

**ПОЛОЖИТЕЛЬНЫЙ И ОТРИЦАТЕЛЬНЫЙ КАТАЛИЗ
ПРИ ГОРЕНИИ АММИАЧНОЙ СЕЛИТРЫ
И ВВ НА ЕЕ ОСНОВЕ И СВЯЗЬ ЕГО
С АНТИГРИЗУТНОСТЬЮ**

А. П. Глазкова
(Москва)

Основным компонентом современных предохранительных ВВ (ПВВ), применяемых в шахтах, опасных по газу и пыли, является аммиачная селитра. Поскольку ПВВ являются многокомпонентными системами, изучение влияния различных добавок на горение аммиачной селитры представляет значительный интерес для понимания механизма горения ПВВ. Значительную роль, притом негативную, в явлении выгорания, связанного, как правило, с отказом детонации, могут играть антигризутные добавки (обычно это галоиды щелочных металлов), являющиеся положительными катализаторами горения аммиачной селитры и смесей на ее основе [1, 2], с одной стороны, и отрицательными катализаторами воспламенения метана¹ [3], с другой.

Положительное каталитическое влияние антигризутных добавок проявляется, в частности, в уменьшении количества промежуточных продуктов горения [1] и взрыва [6, 7], которые существенно стимулируют воспламенение метановоздушной смеси [8, 9]. В случае отказа детонации преобладающую роль играет влияние антигризутных добавок на увеличение способности ПВВ к выгоранию [10].

Увеличение безопасности ПВВ является одной из наиболее актуальных проблем. Одна из возможностей в этом направлении заключается в создании ПВВ, обладающих меньшей способностью к выгоранию, что может быть достигнуто путем добавления к ним ингибиторов горения [11—14].

В настоящей работе изучено влияние ряда положительных и отрицательных катализаторов на горение аммиачной селитры, а также смеси ее с тротилом и нитрогуанидином.

Методика эксперимента и результаты

Опыты проводились в бомбе постоянного давления, в атмосфере азота. Применялись исходные компоненты с размером частиц $< 100\mu$ марки ч.д.а., высушенные до постоянного веса, количество добавок составляло 5 весовых процентов. В работе устанавливали нижний предел горения по давлению и зависимость скорости горения от давления, в интервале последнего до 1000 ат. Применялись образчики диаметром 7 мм, скорость горения определялась по методу, описанному ранее [15].

В работе, исходя из высказанной ранее гипотезы [11], изучены в качестве ингибиторов аммонийные соли органических кислот ароматического и жирного ряда и восстановители, а в качестве катализаторов горения органические соли щелочных² и других металлов. За крите-

¹ Согласно последним представлениям об ингибировании воспламенения метана, их роль в этом процессе можно рассматривать как положительную [4, 5], поскольку они благоприятствуют превращению активных промежуточных продуктов в конечные.

² Ранее было установлено, что неорганические соли щелочных металлов и шестивалентного хрома являются наиболее эффективными катализаторами горения аммиачной селитры и ее смесей [1, 2].

рий ингибирующего действия добавок принят, как и ранее, коэффициент $\alpha = \frac{u_0}{u_{\text{инг}}}$, где u_0 — массовая скорость горения ($\text{г/см}^2 \cdot \text{сек}$) чистого состава, $u_{\text{инг}}$ — скорость горения состава с ингибитором, а за критерий эффективности действия катализатора принят коэффициент $K = \frac{u_k}{u_0}$, где u_k — массовая скорость горения катализированного вещества, u_0 — скорость горения чистого вещества при тех же условиях.

Влияние добавок на горение аммиачной селитры. В качестве добавок к аммиачной селитре изучены салициловая кислота и ее производные, а также натрийсодержащие соли салициловой и других кислот. На рис. 1 представлена зависимость скорости горения от давления для

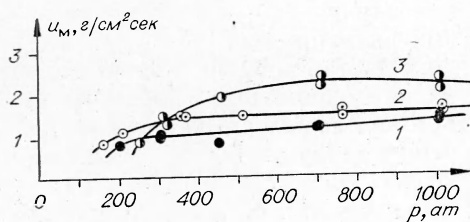


Рис. 1. Влияние производных салициловой кислоты на горение аммиачной селитры. 1 — NH_4NO_3 с салициловой кислотой; 2 — с 5-Vg-салициловой кислотой; 3 — с тиосалициловой кислотой.

