

ВЛИЯНИЕ МОДИФИЦИРОВАНИЯ ПОВЕРХНОСТИ ЧАСТИЦ ЦИКЛИЧЕСКИХ НИТРАМИНОВ НА ПРОЦЕССЫ ГОРЕНИЯ МЕТАЛЛИЗИРОВАННЫХ И МАЛОМЕТАЛЛИЗИРОВАННЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ КОНДЕНСИРОВАННЫХ СИСТЕМ (ЭКС)

М.Б. Кузовкина, Г.В. Сакович, О.А. Трошина, Б.В. Певченко, Н.А. Бахолдина

Исследовано влияние модифицирования поверхности частиц НМХ на скорость горения металлизированных и малометаллизированных ЭКС. Показано, что использование модифицированного НМХ приводит к снижению скорости горения металлизированных и малометаллизированных ЭКС.

Современные ЭКС содержат в своем составе различные наполнители, использование которых в определенных соотношениях позволяет регулировать уровень требуемых физико-механических, баллистических и стойкостных параметров за гарантийный срок эксплуатации [1].

Одним из перспективных компонентов ЭКС является НМХ. Его применение позволяет получать ЭКС с довольно высокими энергетическими показателями. Однако использование НМХ приводит к существенному увеличению степени взрывоопасности ЭКС [2].

В то же время, циклические нитрамины имеют низкую адгезионную прочность к отвержденному нитроэфирсодержащему связующему, что, в свою очередь, приводит к снижению уровня физико-механических характеристик (ФМХ), сокращению гарантийных сроков хранения и эксплуатации ЭКС [3].

Одним из направлений регулирования ФМХ и иных свойств ЭКС является покрытие кристаллов окислителя и ВВ тонкой пленкой веществ повышающих средство наполнителя к полимерному связующему. Вещества, используемые в качестве покрытий, могут иметь как органическую природу, так и неорганическую [4]. В этой связи представляет интерес оценка влияния модификации поверхности частиц циклических нитраминов на процессы горения металлизированных и малометаллизированных ЭКС.

В качестве покрытия использовался легкоплавкий сплав с температурой плавления $T_{пл}=69^{\circ}\text{C}$. Модификации подвергался порошок НМХ достаточно узкой фракции со средним размером кристаллов приблизительно 150 мкм. С использованием немодифицированного и модифицированного НМХ готовились ЭКС (металлизированные с содержанием Al до 18% и малометаллизированные до

4% Al) на основе активного азолового горючего связующего (АГСВ). Составы ЭКС приведены в таблице 1.

Для испытаний использовались отвержденные образцы высотой 10 мм и диаметром 14 мм, заполненные в цилиндрические текстолитовые оболочки. Сжигание образцов, предварительно протермостатированных при различных температурах, проводилось в установке возрастающего давления в среде азота. Воспламенение укрепленных вертикально образцов осуществлялось навеской пороха ДРП-1 массой 0,5 г. Порох воспламенялся перегорающей нихромовой нитью (или запального мостика). В процессе горения изменение давления фиксировалось на осциллограмме, по которой в дальнейшем определялись время горения t , и среднее давление P . Скорость горения образца определялась как отношение длины образца l ко времени горения t . Обработка результатов эксперимента проводилась по методу наименьших квадратов [5] с использованием степенной аппроксимирующей функции вида:

$$U = U_0 \cdot P^v \quad (1)$$

На рисунках 1-3 приведены кривые зависимости скорости горения от давления систем «1» и «1-М» при температурах минус 50°C , плюс 20°C , плюс 50°C .

Результаты определения характеристик горения в диапазоне давлений 8-14 МПа при данных температурах представлены в таблице 2.

Анализ данных таблицы 2 показывает, что замена НМХ на модифицированный продукт приводит к снижению скорости горения металлизированной ЭКС на 1-5%. С увеличением давления уменьшаются разбросы скорости горения. Одновременно происходит некоторое увеличение барического показателя v .

Таблица 1

Компонентный состав ЭКС

| Наименование компонента | Металлизированные | | Малометаллизированные | |
|-------------------------|-------------------|---------------|-----------------------|---------------|
| | Система «1» | Система «1-М» | Система «2» | Система «2-М» |
| АГСВ | 23 | 23 | 25 | 25 |
| ПХА | 15 | 15 | 37 | 37 |
| НМХ | 44 | – | 34 | – |
| НМХ-М* | – | 45 | – | 35 |
| Al | 18 | 17 | 4 | 3 |

Примечание – *модифицированный НМХ.

