

# ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕРМИЧЕСКОЙ СТОЙКОСТИ МНОГОКОМПОНЕНТНЫХ ВЗРЫВЧАТЫХ ВЕЩЕСТВ

К. Н. Кашипурова, О. В. Костицын, Б. Г. Лобойко, Н. П. Тайбинов, И. В. Чемагина, Т. В. Антипова, Ю. А. Шахторин, И. А. Баталова, Н. Ю. Филиппова, А. Х. Касимова

ФГУП «РФЯЦ-ВНИИТФ им. акад. Е. И. Забабахина», г. Снежинск Челябинской обл.

## Введение

Термическое разложение многокомпонентных взрывчатых веществ – сложный многостадийный процесс. Изучение данного процесса имеет большое значение как в научном, так и в практическом плане.

В докладе представлены результаты исследования и дана сравнительная характеристика термической стойкости четырех многокомпонентных взрывчатых смесей (ВС № 1–4) и их компонентов.

В состав ВС № 1 входили: триаминотринитробензол (ТАТБ), перхлорат аммония (ПХА), порошок алюминия и диэтиленгликольдинитрат (ДЭГДН). ВС № 2 отличалась от ВС № 1 отсутствием порошка алюминия. В ВС № 3 по сравнению с ВС № 1 наименее термостойкий компонент (ДЭГДН) был заменен более термостойким (тротилом). ВС № 4 отличалась от ВС № 1 тем, что в ней более термостойкий компонент (ТАТБ) был заменен менее термостойким (гексогеном).

Исследования термостойкости смесевых ВВ и их компонентов включали: определение температур начала разложения (метод ТГА), температур начала ин-

тенсивного разложения (методы ДТА и ДСК), температур теплового взрыва в условиях медленного динамического нагрева.

## 1. Исследование термостойкости методами ТГА, ДТА и ДСК

Термический анализ образцов проводили на приборах фирмы Perkin Elmer: термогравиметрическом анализаторе ТГА-7НТ, дифференциально-термическом анализаторе ДТА-7 и дифференциальном сканирующем калориметре DIAMOND DSC. В процессе исследования навески ВС (в количестве ~6 мг) нагревали от комнатной температуры до 400 °С со скоростью 6 °С/мин в атмосфере аргона.

На рис. 1–4 представлены ТГА-, ДТА-, ДСК-кривые для исследованных ВС № 1–4. Для сравнения приведены также аналогичные кривые для компонентов данных ВС (гексогена, ТАТБ, ДЭГДН, тротила, ПХА).

