

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ГОРЕНИЯ ВЕЩЕСТВ НА ОСНОВЕ ПРОИЗВОДНЫХ НИТРОМОЧЕВИНЫ

Г.В. Сакович¹, С.Г. Ильясов¹, И.В. Казанцев¹, Д.С. Ильясов¹, В.С. Глухачева¹,
А.А. Аверин²

¹ Учреждение Российской академии наук Институт проблем химико-энергетических технологий
Сибирского отделения РАН (ИПХЭТ СО РАН)

² ОАО «Федеральный научно-производственный центр «Алтай»

В работе представлены результаты стендовых испытаний по исследованию процессов горения производных нитромочевины (НМ) и их составов. Проведена классификация высоко-энергетических веществ по скорости горения.

Ключевые слова: взрывное горение, флегматизированный состав, нитромочевина, нитраминогидроксамовая кислота, нитросемикарбазид.

Таблица 1

ВВЕДЕНИЕ

Ранее нами было показано [1,2], что аммониевая соль нитромочевины (АНМ) является компонентом невзрывчатого газогенерирующего состава АНМУ с высокой газовой производительностью на уровне 1242 л/кг при $P=0,098$ МПа, $T=298$ К и скоростью горения $2,5\div3$ м/с при давлении $100\div120$ МПа и содержании флегматизатора на уровне $5\div7,5$ %.

Целью нашей работы являются исследования по поиску газогенерирующих веществ из класса производных нитромочевины (НМ) с высокой скоростью горения.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

Испытанию подвергались образцы производных НМ (таблица 1) путем сжигания в газогенераторе со свободным объемом 140 см³.

Заряды помещались в текстолитовый стаканчик, исполняющий роль бронировки по боковой и задней поверхности, что позволило осуществить инициирование зарядов независимо от соплового блока.

Схема генератора представлена на рисунке 1. Температура в камере генератора измерялась датчиком ИС-470 (градуировки ВР), а давление – пьезометрическим датчиком ЛХ-412. Рабочее положение генератора – вертикальное. Воспламенитель, смесь пороха КЗДП и ДРП, насыпали на поверхность образца (навеска 2 г). Инициирование воспламенителя проводится от нихромового мостика. Запальные концы мостика выводятся через текстолитовый стаканчик и контактные электроды.

Перечень составов

Шифр	Состав
АНГК	аммониевая соль нитраминогидроксамовой кислоты
АНГК/У20	АНГК/уретан (20 %),
АНГК/У64	АНГК/уретан (64 %),
АНСК	аммониевая соль нитросемикарбазида
АНМ/П10	АНМ/парафина (10 %)
АБНГ/У5	АБНГ/уретан (5 %)
АБНГ	аммониевая соль бис(нитросемикарбазон) глиоксаля
НУ	Нитроуретан
АНУ	аммониевая соль нитроуретана
ДАНКМГ	диаммониевая соль нитрокарбамоилглицина
ДАНКМГ/У5	ДАНКМГ/уретан (5 %)
ГБНГ	гидразиневая соль бис(нитросемикарбазон) глиоксаля
ГБНГ/У5	ГБНГ/уретан (5 %)
НКМГ	Нитрокарбамоилглицин
ГУНМ	гуанидиниевая соль нитромочевины

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЯ

В результате проведенных испытаний, по характеру воспламенения и скорости нарастания давления, все образцы были условно разделены на 4 группы:

- взрывное горение,
- быстрое горение,
- медленное горение (разложение),
- образец не воспламенился.

В первую группу (взрывное горение) вошли следующие образцы: АНГК и АНГК/У20.

