

ЛИТЕРАТУРА

1. К. К. Андреев, Ю. А. Терехина. «Теория взрывчатых веществ». Сб. ст. Под ред. К. К. Андреева и др. Оборонгиз, 1963.
2. Г. Т. Афанасьев, В. К. Боболев и др. Сб. «Взрывное дело», № 63/20, «Недра», 1967.
3. Ф. Боуден, А. Иоффе. Возбуждение и развитие взрыва в твердых и жидких веществах. ИЛ, 1955.
4. F. P. Bowden, M. P. McOrie. Nature, 1965, 206.
5. А. В. Дубовик, В. К. Боболев. Сб. «Взрывное дело», № 63/20, «Недра», 1967.

УДК 662.215.1

ОБ ИНГИБИТОРАХ ГОРЕНИЯ АНТИГРИЗУТНЫХ ВВ

А. П. Глазкова, О. К. Андреев
(Москва)

Один из способов повышения безопасности антигризутных ВВ заключается в создании ВВ высокой детонационной способности (исключая возможность выгорания при взрывных работах в угольных шахтах). Это можно достигнуть введением в состав ВВ небольших количеств твердых сенсibilизаторов [1, 2], например тэна или гексогена. Однако их введение в состав антигризутных ВВ может привести не только к увеличению детонационной способности [3], но и к увеличению чувствительности к механическим воздействиям, а также горючести, поскольку тэн и гексоген наиболее быстрогорящие из вторичных ВВ [4].

Склонность антигризутных ВВ к выгоранию в сильной степени обусловлена наличием в них поваренной соли, являющейся катализатором горения аммиачной селитры и смесей на ее основе [5, 6, 7], поэтому уменьшить способность этих ВВ к горению можно лишь вводя в их состав ингибиторы горения.

В настоящее время известны пути замедления горения как индивидуальных ВВ [8], так и смесей [9]. Однако наличие в составе антигризутных ВВ положительных катализаторов горения затрудняет ответ априори на вопрос: в какой мере будет проявляться ингибирующее действие добавок в их присутствии.

В данной работе изучалось влияние ингибиторов на горение аммонита 80/20, являющегося основой современных антигризутных ВВ и гексагона 1, представляющего, по существу, тот же аммонит 80/20, но в нем 7% тротила заменено на гексоген, а 22% аммиачной селитры — на хлористый натрий.

Об ингибирующем действии изучаемых добавок судили как по уменьшению скорости горения, так и по увеличению нижнего предела горения¹ по давлению. Опыты проводились в бомбе постоянного давления в атмосфере азота, количество добавок составляло 10 весовых процентов.

На рис. 1 представлены результаты опытов по влиянию ингибиторов на горение аммонита 80/20, а в табл. 1 — значения критерия инги-

¹ Минимальное давление, начиная с которого наблюдается устойчивое горение в условиях эксперимента (при диаметре образчика 7 мм. и плотности, близкой к теоретической; подробнее о методике эксперимента см. [4]).

бирующего действия α , равного отношению массовой скорости горения чистого аммонита к скорости горения аммонита с добавкой.

Влияние добавки на нижний предел горения по давлению зависит от ее химической природы. Так, централит 1 не влияет на нижний предел, введение дифенилмочевины понижает его до 100 ат, дифениламин, дифенил и кремнефтористый аммоний повышают его до 200 ат, трифенилметан до 250, а в присутствии уретана аммонит

начинает гореть лишь при 300 ат. Наибольшее уменьшение скорости горения приблизительно в 2 раза наблюдалось при горении аммонита с трифенилметаном, дифенилом и дифенилмочевиной.

Значительно большее повышение нижнего предела горения происходит, как это было установлено ранее, при добавлении к аммониту некоторых легкоразлагающихся солей аммония; так, оксалат аммония, например, повышал его до 350 ат [9].

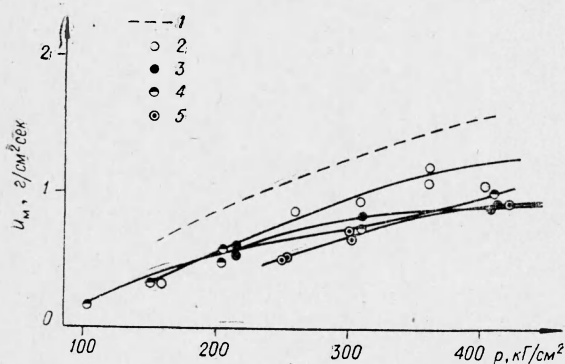


Рис. 1. Влияние восстановителей на горение аммонита 80/20 (1).

Восстановители: 2 — централит 1; 3 — дифенил; 4 — дифенилмочевина; 5 — трифенилметан.