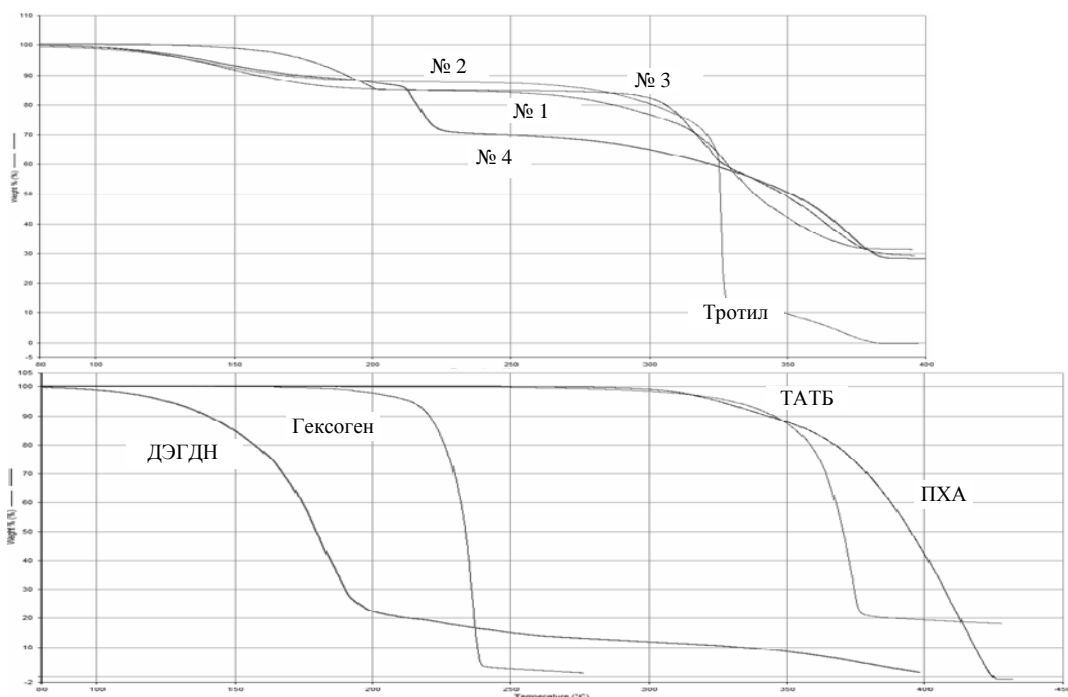


Рис. 1. ТГА-кривые

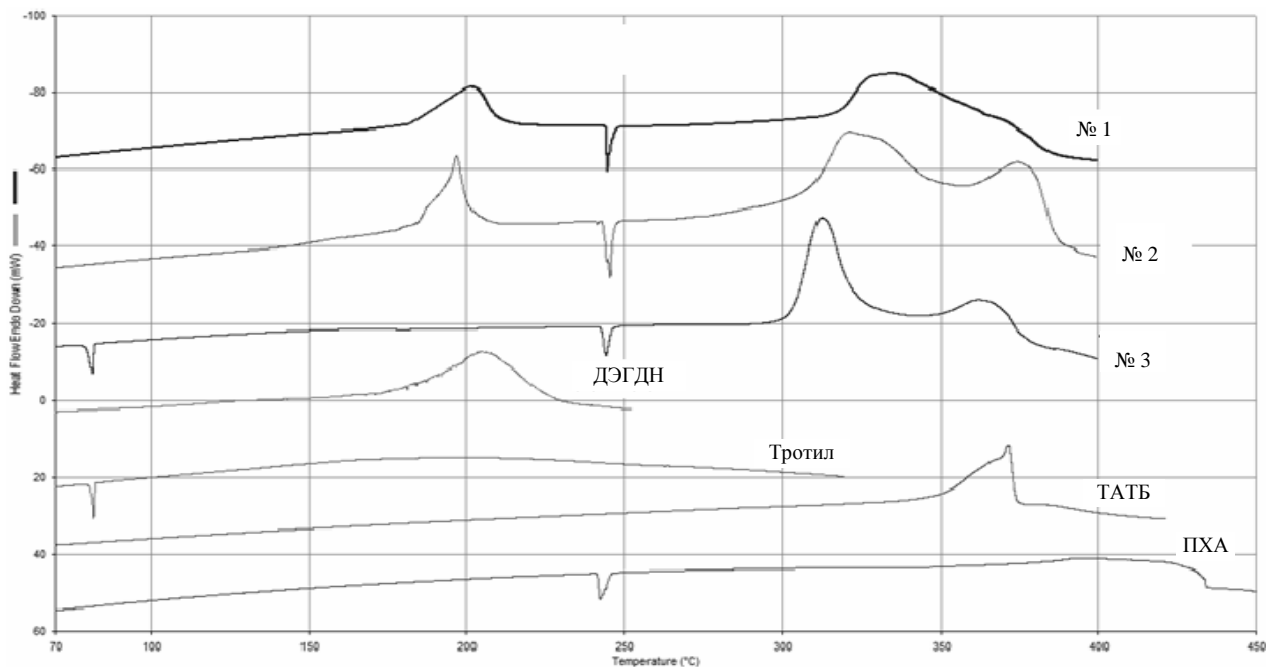


Рис. 2. ДСК-кривые

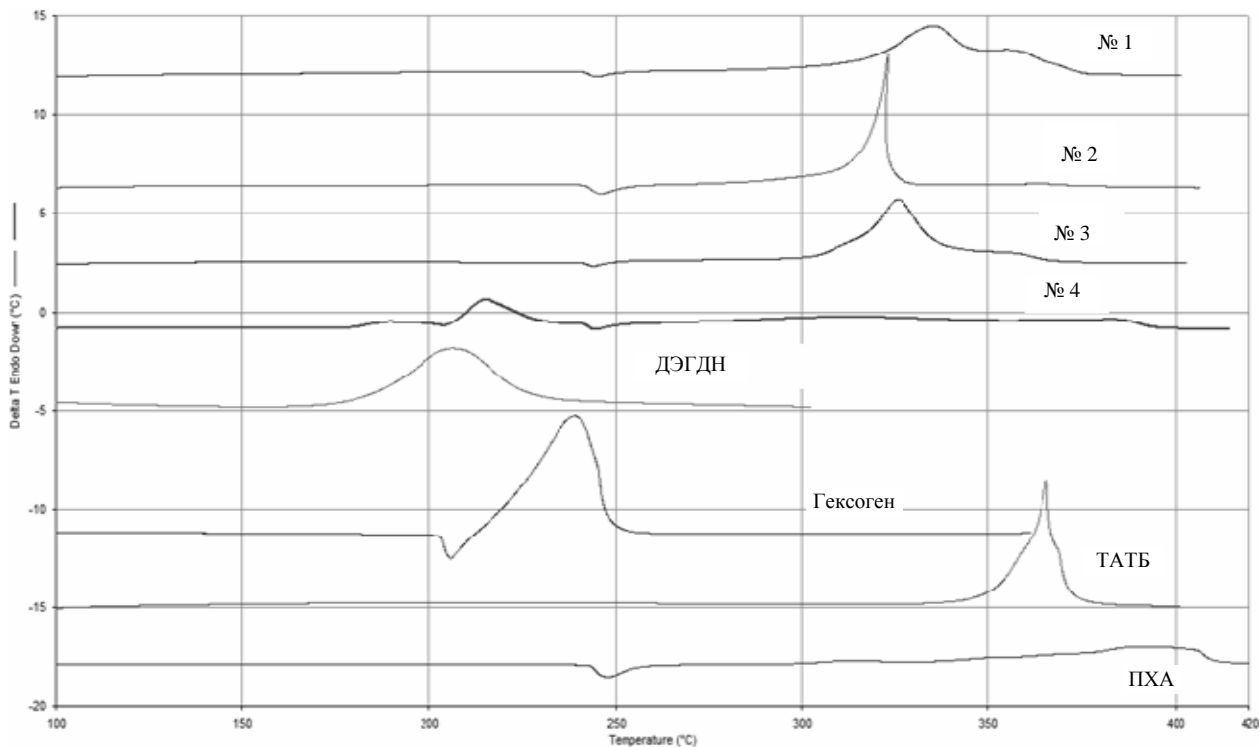


Рис. 3. ДТА-кривые

За температуру начала разложения ( $T_{\text{нр}}$ , °C) исследуемых ВВ принимали точку на ТГА-кривой, соответствующую 1 % разложения исследуемого образца.

На ДТА- и ДСК-кривых (рис. 2, 3) для многокомпонентных ВС фиксировались:

– эндотермические пики, соответствующие плавлению тротила или гексогена, а также полиморфному

переходу орторомбической структуры ПХА в кубическую, по которым определялись температуры фазовых переходов (соответственно  $T_{\text{ФП}}$  и  $T_{\text{ПЛ}}$ );

– экзотермические пики, соответствующие разложению компонентов: ДЭГДН, гексогена, ТАТБ и ПХА.

В табл. 1 представлены значения параметров термостойкости исследованных ВС и их компонентов.