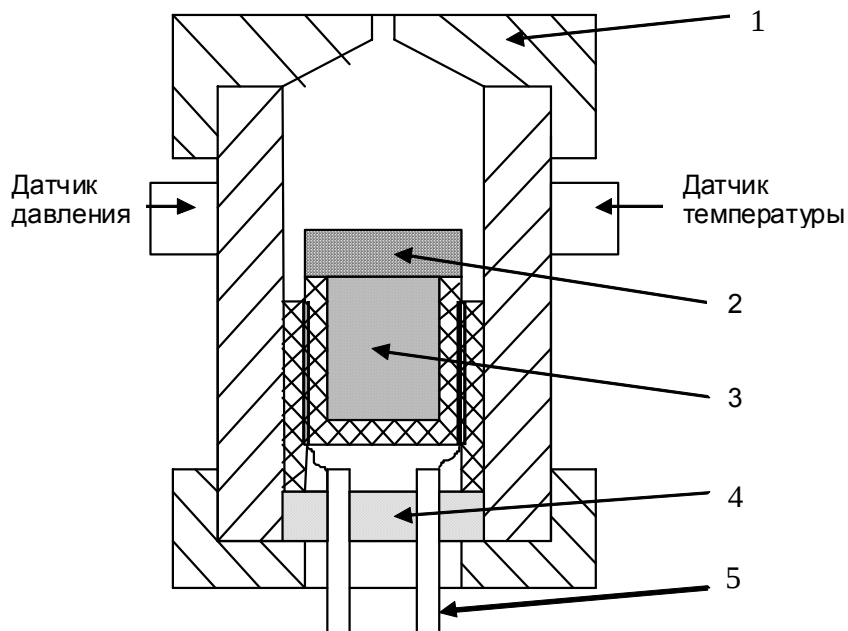
Результаты работ представлены в таблице 2.

АНГК обладает высокой скоростью разложения. Была сделана попытка уменьшить данную характеристику путем добавления уретана. Добавка 20 % не принесла значи-

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ГОРЕНИЯ ВЕЩЕСТВ НА ОСНОВЕ ПРОИЗВОДНЫХ НИТРОМОЧЕВИНЫ

тельных результатов. Скорость горения практически не изменилась. Увеличение содержания уретана (до 64 %) привело к невозможности воспламенения образца. Даже пя-

тикратное повышение начального импульса (до 25 МПа) не дало положительных результатов.



1 – сопловая крышка; 2 – воспламенитель; 3 – образец для испытаний; 4 – крышка воспламенителя; 5 – контактные электроды

Рисунок 1. Схема газогенератора объемом 140 см³

Таблица 2

Характеристика образцов (параметры инициирования), результаты испытаний

Наименование	АНКГ	АНКГ	АНГК/У20	АНГК/У64
Масса, г	8,5	15,6	11,4	13,2
Усилие прессования, кг/см ²	1000	1000	1200	1200
Диаметр, мм	20,1	20,1	20,1	20,1
Высота, мм	17,9	32,7	23,2	32,0
Плотность, г/см ³	1,50	1,50	1,55	1,30
Масса воспламенителя, г	2,0	2,0	2,0	10,0
Скорость разложения (горения), мм/с	3600	8000	5800	Отказ

Таблица 3

Характеристика образцов (параметры инициирования), результаты испытаний

Наименование	АНМ/П10			
Масса, г	9,3	12,2	18,6	12,0
Усилие прессования, кг/см ²	400	1200	1200	1200
Диаметр, мм	20,1	20,1	20,1	20,1
Высота, мм	32,6	28,1	43,8	27,6
Плотность, г/см ³	0,90	1,37	1,34	1,35
Масса воспламенителя, г	3,0	3,0	3,0	5,0*
Скорость горения, мм/с	1650	1300	650	1200

Примечание: * – баллистит

Взрывное горение образца АНКГ отражено на диаграммах (dP/dt и dT/dt), изображенных на рисунках 2 и 3. Максимальная температура в этих опытах была 820 °С, а давление – 150 МПа.

В результате этого горения стенки тек-

столитового стакана были разрушены, но при этом процесса детонации не было.

Во вторую группу (быстрое горение) вошли следующие образцы: АНМ/П10, АНСК, ГБНГ, ГБНГ/У5, АБНГ.