Таблица 2

Характеристики горения систем при различных температурах

| Состав и характеристики | Система «1» | | | Система «1-М» | | |
|--|-------------|---------|---------|---------------|---------|---------|
| | T=-50°C | T=+20°C | T=+50°C | T=-50°C | T=+20°C | T=+50°C |
| Скорость горения U, мм/ при давлении: P=8 МПа | 17,98 | 21,17 | 22,62 | 17,11 | 19,53 | 21,00 |
| P=10 МПа | 20,26 | 22,47 | 25,37 | 19,75 | 21,36 | 23,82 |
| P=12 МПа | 22,33 | 23,60 | 27,87 | 22,20 | 22,98 | 26,41 |
| P=14 МПа | 24,26 | 24,59 | 30,18 | 24,51 | 24,45 | 28,81 |
| $v_{(8-14)}$ | 0,54 | 0,36 | 0,52 | 0,64 | 0,40 | 0,57 |

Таблица 3

Значение температурного коэффициента скорости горения системы «1» и системы «1-М»

| Температурный коэффициент, %/град. | Значение давления, МПа | | | | | |
|-------------------------------------|------------------------|-------|-------|---------------|-------|-------|
| | Система «1» | | | Система «1-М» | | |
| | P=10 | P=12 | P=14 | P=10 | P=12 | P=14 |
| $\beta_{(-50...+50)^\circ\text{C}}$ | 0,230 | 0,227 | 0,226 | 0,190 | 0,179 | 0,170 |

Таблица 4

Характеристики горения систем при различных температурах

| Состав и характеристики | Система «2» | | | Система «2-М» | | |
|--|-------------|---------|---------|---------------|---------|---------|
| | T=-50°C | T=+20°C | T=+50°C | T=-50°C | T=+20°C | T=+50°C |
| Скорость горения U, мм/ при давлении: P=8 МПа | 28,37 | 30,07 | 31,61 | 26,64 | 29,21 | 31,34 |
| P=10 МПа | 31,75 | 33,71 | 35,63 | 29,66 | 32,59 | 35,11 |
| P=12 МПа | 34,80 | 37,01 | 39,28 | 32,39 | 35,63 | 38,52 |
| P=14 МПа | 37,61 | 40,05 | 42,66 | 34,88 | 38,43 | 41,67 |
| $v_{(8-14)}$ | 0,50 | 0,51 | 0,54 | 0,48 | 0,49 | 0,51 |

Таблица 5

Значение температурного коэффициента скорости горения системы «2» и системы «2-М»

| Температурный коэффициент, %/град. | Значение давления, МПа | | | | | |
|-------------------------------------|------------------------|-------|-------|---------------|-------|-------|
| | Система «2» | | | Система «2-М» | | |
| | P=10 | P=12 | P=14 | P=10 | P=12 | P=14 |
| $\beta_{(-50...+50)^\circ\text{C}}$ | 0,115 | 0,121 | 0,126 | 0,168 | 0,170 | 0,177 |
| $\beta_{(+20...-50)^\circ\text{C}}$ | 0,100 | 0,095 | 0,098 | 0,134 | 0,136 | 0,138 |

Для системы «1» и системы «1-М» по средней приведенной скорости горения рассчитан температурный коэффициент β (формула 2) для различных интервалов температур и давлений (таблица 3).

$$\beta = \frac{1}{U_{cp}} \cdot \frac{dU}{dt} \cdot 100\% \quad (2)$$

Как следует из таблицы 3, температурный коэффициент скорости горения системы

ВЛИЯНИЕ МОДИФИЦИРОВАНИЯ ПОВЕРХНОСТИ ЧАСТИЦ ЦИКЛИЧЕСКИХ НИТРАМИНОВ НА ПРОЦЕССЫ ГОРЕНИЯ МЕТАЛЛИЗИРОВАННЫХ И МАЛОМЕТАЛЛИЗИРОВАННЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ КОНДЕНСИРОВАННЫХ СИСТЕМ (ЭКС)

«1-М» с использованием модифицированного НМХ значительно снижается по сравнению с коэффициентом исходной системы «1».

Проверка влияния модификации поверхности частиц НМХ на процессы горения малометаллизированных ЭКС (системы «2» и «2-М», таблица 1) привела к ожидаемым результатам.