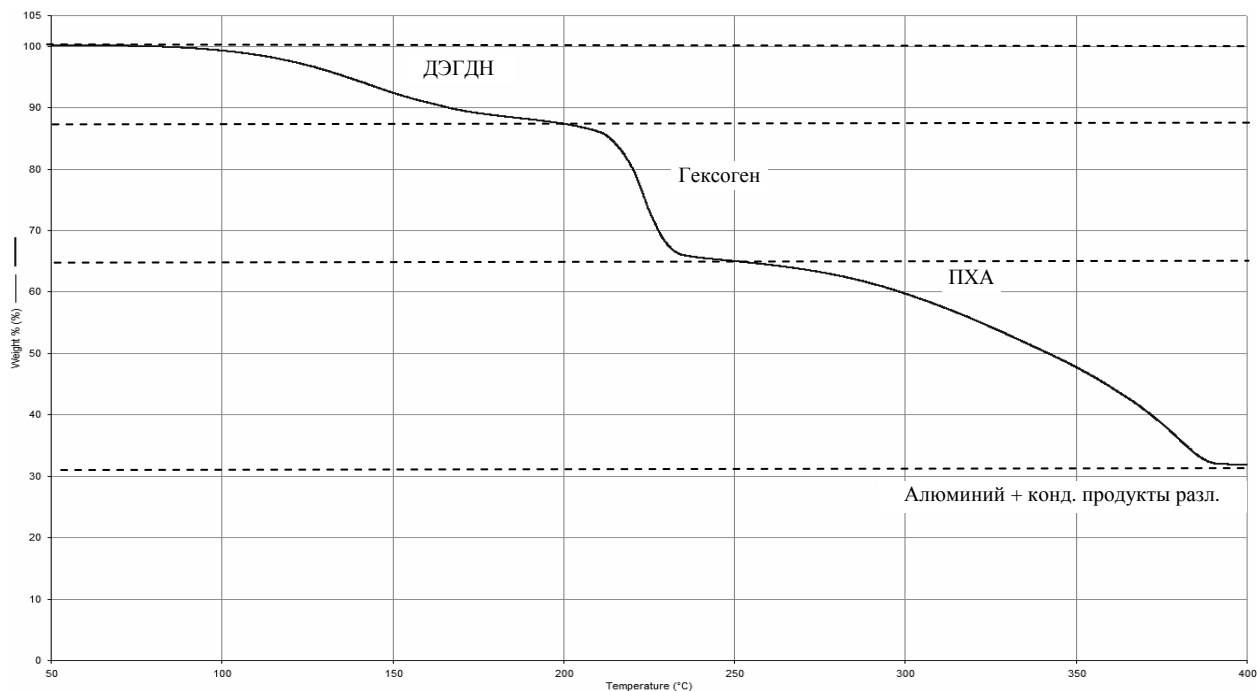


Рис. 4. ТГА-кривая для ВС № 4

Таблица 1

Результаты термического анализа методами ТГА, ДТА и ДСК

ВС, компоненты	ТГА	Эндотермические пики на ДТА и ДСК-кривых		Экзотермические пики на ДТА- и ДСК-кривых			
	$T_{НР}, ^\circ\text{C}$	$T_{ФП}, ^\circ\text{C}$ (для ПХА)	$T_{ПЛ}, ^\circ\text{C}$ (гексоген или тротил)	1-й пик (ДЭГДН)	2-й пик (гексоген)	3-й пик	4-й пик
						(ТАТБ, ПХА)	
№ 1	~107–108	242–244	–	182–186	–	316–322	351–368
№ 2	~105	241–244	–	184	–	310–316	359
№ 3	~143	241–243	80	–	–	304–309	349
№ 4	~105	–	202–203	182–185	204–206	275–276	359–372
ДЭГДН	~100	–	–	183	–	–	–
тритил	~140	–	80–81	При данной постановке опытов тротил испаряется			
гексоген	189–195	–	202–204	–	219–223	–	–
ТАТБ	284–295	–	–	–	–	319–354	351–369
ПХА	~297	241–243	–	–	–	298	358 434*

Примечание: \* – на ДТА-кривой фиксируется дополнительный пик.

Результаты анализа методами ТГА, ДТА и ДСК показали:

1. Для всех ВС наблюдается многостадийный характер разложения при нагревании, связанный с последовательным разложением компонентов, входящих в состав данных ВС.

На рис. 4 наглядно представлено разложение ВС № 4 (ступени на ТГА-кривой соответствуют разложению определенного компонента).

2. Для ВС № 1, 2, 4 характерно наличие низкотемпературной стадии разложения, связанной с испарением и последующим разложением наименее термостойкого компонента ДЭГДН. Эта стадия отсутствует для ВС № 3, в которой ДЭГДН заменен более термостойким компонентом (тротилом).

3. ВС на основе ТАТБ (образцы № 1–3) по термостойкости значительно превосходят ВС на основе гексогена (образец № 1).

4. Отмечено влияние компонентов ВС № 4 на процесс разложения гексогена. Экзотермический пик, характерный для термического разложения гексогена, сдвинут в случае смеси на 15–20 °С в область более низких температур.

## 2. Температура теплового взрыва

Выше было отмечено возможное влияние компонентов на процесс термического разложения взрывчатых смесей. Для того, чтобы усилить это влияние, были проведены эксперименты по термическому разложению ВС № 1–4 в условиях, близких к условиям теплового взрыва.