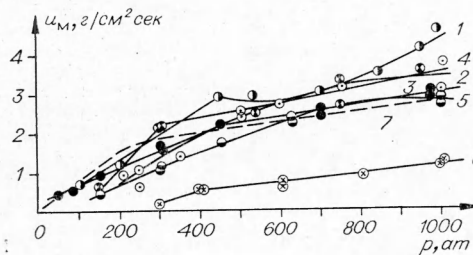


Рис. 2. Влияние органических натрийсодержащих солей на горение аммиачной селитры. 1 — с салицилатом натрия; 2 — с динафтилметандисульфонатом натрия; 3 — с натриевой солью карбоксиметилцеллюлозы; 4 — с бензоатом натрия; 5 — с фуксином; 6 — с дигидрокси-алюминий-натрий карбонатом; 7 — с хлоридом натрия.

селитры с производными салициловой кислоты. С наименьшей скоростью горит нитрат аммония с салициловой кислотой, введение брома в молекулу кислоты приводит к увеличению скорости горения, еще более эффективно введение серы. Заметим попутно, что эти результаты находятся в согласии с установленными ранее для гексогена [16], когда введение в молекулу ингибитора хлора, фосфора, серы или других ионогенных группировок сильно снижало ингибирующее действие добавок.

На нижнем пределе горения сильнее сказывалось наличие в молекуле добавки брома, и он составил 150 ат селитры с 5-Vg-салициловой кислотой, 200 ат с салициловой и 250 ат с тиосалициловой кислотой.

Влияние органических натрийсодержащих солей на горение нитрата аммония представлено на рис. 2, где для сравнения приведены также полученные ранее данные [2] для NH_4NO_3 с NaCl .

Из рисунка видно, что в области давлений до 250 ат с наибольшей скоростью горит селитра с хлоридом натрия, за ним следуют салицилат натрия, натриевая соль карбоксиметилцеллюлозы и бензоат натрия. В области высоких давлений (выше 500 ат) изученные добавки располагаются по мере уменьшения эффективности в следующем порядке: салицилат натрия, динафтилметандисульфонат натрия и бензоат натрия, натриевая соль карбоксиметилцеллюлозы, фуксин и, наконец, дигидрокси-алюминий-натрий карбонат, с последней добавкой селитра начинает гореть лишь при давлении 350 ат. Эффективность хлорида натрия в области высоких давлений значительно меньше, она равна таковой для фуксина и превосходит лишь действие дигидрокси-алюминий-натрий карбоната.

На рис. 3 показано влияние на горение нитрита аммония органических солей, содержащих медь, калий и алюминий. Наиболее эффек-

тивен из этой группы добавок оксиат меди, наименее эффективен дигидроксиалюминий ацетат. Интересно отметить, что селитра с неорганической солью — хлоридом меди (кривая 5) — горит в области низких давлений с такой же скоростью, что и с оксинатом меди, а при более высоких давлениях даже несколько быстрее, чем селитра с салицилатом меди. Интересная зависимость $u(p)$ наблюдается для нитрата аммония с салицилатом калия (кривая 2), в области давлений 75—150 ат на кривой имеется плато.

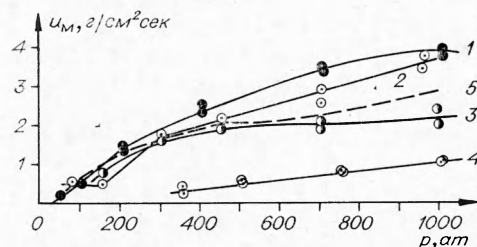


Рис. 3. Влияние солей на горение нитрата аммония.

1 — с оксинатом меди; 2 — с салицилатом калия; 3 — с салицилатом меди; 4 — с дигидрокси-алюминий ацетатом; 5 — с хлоридом меди.

12 ат. Отметим, кстати, что в данном случае каталитическое действие добавок значительно преобладает над их влиянием как горючего компонента. Несмотря на то, что все изученные органические добавки способны принимать участие в горении, селитра при их добавлении начинает гореть при более высоком давлении, чем с хлоридом натрия.

Сильно повышает нижний предел горения по давлению наличие в молекуле соединения алюминия.