На рисунках 4-6 приведены кривые зависимости скорости горения от давления системы «2» и системы «2-М» при температурах минус 50°C, плюс 20°C, плюс 50°C.

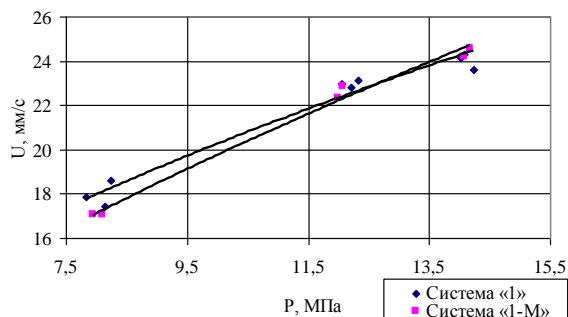


Рисунок 1. Зависимость скорости горения от давления системы «1» и системы «1-М» при температуре минус 50°C

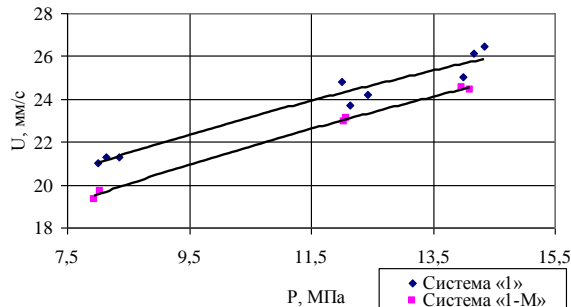


Рисунок 2. Зависимость скорости горения от давления системы «1» и системы «1-М» при температуре плюс 20°C

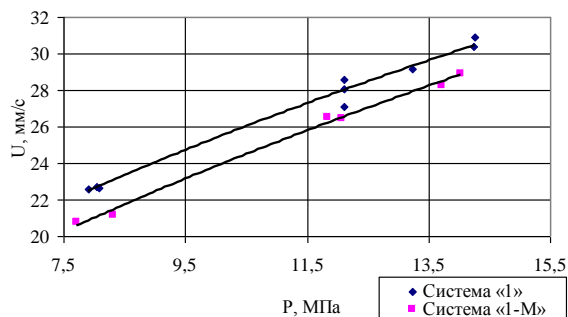


Рисунок 3. Зависимость скорости горения от давления системы «1» и системы «1-М» при температуре плюс 50°C

Как следует из таблицы 4, введение модифицированного НМХ в малометаллизированную систему «2» приводит к снижению скорости горения, в это же время происходит снижение барического показателя.

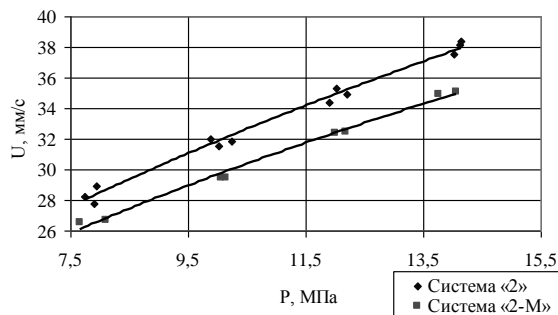


Рисунок 4. Зависимость скорости горения от давления системы «2» и системы «2-М» при температуре минус 50°C

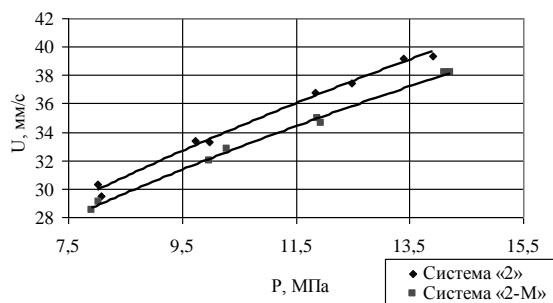


Рисунок 5. Зависимость скорости горения от давления системы «2» и системы «2-М» при температуре плюс 20°C