Исследования многокомпонентных ВС проводили в динамических условиях нагрева со скоростью ~1 °С/мин. При этом масса навески была значительно увеличена (до ~10 г). Температура теплового взрыва определялась по резкому повышению температуры, регистрируемой термопарой.

Результаты определения температуры теплового взрыва исследуемых ВС приведены в табл. 2. В этой же таблице для сравнения приведены температуры теплового взрыва для компонентов (гексогена, ТАТБ, ПХА).

Таблица 2

Температура теплового взрыва

ВС, компоненты	Температура теплового взрыва, $T_{ВЗР}$ , °С
№ 4	156
№ 2	168
№ 3	261
№ 1	294–310
Гексоген	204–211
ТАТБ	272–309
Перхлорат аммония – ПХА	391–397

Результаты исследования термостойкости многокомпонентных ВС в условиях медленного динамического нагрева показали:

1. Наименее термостойкими являются ВС № 4 и 2. Тепловой взрыв этих ВС происходит при температуре, приблизительно равной температуре интенсивного разложения ДЭГДН, т. е. процесс термического разложения ДЭГДН послужил своего рода «инициатором» для последующего разложения данных ВВ (см. рис. 5).

2. ВС № 1 и 3 проявили себя как высокотермостойкие ВВ. Температура теплового взрыва ( $T_{ВЗР}$ ) этих ВС близка к  $T_{ВЗР}$  ВВ ТАТБ.

Для ВС № 3 этот результат закономерен, поскольку в нем отсутствует наименее термостойкий компонент ДЭГДН.

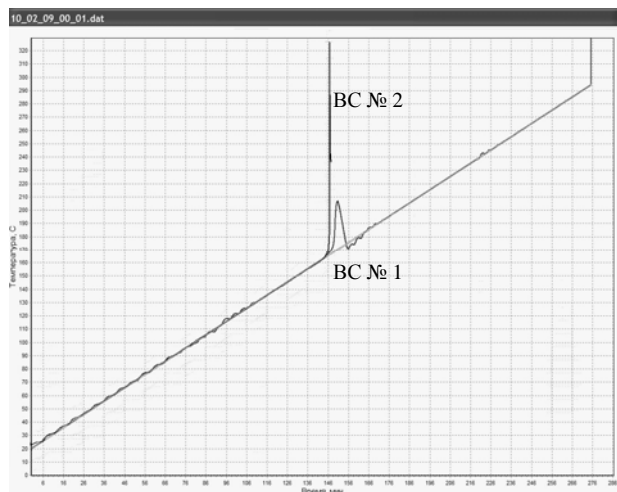


Рис. 5. Термирование до вспышки

Термическое же разложение ДЭГДН, зафиксированное в диапазоне температур ~150–160 °С, при медленном динамическом нагреве ВС № 1, не привело к снижению температуры теплового взрыва данной смеси по сравнению с  $T_{ВЗР}$  ВВ ТАТБ (см. рис. 5). Скорее всего, это связано с тем, что ВС № 1, в отличие от ВС № 2, содержит меньше ПХА, являющегося сильным окислителем, а также алюминий, обладающий высокой теплопроводностью.

Таким образом, в условиях медленного динамического нагрева взаимное влияние компонентов на протекание процесса термического разложения взрывчатых смесей проявилось в существенно большей степени, чем при ТГА-, ДТА- и ДСК-исследованиях.

## Выводы

Исследования показали, что для смесевых взрывчатых веществ наблюдается многостадийный характер термического разложения, связанный с последовательным разложением входящих в их состав ком-

понентов. При этом результаты исследований свидетельствуют о наличии сильного взаимного влияния компонентов на процесс разложения.

Установлено, что термостойкость многокомпонентных взрывчатых смесей зависит от компонентного состава и условий проведения экспериментов. Так, на термостойкость исследованных ВС может оказывать влияние процесс разложения ДЭГДН, а также наличие в составе и количество ПХА и порошка алюминия.

## Литература

1. Уэндландт У. Термические методы анализа. М.: Изд-во «Мир», 1978.
2. Орлова Е. Ю. Химия и технология бризантных взрывчатых веществ. Л.: Изд-во «Химия», 1973.
3. Теория взрывчатых веществ: Сб. статей / Под ред. К. К. Андреева, А. Ф. Беляева, А. И. Горста. М.: Государственное научно-техническое издательство ОБОРОНГИЗ, 1963.