Что касается характера кривой $u(p)$, то почти для всех изученных соединений ее можно разбить на два характерных участка по давлению: до 500 ат и выше. Коэффициент B (отражающий долю реакций, протекающих в конденсированной фазе) в области низких давлений, как правило, значительно меньше, чем в области высоких. Показатель степени ν изменяется в обратном направлении. Таким образом, для катализированного нитрата аммония, аналогично нитрогуанидину [17], доля реакций, протекающих в конденсированной фазе, увеличивается с ростом давления.

Влияние катализаторов и ингибиторов на горение аммонита 80/20. Ранее было установлено, что при добавлении к стехиометрической смеси нитрата аммония с тротилом (аммонит 80/20) легкоразлагающихся солей аммония [11] нижний предел горения по давлению повышался со 150 до 250—350 ат, а скорость горения уменьшалась в 1,5—2 раза.

В настоящей работе изучены как ингибиторы горения аммонийные соли салициловой и пурпуровой кислот и аммоний муравьинокислый, а также салициловая кислота, полиэтилен и поливинилхлорид. В табл. 2 представлены полученные результаты. Введение большинства указанных выше добавок на нижнем пределе горения не отразилось, увеличение его до 200 и 250 ат наблюдалось лишь при добавлении салициловой кислоты и аммония пурпуровокислого и уменьшение до 100 ат — для поливинилхлорида. Наибольшее уменьшение скорости горения — в 2 раза — наблюдалось для аммония с полиэтиленом и аммонием муравьинокислым.

¹ Давление, при котором наблюдается устойчивое горение в условиях проведения наших экспериментов.

Таблица 1

Добавка, 5%	$p_{пр}, ат$	B	ν	Интервал p , в котором справедлив закон, ат	u_m г/см ² сек	
					250 ат	1000 ат
Хлорид натрия	12	0,015	0,90	10—200	1,7	2,7
		0,155	0,415	200—1000		
Салициловая кислота	200	0,075	0,427	300—1000	1,0	1,4
		0,0065	0,98	100—500		
Салицилат натрия	100	0,0245	0,743	600—1000	1,7	4,4
		0,047	0,638	200—1000		
Салицилат калия	75	0,00002	2,02	150—300	1,3	3,8
Бензоат натрия	150	0,20	0,412	300—1000	1,5	3,4
Натриевая соль карбоксиметилцеллюлозы	50	0,02	0,745	100—1000	1,3	3,0
Динафтилметандисульфонат натрия	200	0,007	0,913	200—1000	1,0	3,5
Фуксин	150	0,012	0,785	150—1000	0,9	2,8
Дигидрокси-алюминий-натрий карбонат	300	0,0015	1,015	350—1000	—	1,1
Стеарат натрия	150	0,003	1,13	200—300	1,7	3,2
		0,305	0,34	300—1000		
Дигидрокси-алюминий ацетат	350	0,00105	1,015	350—1000	—	1,0
Оксидат меди	50	0,007	0,91	50—100	1,6	3,8
		0,043	0,675	200—1000		
Салицилат меди	150	0,003	1,08	150—300	1,3	2,2
		0,27	0,306	300—1000		

Как уже отмечалось выше, введение в молекулу ингибитора галогенов сильно снижало ингибирующее действие при горении гексагена, аналогичная картина наблюдалась и в случае аммонита. На графике рис. 4 представлены кривые $u(p)$ для аммонита с полиэтиленом и поливинилхлоридом. Как видно из рисунка, введение хлора приводит к резкому снижению ингибирующего действия, аммонит с поливинилхлоридом до 500 ат горит с такой же скоростью, что и чистый, а выше 500 ат со скоростью лишь на 10—20%¹ меньше, в то время как добавление полиэтилена замедляет горение вдвое.

Таблица 2

Добавка 10%	$p_{пр}$ ат	α при p , ат					B	ν	Интервал p , ат
		200	400	600	800	1000			
Салициловая кислота	200	1,1	1,1	1,4	1,4	1,2	0,012	0,79	200—700
		0,000026	1,74	700—1000					
Аммоний салициловый	150	1,3	1,3	1,4	1,4	1,2	0,012	0,79	200—700
		0,000026	1,74	700—1000					
Аммоний пурпуровокислый	250	—	1,1	1,0	1,1	1,1	0,0013	1,18	350—1000
Аммоний муравьинокислый	150	1,5	1,6	1,8	1,4	1,2	0,0051	0,90	200—500
		0,000014	1,83	500—1000					
Поливинилхлорид	100	1,0	1,0	1,1	1,2	1,1	0,08	0,89	200—700
		0,00029	1,40	700—1000					
Полиэтилен	150	1,7	1,9	2,1	2,3	2,0	0,0009	0,77	150—800
Значения U_m для аммонита 80/20	150	0,90	1,70	2,57	3,85	4,75	0,023	1,10	150—1000

Влияние салицилатов натрия и калия на горение аммонита показано на рис. 5. Из рисунка видно, что салициловая кислота замедляет, а натриевая и калиевая ее соли катализируют горение аммонита. Следует заметить, что, как и для неорганических катализаторов [13—14], калиевая соль более эффективна, чем натриевая.

