-align: center;">VII</p> <p style="text-align: center;">2-фтор-4,6- бис(тринитроэтоксигрупп)- 1,3,5-триазин</p>

Экспериментальные и расчетные характеристики производных 1,3,5-триазинов приведены в табл. 2.

Как видно из табл. 2, все рассмотренные ВВ имеют плотность в пределах 1,74-1,86 г/см³, различный кислородный коэффициент α_k – от 0,77 до 1,111 и различные температуры плавления $T_{пл}$. Вещество IV имеет низкую $T_{пл}$ =332 К и в принципе перспективно как плавкий взрывчатый компонент, а образец I перспективен в плане взрывчатого окислителя.

Т а б л и ц а 2

Экспериментальные и расчетные характеристики производных 1,3,5-триазинов

Вещество Характеристика	I	II	III	IV	V	VI
α_k	1,111	1,000	0,875	0,769	0,824	0,903
ρ_0 , г/см ³	1,866	1,840	1,800	1,740	1,820	1,800
$T_{пл}$, К	442 (с разл.)	414 (с разл.)	389	332	389	385
C_0 , м/с	1685	1703	1596	1664	1694	1573
Q_m , кДж/кг	4376	5625	5637	5537	5247	4741
D , м/с	7289	7851	7528	7350	7424	7064
U , м/с	2065	2278	2201	2099	2114	2030
$Q_{дет.вз.}$, кДж/кг	4264	5189	4844	4406	4469	4121
P , ГПа	30,7	32,9	29,8	26,8	28,6	25,8
n	2,53	2,45	2,42	2,50	2,51	2,48

Скорости звука в I-VI близки между собой и лежат в пределах от 1573 до 1703 м/с. По этому показателю указанные вещества не относятся к классу динамитов. Максимальная теплота взрывчатого превращения Q_m лежит в пределах 4376-5637 кДж/кг, а детонационная теплота взрыва $Q_{дет.вз.}$, определяющаяся квадратом массовой скорости, имеет пределы от 4121 до 5189 кДж/кг. Скорости детонации для ряда 1,3,5-триазинов лежат в пределах 7064-7851 м/с, а значение массовой скорости U во всех случаях превышает 2000 м/с.

Таким образом, производные 1,3,5-триазинов имеют достаточно высокую массовую скорость и низкую скорость звука, поэтому представляется интересным определить эффективность метательной способности данных веществ.

Прогнозирование метательной способности производных 1,3,5-триазинов

В табл. 3 приведены результаты расчетов по разработанным в работе [5] методам:

– определение относительной скорости метания медной пластины по методу эквивалентных масс $W_{экр}$ с использованием уравнения (3)

$$W_{экр} = U \sqrt{\frac{\rho_0}{\rho_{пл}}}, \quad (3)$$

где U – массовая скорость ВВ, м/с;

ρ_0 – плотность заряда ВВ, г/см³;

$\rho_{пл}$ – плотность метаемого элемента, г/см³.

Выражение (3) применимо в случае торцевого метания по методу М-60;

– определение скорости расширения медной цилиндрической оболочки W_{cyl} по формуле (4)

$$W_{cyl} = \frac{C_0 + U}{2,66}, \quad (4)$$

где значение делителя численно связано с коэффициентами уравнения ударной адиабаты $D = \alpha + \lambda U$ [4] соотношением α/λ , т. е. $3,98/1,495 = 2,66$.

Выражение (4) применимо в случае определения скорости расширения цилиндрической оболочки по методу Т-20.

Т а б л и ц а 3

Расчетные значения скоростей метания меди по методикам М-60 и Т-20 производными 1,3,5-триазина

Производное 1,3,5-триазина	I	II	III	IV	V	VI
$W_{эKB}$, % по отношению к октогену	93,6	102,5	97,9	91,8	94,5	90,3
W_{cyl} , м/с	1410	1497	1427	1389	1432	1355

Как видно из табл. 3, наиболее перспективным является вещество II и, вероятно, III, а в плане окислителя – вещество I. Вероятно, комбинация взрывчатой смеси из III и V превзойдет по метательной способности II, так как скорость звука в системе будет меньше, чем в веществе II. Таким образом, данные вещества могут найти применение в качестве облицовок боеприпасов СФЗ.

В табл. 4 приведены параметры относительной метательной способности данных ВВ и скорости расширения цилиндрической оболочки из латуни Л75.

Т а б л и ц а 4

Расчетные значения скоростей метания латуни по методикам М-60 и Т-20 производными 1,3,5-триазина

Производное 1,3,5-триазина	I	II	III	IV	V	VI
$W_{эKB}$, % по отношению к октогену	93,6	102,5	97,9	91,8	94,5	90,3
W_{cyl} , м/с	1524	1618	1543	1530	1548	1465

Как видно из табл. 3 и 4, при нагружении латуни Л75 зарядами производных 1,3,5-триазинов наблюдается увеличение расчетной скорости расширения цилиндрической облицовки на 8 %.

Заключение

На основе разработанных методик определения метательной способности [5] произведен расчет параметров детонации и скоростей метания по методикам Т-20 и М-60 для ряда перспективных веществ производных 1,3,5-триазинов. Показано, что вещества обладают хорошей метательной способностью, а 2,4,6-трис-(тринитроэтокси)-1,3,5-триазин имеет скорость метания порядка октогена. Экспресс-метод оценки эффективности действия вполне применим для металлов поражающих элементов боеприпасов типа ударного ядра и дает возможность определить оптимальный материал, хотя и требует экспериментальной проверки.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Гидаспов А.А., Бахарев В.В.* Синтез взрывчатых веществ в ряду amino(оксо)динитрометил-1,3,5-триазинов // *Материалы Всероссийской конференции «Энергетические конденсированные системы»*, Черногловка. – М.: Янус-К, 2002. – С. 82.
2. *Кривченко А.Л.* Метод расчета параметров детонации конденсированных взрывчатых веществ // *ФГВ*, 1984. – Т.20. – №3. – С. 83-86.
3. *Rao M. Rama*, Sound Velocity and Intermolecular Forces, *Current Sci. (India)*, 8, 510 (1939).
4. *Орленко Л.П.* Физика взрыва // В 2 т. – Т. 1. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2004. – 832 с.
5. *Кривченко А.Л., Реут И.И.* О способах оценки метательной способности зарядов взрывчатых веществ / *Вопросы оборонной техники. Сер. 14* // Нижний Тагил: НИИМ, 2011 – №6.

Статья поступила в редакцию 6 октября 2011 г.

THE CALCULATION OF THE DETONATION CHARACTERISTICS AND TOSSING ABILITY PARAMETERS OF 1,3,5-TRIAZINE DERIVATIVES

I.I. Reout, A.A. Gidaspov, A.L. Krivchenko, E.A. Kozhevnikov

Samara State Technical University
244, Molodogvardeyskaya st., Samara, 443100

The calculation of the detonation characteristics of 1,3,5-triazine derivatives was made. On the basis of the offered calculation methods for the relative abutment tossing of the plate and the widening speed of the cylindric confinement the optimal substances for tossing the elements made of copper and brass were defined.

Keywords: *1,3,5-triazine, capability missile, front tossing speed, shell extension cylindrical speed.*

Igor I. Reout, Postgraduate student.
Alexander A. Gidaspov (Dr. Sci. (Chem.)), Professor.
Alexander L. Krivchenko (Dr. Sci. (Techn.)), Professor.
Evgeniy A. Kozhevnikov, Postgraduate student.