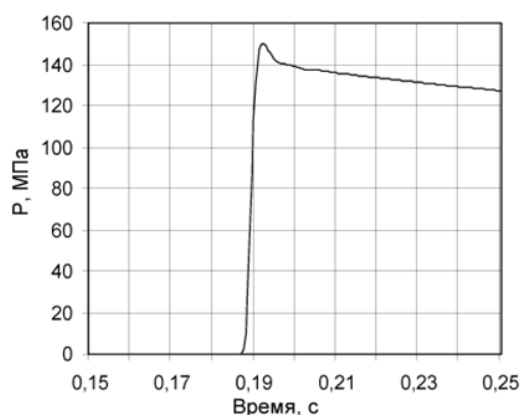


Рисунок 2. Зависимость давления при сгорании образца АНКГ (15,6 г) от времени

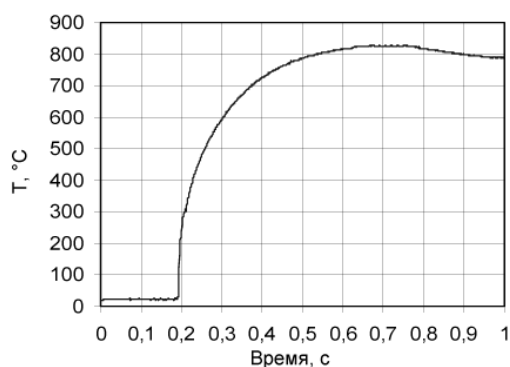


Рисунок 3. Зависимость температуры при сгорании АНКГ (15,6 г) от времени

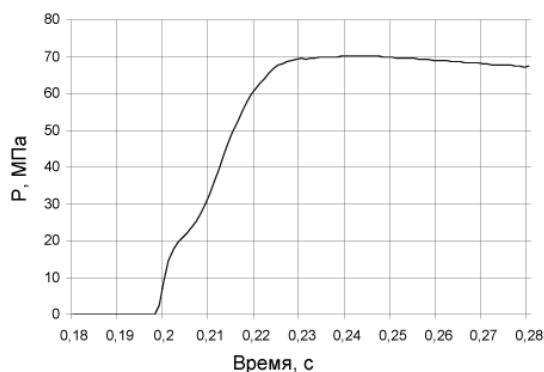


Рисунок 4. Зависимость давления при сгорании образца АНМ/П10 (12,2 г) от времени

Результаты работ по оценке воспламеняемости образцов аммониевой соли нитрометана с добавлением 10 % парафина представлены в таблице 3. Анализ полученных результатов показывает, что включение в состав парафина положительно отразилось на баллистических характеристиках. Образцы АНМ/П10 при содержании парафина на уровне 10 % способны стабильно воспламеняться при достижении давления 15-20 МПа. Результаты испытаний отражены на диаграммах давления и температуры (рисунки 4 и 5).

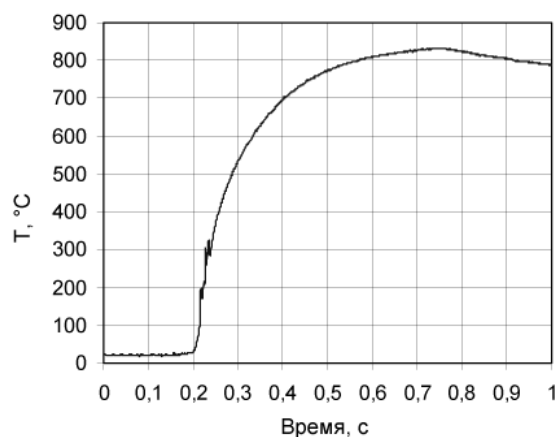


Рисунок 5. Зависимость температуры при сгорании образца АНМ/П10 (12,2 г) от времени

Результаты работ по оценке воспламеняемости образцов АНСК, НУ представлены в таблице 4, а ГБНГ, АБНГ – в таблице 5.

В третью группу (медленное горение) вошли следующие образцы: АБНГ/У5, ГУНМ, НКМГ. Результаты работ представлены в таблице 6. Характер горения образца НКМГ, представителя третьей группы, отражен на диаграммах давления и температуры (рисунки 6,7).