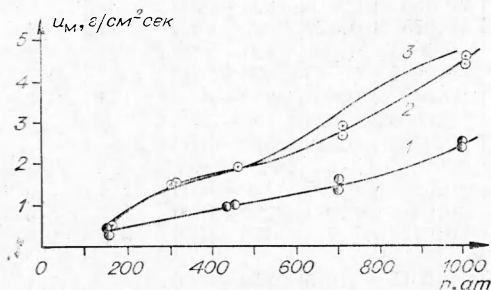


Рис. 4. Влияние полиэтилена (1) и поливинилхлорида (2) на зависимость скорости горения от давления аммонита 80/20 (3).

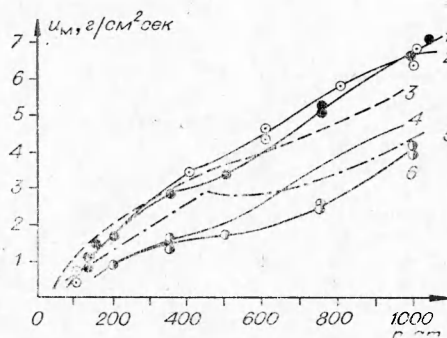


Рис. 5. Влияние солей салициловой кислоты на зависимость скорости горения аммонита 80/20 от давления.

1 — с салицилатом натрия; 2 — с салицилатом калия; 3 — с хлоридом натрия; 4 — чистый аммонит; 5 — NH_4NO_3 + 5% салицилата натрия.

Хлорид натрия, как и для чистого нитрата аммония, более эффективен как катализатор в области низких давлений (\sim до 300 ат). Наконец, интересно подчеркнуть, что добавление к нитрату аммония всего 5% салицилата натрия приводит к тому, что смесь горит в интервале давлений до 600 ат со значительно большей скоростью, чем стехиометрическая смесь нитрата аммония с тротилом.

В табл. 3 приведены результаты для других изученных добавок.

Прежде всего следует отметить, что, как и для чистой аммиачной селитры, аммонит с органическими катализаторами имеет значительно более высокий нижний предел горения по давлению, чем с неорганическими. Так, $p_{\text{пр}}$ для аммонита с NaCl составляло 25 ат, а для аммонита с салицилатом натрия и динафтилметандисульфатом нат-

Таблица 3

Добавка, 5%	$p_{\text{пр}}$ ат	K при p, ат					B	ν	Интервал p, ат
		200	400	600	800	1000			
Салицилат натрия . . .	130	1,8	1,8	1,5	1,4	1,4	0,012	0,91	150—1000
Салицилат калия . . .	100	1,9	2,0	1,7	1,5	1,4	0,014	0,896	100—1000
Бензоат натрия . . .	100	1,7	1,7	1,6	1,3	1,4	0,012	0,91	150—1000
Динафтилметандисуль- фонат натрия . . .	130	1,6	1,2	1,2	1,2	1,4	0,039 0,0001	0,664 1,61	150—500 500—1000
Фуксин	50	1,6	1,6	1,4	1,2	1,2	0,0088	0,935	50—1000
Хлорид натрия* . . .	25	2,1	1,9	1,5	1,2	1,2	0,0145 0,122	0,926 0,545	50—250 250—1000
Значения U_m для чисто- го аммонита	150	0,90	1,67	2,57	3,85	4,75	0,023	1,10	150—1000

* Количество добавленной NaCl составляло 7%.

рия — 130 ат, для аммонита с салицилатом калия и бензоатом натрия — 100 ат; с серусодержащей натриевой солью — фуксином — аммонит начинал гореть при 50 ат.

Как видно из сравнения результатов, приведенных в табл. 2 и 3, наличие металла в молекуле добавки приводит к ускорению горения за счет увеличения показателя степени ν в области низких давлений и коэффициента B — в области высоких, т. е. за счет увеличения скорости реакций, контролирующих процесс горения в том или ином интервале давлений.