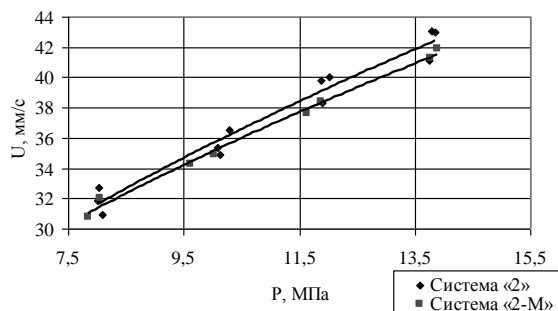


Рисунок 6. Зависимость скорости горения от давления системы «2» и системы «2-М» при температуре плюс 50°C в таблице 4 представлены результаты определения характеристик горения в диапазоне давлений 8-14 МПа при различных температурах

Зависимость скорости горения от температуры системы «2-М» с использованием модифицированного НМХ увеличивается (таблица 5). Таким образом, проведенные исследования показывают неоднозначный харак-

тер влияния модификации поверхности НМХ сплавом на характеристики горения металлизированных и малометаллизированных ЭКС. В одном случае (для металлизированных рецептур) использование в составе ЭКС модифицированного НМХ снижает скорость горения и ее зависимость от температуры при одновременном повышении барического коэффициента (таблицы 2, 3), в другом (малометаллизированных рецептур) происходит снижение скорости горения и барического показателя v , но увеличивается температурный градиент (таблицы 4, 5).

Полученный результат согласуется с теорией горения Зельдовича о сближении зон и позволяет применять приемы модифицирования нитраминов для регулирования баллистических характеристик в конкретных прикладных системах.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Цуцуран В.И., Петрухин Н.В., Гусев С.А. Военно-технический анализ состояния и перспективы развития ракетных топлив. – М.: МО РФ, 1999. – 332с.
 2. Орлова Е.Ю. Химия и технология бризантных взрывчатых веществ. – Л.: «Химия», 1973. – 688 с.
 3. Мишукова Е.В., Калмыков П.И., Панченко Н.Ф. // Перспективы создания и применения конденсированных энергетических материалов: сборник докладов I Всероссийской научно-технической конференции молодых ученых, 27-29 сентября 2006. г. Бийск: ИПХЭТ СО РАН. – 2006. – 197с.
 4. Печенев Ю.Г., Фурнэ В.В. // Актуальные проблемы разработки и использование ВВ и составов на их основе: сборник докладов II Российской научно-технической конференции, 26-28 октября 1999. г. Дзержинск: ФГУП «ГосНИИ» Кристалл». – 2003. –111-118с.
 5. Бахман Н.Н, Беляев А.Ф. Горение гетерогенных конденсированных систем. – М.: «Наука», 1967. – 227с.
1. Цуцуран В.И., Петрухин Н.В., Гусев С.А. Военно-технический анализ со-

МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ ДИСПЕРСНОСТИ СУБМИКРОННЫХ АЭРОЗОЛЕЙ ПО ИХ СПЕКТРАЛЬНОЙ ПРОЗРАЧНОСТИ

А.А. Павленко, О.Б. Кудряшова, С.С. Титов, Е.В. Максименко

Предложен новый метод определения дисперсности субмикронных аэрозолей и экспериментально-измерительный комплекс для его реализации. Разработан алгоритм решения обратной некорректной задачи с использованием параметризации.

ВВЕДЕНИЕ

Течения газа со взвешенными в нём жидкими субмикронными частицами широко распространены в природе, а также играют важную роль во многих отраслях современной техники. Физика многофазных потоков чрезвычайно сложна и многообразна; в определяющие уравнения входит, как правило, целый ряд эмпирических зависимостей и констант. Поэтому при исследовании таких потоков существенное значение имеют экспериментальные методы. Экспериментальная информация об основных параметрах конденсированных частиц – концентрации, дисперсности, скорости, температуре – не только позволяет оценивать степень адекватности реальному процессу принятой для его описания математической модели, но в большинстве случаев является необходимой в каче-

стве исходных данных для проведения расчётов рабочих процессов в конкретных устройствах. Наиболее перспективными методами получения экспериментальной информации являются бесконтактные методы измерений. Их основное преимущество перед зондовыми методами – отсутствие возмущений исследуемого течения [1].

Одними из бесконтактных методов измерений параметров многофазных потоков являются оптические методы, основанные на наблюдении за прошедшим через поток зондирующим излучением. По характеристикам преломлённого, ослабленного либо отражённого излучения можно оценивать изменение дисперсности жидкой фазы и её концентрации. Кроме этого важно знать объём облака аэрозоля и скорость его распространения. Для одновременного измерения этих параметров необходимо несколько измеритель-