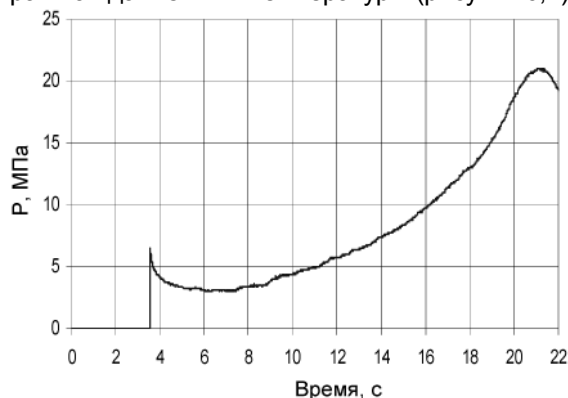


Рисунок 6. Зависимость давления при сгорании образца НКМГ (12,1 г) от времени

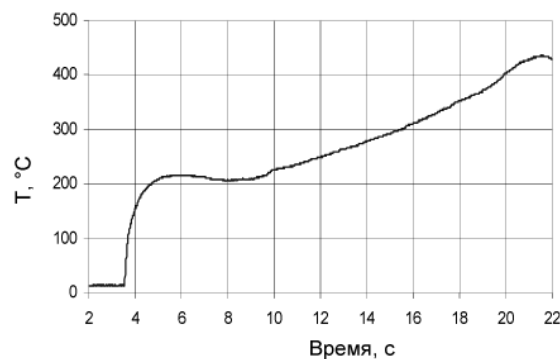


Рисунок 7. Зависимость температуры при сгорании образца НКМГ (12,1 г) от времени

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ГОРЕНИЯ ВЕЩЕСТВ НА ОСНОВЕ ПРОИЗВОДНЫХ НИТРОМОЧЕВИНЫ

Результаты измерений показали, что вещества АНГК и АНГК/У20 горят с высокой скоростью горения от 3600 до 8000 мм/с, при этом горение носит взрывной характер. Такое поведение вещества явно связано с его природой, то есть, возможно, отождествление со

структурой вещества, так как в ней имеются одновременно фрагменты окислителя (нитро-группа) и восстановителя (гидроксиламин). Большой разброс значений по скорости горения можно объяснить увеличением массы образца (рисунок 8).

Таблица 4

Характеристика образцов (параметры инициирования), результаты испытаний

Наименование	АНСК			НУ
Масса, г	8,0	7,0	17,3	10,5
Усилие прессования, кг/см ²	50	1000	1200	1000
Диаметр, мм	20,1	20,1	20,1	20,1
Высота, мм	28,0	16,0	38,5	21,9
Плотность, г/см ³	0,9	1,4	1,42	1,5
Масса воспламенителя, г	3,0	3,0	3,0	2,0
Скорость горения, мм/с	2300	1000	2750	2000

Таблица 5

Характеристика образцов (параметры инициирования), результаты испытаний

Наименование	ГБНГ/У5	ГБНГ/У5	ГБНГ	ГБНГ	ГБНГ/У5	АБНГ
Масса, г	10,2	12,0	10,7	13,7	17,2	9,7
Усилие прессования, кг/см ²	800	800	800	800	800	800
Диаметр, мм	20,1	20,1	20,1	20,1	20,1	20,1
Высота, мм	29,0	37,8	31,5	42,3	48,5	32,5
Плотность, г/см ³	1,1	1,0	1,1	1,0	1,12	0,94
Масса воспламенителя, г	2,0	3,0	2,0	2,0	5,0*	3,0
Скорость горения, мм/с	1450	1500	3100	3800	1400	1350

Примечание: * – баллистит.

Таблица 6

Характеристика образцов (параметры инициирования), результаты испытаний

Наименование	АБНГ/У5	ГУНМ	ГУНМ	НКМГ
Масса, г	10,0	12,0	12,2	12,1
Усилие прессования, кг/см ²	1200	1250	1250	1250
Диаметр, мм	20,1	20,1	20,1	20,1
Высота, мм	32,5	30,3	30,3	24,9
Плотность, г/см ³	0,97	1,25	1,25	1,53
Масса воспламенителя, г	2,0	2,0	2,0	2,0
Скорость горения, мм/с	8	4	4	18