Влияние добавок на горение стехиометрической смеси нитрата аммония с нитрогуанидином. Кроме древесного угля, нитрогуанидин является единственной известной пока горючей добавкой, которая сообщает селитре способность к горению уже при атмосферном давлении. Зависимость скорости горения от давления для этой смеси в чистом виде и с добавками представлена на рис. 6.

Ранее было высказано предположение [17], что скорость горения этой смеси при низких давлениях определяется разложением нитрогуанидина, а при высоких — нитрата аммония. Если это действительно так, тогда восстановители должны сильнее ингибировать горение смеси при низких давлениях, а легкоразлагающиеся соли аммония — при высоких. Из рис. 6 видно, что уретан при давлении 200 ат, например, замедлял горение смеси в 3 раза, в то время как при давлениях выше 400 ат — всего на 10—20%, фтористый аммоний в этой области давлений уменьшал скорость горения в 1,6 раза. Что касается нижнего предела горения по давлению, то при добавлении уретана он повысился от 1 до 100 ат, а при введении NH_4F — до 400 ат. При добавлении 5% бихромата калия, являющегося одним из наиболее эффективных катализаторов горения аммиачной селитры, во всем изученном диапазоне давлений скорость горения смеси удваивается. Это ускорение обусловлено влиянием бихромата калия на горение селитры, так как горение чистого нитрогуанидина он ускоряет весьма незначительно [17]. В табл. 4 приведены значения предельного давления, коэффициентов α , B и ν для указанных выше смесей.

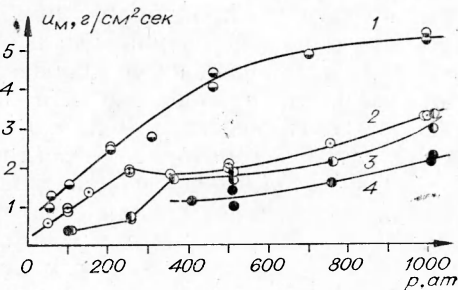


Рис. 6. Влияние добавок на горение стехиометрической смеси нитрата аммония и нитрогуанидина.

1 — с 5% $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$; 2 — чистая смесь; 3 — с 10% уретана; 4 — с 10% NH_4F .

Таблица 4

Добавка, 10%	$p_{\text{пр}}$ ат	α при p , ат					B	ν	Интервал p , ат
		200	400	600	800	1000			
Уретан	100	2,8	1,1	1,1	1,2	1,1	0,02 0,016	0,65 0,765	150—300 500—1000
NH_4F	500	—	—	1,6	1,6	1,6	0,0008	1,15	500—1000
$\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$	1	—	—	—	—	—	0,11 0,98	0,596 0,249	1—500 500—1000
Значения U_m для чистой смеси	1	1,54	1,85	2,10	2,62	3,3	0,02 0,035	0,824 0,656	1—250 500—1000

Как следует из таблицы, уменьшение скорости горения связано с уменьшением коэффициента B , напротив, увеличение ее соответствует резкому возрастанию доли реакций, протекающих в конденсированной фазе при добавлении бихромата калия, например.

Обсуждение результатов

Прежде всего следует отметить, что влияние органических катализаторов при горении нитрата аммония и смесей на его основе значительно сильнее проявляется при высоких давлениях, при низких они уступают по эффективности неорганическим. Как чистая аммиачная селитра, так и смеси на ее основе с органическими катализаторами имеют значительно более высокий нижний предел горения по давлению, чем с неорганическими. Однако в области высоких давлений органические катализаторы более эффективны.

На каталитическое действие металлоорганических солей сильное влияние оказывает органическая часть молекулы. Так, селитра с салицилатом меди горит при 1000 ат со скоростью $2,20 \text{ г/см}^2 \cdot \text{сек}$, а с оксинатом меди — $3,80 \text{ г/см}^2 \cdot \text{сек}$. Аналогичная картина наблюдается при добавлении к селитре натриевых солей, причем в зависимости от интервала давлений их эффективность может измениться. Так, при давлениях до 400 ат в порядке уменьшения эффективности добавки располагаются в следующий ряд: салицилат натрия, бензоат натрия, натриевая соль карбоксиметилцеллюлозы, динафтилметилдисульфат натрия, фуксин, стеарат натрия. В интервале давлений выше 500 ат ряд эффективности изменяется и становится следующим: салицилат натрия, динафтилметандисульфат натрия, бензоат натрия, натриевая соль карбоксиметилцеллюлозы, фуксин, стеарат натрия. Отметим кстати, что органические соединения жирного ряда с алюминием (дигидроксиалюминий ацетат), даже когда в них имеется натрий (дигидрокси-алюминий-натрий карбонат), обладают очень слабым каталитическим действием.