Таблица 7

Характеристика образцов (параметры инициирования), результаты испытаний

Наименование	АНУ	АНУ	ДАНКМГ/У5
Масса, г	12,10	12,05	13,60
Усилие прессования, кг/см ²	1250	1250	500
Диаметр, мм	20,1	20,1	20,1
Высота, мм	29,7	29,1	36,2
Плотность, г/см ³	1,285	1,300	1,190
Масса воспламенителя, г	2,0	3,5	5,0
Скорость горения, мм/с	Образец не воспламенился	Образец не воспламенился	Образец не воспламенился

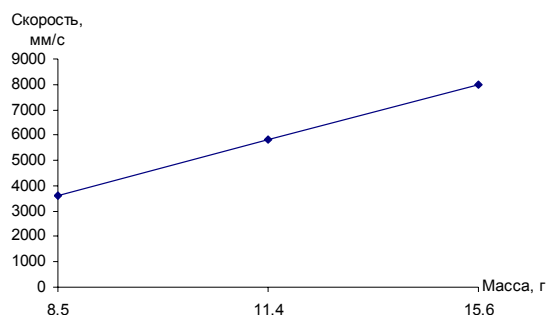


Рисунок 8. Зависимость скорости горения АМНГ от массы образца

В четвертую группу (образец не воспламенился) вошли следующие образцы: АНУ и ДАНКМГ/У5.

Результаты работ представлены в таблице 7.

Исходя из представленного графика зависимости скорости горения АМНГ от массы образца, можно предположить, что с дальнейшим увеличением массы можно получить еще более высокую скорость горения. Однако, также можно ожидать и переход горения в детонацию.

Подавить процесс взрывного горения путем введения низкоэнтальпийного вещества (уретана) не удалось. При большом количестве флегматизатора (64 %) состав не воспламенился. На начальном этапе, при введении в состав уретана до 20 % наблюдается уменьшение скорости горения, но исходя из

рисунка 8, можно сказать, что уретан никакого влияния не оказал.

Вещества, относящиеся ко 2 группе (быстрое горение 1000÷3000 мм/с), воспламеняются стабильно от воспламенителя и сгорают полностью.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Исследованы процессы горения веществ на основе производных мочевины в условиях стендовых испытаний. Показано, что изученные вещества классифицируются на 4 группы по следующим признакам: взрывное горение, быстрое горение, медленное горение и отсутствие горения.

2. Образцы АНГК и АНГК/У20 имеют высокую скорость горения до 8000 мм/с, при этом горение носит взрывной характер.

3. Ко 2 группе веществ (быстрое горение) относятся высокоэнергетические соединения со скоростью горения в интервале 1000÷3000 мм/с.

4. К 3 группе веществ (медленное горение) относятся высокоэнергетические соединения со скоростью горения в интервале 8÷18 мм/с.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сакович Г.В., Ильясов С.Г., Казанцев И.В., Ильясов Д.С., Аверин А.А., Шатный М.В. // Ползуновский вестник. – 2011. – № 4. – С.
2. Сакович Г.В., Ильясов С.Г., Казанцев И.В., Ильясов Д.С., Аверин А.А. // Ползуновский вестник. – 2011. – № 4. – С.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ГОРЕНИЯ АММОНИЕВОЙ СОЛИ НИТРОМОЧЕВИНЫ В УСЛОВИЯХ СТЕНДОВЫХ ИСПЫТАНИЙ

Г.В. Сакович¹, С.Г. Ильясов¹, И.В. Казанцев¹, Д.С. Ильясов¹, А.А. Аверин²

¹ Учреждение Российской академии наук Институт проблем химико-энергетических технологий Сибирского отделения РАН (ИПХЭТ СО РАН)

² ОАО «Федеральный научно-производственный центр «Алтай»

В работе представлены результаты стендовых и карьерных испытаний по исследованию процессов горения аммониевой соли нитро мочевины (АНМ) и невзрывчатого газогенерирующего состава на ее основе.

Ключевые слова: скорость горения, газопроизводительность, аммониевая соль нитро мочевины, низкотемпературный газогенератор.

ВВЕДЕНИЕ

Термодинамические расчеты нитропроизводных мочевины показывают высокую удельную газопроизводительность [1]. При-

мером является аммониевая соль нитро мочевины (АНМ) с газовой производительностью на уровне 1242 л/кг при Р=0,098 МПа, Т=298 К.