Наконец, следует отметить, что ответственным за каталитическое действие является ион металла (или его окисел), в то время как ответственными за ингибирующее действие являются соединения с восстановительными свойствами или аммонийные соли (см. табл. 2).

Роль катализаторов и ингибиторов при горении прямо противоположна. Первые, увеличивая скорость и полноту протекания комплекса химических реакций, определяющих процесс горения, приводят к увеличению скорости горения. Вторые, связывая активные промежуточные продукты (окислы азота, например) или сдвигая равновесие диссоциации влево, приводят к замедлению химических реакций при горении, что выражается в уменьшении скорости горения и повышении предельного давления. Вряд ли можно сомневаться, что полнота протекания химических реакций в присутствии ингибиторов уменьшается.

Посмотрим, каким образом положительный и отрицательный катализ при горении изученных в работе смесей связан с вопросами антигризутности. Поскольку вопрос о возможности уменьшения горючести ПВВ добавками ингибиторов уже рассматривался подробно ранее [11—14], добавим только, что ингибирующее действие добавок проявляется как при горении смесей типа аммонитов, гексамонов, так и для смесей селитры с нитрогуанидином.

Рассмотрим теперь, какую роль могут играть в явлении антигризутности положительные катализаторы. Поскольку органические металлосодержащие соли, особенно щелочных металлов ароматического

ряда, являются не только катализаторами горения, но и наиболее эффективными ингибиторами воспламенения метановоздушных смесей [5], замена неорганических пламягасителей в составе ПВВ на органические должна благоприятствовать их антигризутности, так как эти составы имеют, как было показано выше, более высокий нижний предел горения по давлению и должны обладать поэтому меньшей горючестью. Однако практически такую замену произвести очень трудно, поскольку эти соли имеют сильно отрицательный кислородный баланс, поэтому значительно более интересным явилось бы создание ПВВ простейшего типа, состоящих всего из двух компонентов: аммиачной селитры (или какого-либо другого окислителя) и щелочных металлоорганических солей. Последние в этом случае будут выполнять одновременно и функцию горючего и функцию ингибитора воспламенения метана.

При рассмотрении возможных направлений в развитии антигризутных ВВ. в связи с новыми представлениями о роли добавок, пригорении ВВ и в процессе воспламенения метановоздушных смесей, нельзя обойти вниманием и еще один важный вопрос, а именно, как будут влиять указанные добавки на процесс детонации ВВ, не приведет ли введение указанных добавок к ухудшению детонационных свойств ПВВ. Общеизвестно, например, что тонкоизмельченный хлорид натрия ухудшает детонационную способность, поэтому в реальных составах применяется обычно крупнодисперсная поваренная соль. Предварительные опыты по изучению влияния наиболее эффективного катализатора горения NH_4NO_3 бихромата калия на детонационные свойства показали [18], что добавление к селитре 10% $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ оказывает отрицательное влияние на детонационные свойства. Аналогичные результаты, точнее отсутствие влияния катализаторов (неорганических) на детонационные свойства аммиачно-селитряных смесей, получены и в работе [19].

Картина меняется, однако, при применении органических добавок. Так, согласно японским патентам [20, 21], добавление к смеси аммиачной селитры и каменноугольной смолы 0,5% динафтилметандисульфоната натрия приводило к уменьшению критического диаметра детонации вдвое и к значительному увеличению скорости детонации. Подобные результаты получены в работе [22] при добавлении натрийсодержащих поверхностноактивных веществ к аммонитам и другим смесям на основе аммиачной селитры. Введение этих добавок приводило к значительному увеличению скорости детонации и к уменьшению количества образующихся ядовитых газов. Так, для непридохранительных аммонитов при добавлении 0,2% динафтилметандисульфоната натрия скорость детонации при диаметре заряда 20 мм возросла с 2100 до 3300 м/сек. Нет сомнения в том, что в данном случае это обусловлено, как и в описанных ранее в опытах по горению [1, 18], каталитическим влиянием иона натрия и с объяснением этого явления, приведенном в работе [22], нельзя согласиться.

Таким образом, применение положительных и отрицательных катализаторов горения аммиачной селитры и смесей на ее основе может оказаться полезным при разработке антигризутных ВВ повышенной безопасности.

Поступила в редакцию
18/IX 1971

ЛИТЕРАТУРА

1. К. К. Андреев, А. П. Глазкова. Докл. АН СССР, 1952, 86, 801.
2. А. Р. Глазкова. Explosifs, 1967, 1, 5.
3. К. К. Андреев. Сб. «Взрывное дело», 1938, № 34/35, стр. 33.

4. А. П. Глазкова. Кинетика и катализ, 1971, 12, 1, 16.
5. А. П. Глазкова, В. П. Карпов. ФГВ, 1971, 7, 4.
6. А. И. Гольбиндер, К. К. Андреев. Антигризутные взрывчатые вещества. М., Углетехиздат, 1947, стр. 110.
7. К. К. Андреев, М. М. Пуркали. Докл. АН СССР, 1946, 51, 455.
8. К. К. Андреев, М. А. Рабинович. ЖФХ, 1950, 24, 655.
9. E. Audibert. USA Bureau of Mines. 1950, Bull. p. 489.
10. А. П. Глазкова, В. К. Боболев. Сб. «Взрывное дело». М., «Недра», 1966, № 60/17, стр. 5.
11. А. П. Глазкова, П. П. Попова. Докл. АН СССР, 1967, 177, 6, 1341.
12. А. П. Глазкова, П. П. Попова. Сб. «Взрывное дело». М., «Недра», 1970, № 68/25, стр. 265.
13. А. П. Глазкова, О. К. Андреев. ФГВ, 1969, 5, 3, 434.
14. А. Р. Glaskova, O. K. Andreev. Chimie et Industrie, 1970, 103, 14, 1735.
15. А. П. Глазкова, И. А. Терешкин. ЖФХ, 1961, 35, 1622.
16. А. П. Глазкова, Э. Г. Розанцев и др. ФГВ, 1970, 6, 4, 584.
17. А. Р. Glaskova. XIII International Symposium on Combustion (Abstracts). Pittsburg, Pennsylvania. U. S. A. 1970, p. 164.
18. А. П. Глазкова. Канд. дисс. МХТИ им. Д. И. Менделеева. Москва, 1952.
19. M. Dewitte, L. Deffet. Rapport du Centre de Recherches Scientifiques et Techniques pour l'Industrie des Produits Explosifs. n. 68/5 Sterrebeek. May 1968; Explosifs, 1969, n. 1, 12.
20. Японский патент. Кл. 29 с 12 № 9592.
21. Х. Кумао, Р. Йокагава, М. Сиро. Японский патент. Кл. 29 с 12 № 9591.
22. С. А. Мельникова. Канд. дисс. ИГД им. А. А. Скочинского. Москва, 1969.

УДК 536.46

ГОРЕНИЕ АЛЮМИНИЗИРОВАННЫХ КОНДЕНСИРОВАННЫХ СИСТЕМ ПРИ ПЕРЕГРУЗКАХ

*С. К. Орджоникидзе, А. Д. Марголин,
П. Ф. Похил, А. С. Уралов
(Москва)*

Инерционные силы, приложенные к горящему веществу, в ряде случаев значительно увеличивают скорости горения [1—13]. Это происходит благодаря тому, что инерционные силы прижимают к горячей поверхности горячие конденсированные частицы, образующиеся в процессе горения. В настоящей работе экспериментально и теоретически изучается горение алюминизированных систем.

Методика эксперимента

Измерялись скорость горения, масса и состав образующегося шлака конденсированной системы, состоящей из 70% перхлората аммония, 15% каучука и 15% порошка алюминия с размером частиц около 10 мкм. Исследуемые образцы имели площадь поперечного сечения 0,4 см² и длину от 0,5 до 1,5 см. Боковая поверхность образцов покрывалась эпоксидной смолой, после чего образцы клеивались на эпоксидной смоле в кварцевые трубки длиной 4 см. Для создания перегрузок образец закреплялся радиально на диске (радиус 4,5 см), который вместе с вращающим его электромотором помещался в сосуд объемом 2 л. Перед опытом сосуд заполнялся азотом при давлении 30, 60 или 100 атм. После того, как достигалась постоянная скорость вращения диска, производилось поджигание образца с помощью электровоспла-