Замена части тротила на гексоген и аммиачной селитры на NaCl (гексамон 1) привела к значительному повышению горючести. Как видно из табл. 2, гексамон 1 начинает гореть при давлении 30 ат, тогда как аммонит — при давлении в 5 раз большем.

Таблица 1

Значения α и нижнего предела горения для аммонита 80/20 в присутствии ингибиторов при различных давлениях

Добавка	Нижний предел горения по давлению, кг/см^2	Давление, кг/см^2		
		200	300	400
Без добавок	150	—	—	—
Централит 1	150	1,6	1,3	1,3
Дифениламин	200	—	1,5	1,4
Дифенил	200	—	1,7	1,4
Трифенилметан	250	—	1,8	1,8
Дифенилмочевина	100	1,7	1,7	1,7
$(\text{NH}_4)_2\text{SiF}_6$	200	—	1,3	1,3
Уретан [10]	300	—	—	1,3

На рис. 2 показано влияние легкоразлагающихся солей аммония на зависимость скорости горения гексамона от давления, а на рис. 3 — влияние восстановителей.

Из рис. 2, 3 и табл. 2 видно, что легко разлагающиеся соли аммония более эффективно повышают нижний предел горения (оксалат аммония до 100 ат, фторид до 130 и кремнефтористый аммоний до 150 ат), чем восстановители, из которых наиболее эффективен в этом отношении трифенилметан.

Наибольшее снижение скорости горения гексамона при давлениях до 250 ат наблюдается при добавлении к нему фтористого аммония. Большая эффективность аммонийных солей как ингибиторов горения

Таблица 2

Значения α и нижнего предела горения для гексамона 1
в присутствии ингибиторов при различных давлениях

Добавка	Нижний предел го- рения по давлению, кг/см ²	Давление, кг/см ²				
		100	150	200	300	400
Без добавок	30	—	—	—	—	—
NH ₄ F	130	—	2,1	2,2	1,8	1,8
(NH ₄) ₂ C ₂ O ₄ H ₂ O	100	—	1,6	2,2	1,5	1,7
(NH ₄) ₂ SiF ₆	150	—	1,5	1,8	1,7	1,7
Дифенил	50	1,7	1,7	1,6	1,4	1,5
Уретан	50	1,5	1,7	2,0	2,1	2,2
Трифенилметан	105	1,5	1,7	1,9	1,6	1,7
Централит 1	30	1,2	1,4	1,8	1,6	1,6
Дифениламин	50	1,1	1,2	1,5	1,6	1,6

гексамона обусловлена, по-видимому, тем, что, поскольку основным компонентом его является аммиачная селитра, ее разложение при горении является, вероятно, ведущим. Так, уретан, например, замедлял горение гексогена при 100 ат в 2,4 раза [8], а горение гексамона, как это видно из табл. 2, замедлялось в его присутствии лишь в 1,5 раза. Однако при давлениях выше 250 ат уретан является наиболее эффективным ингибитором. Сложный состав гексамона затрудняет сравнительную оценку ингибирующего действия изученных добавок.

Следует, однако, отметить, что с изменением интервала давлений ингибирующее действие добавок изменяется и они могут поменяться местами по своей эффективности. Так, например, дифенил при низких давлениях — один из наиболее эффективных ингибиторов, в то время как при давлениях выше 250 ат его эффективность наименьшая, что находится в согласии с опытами по его влиянию на горение чистого гексогена.

Интересно заметить, что при добавлении к гексамону фтористого и кремнефтористого аммония зависимость скорости горения от давления становится линейной; это дает основание надеяться, что с точки зрения уменьшения опасности перехода детонации в горение (при затухании детонации) эти добавки будут наиболее перспективными.

Наименьшее влияние оказывают изученные добавки на горение тротила. Так, уретан, трифенилметан и оксалат аммония замедляли горение в среднем в 1,2 раза.

Меньшее ингибирующее действие добавок (особенно при низких давлениях) сравнительно с их влиянием на чистый гексоген, например, обусловлено, по-видимому, конкурирующим каталитическим действием NaCl. Однако эффективность изученных добавок даже при горении антигризутных ВВ свидетельствует в пользу предложенного ранее [8, 9] механизма их влияния.

В заключение следует отметить, что ингибиторы горения даже в том случае, когда они введены сверх 100% (как это имело место в данной работе), ухудшают кислородный баланс системы, почти не оказывают отрицательного влияния на детонационные свойства. Предварительные опыты показали, что при добавлении к аммониту 80/20 10% дифенила скорость детонации образчиков диаметром 15 мм и плотностью 1 г/см³ составила 2200 м/сек, в то время как для чистого аммонита она была равна 2400 м/сек.

Что касается чувствительности к удару, то наблюдается значительное флегматизирующее действие ингибиторов. Так, чувствительность

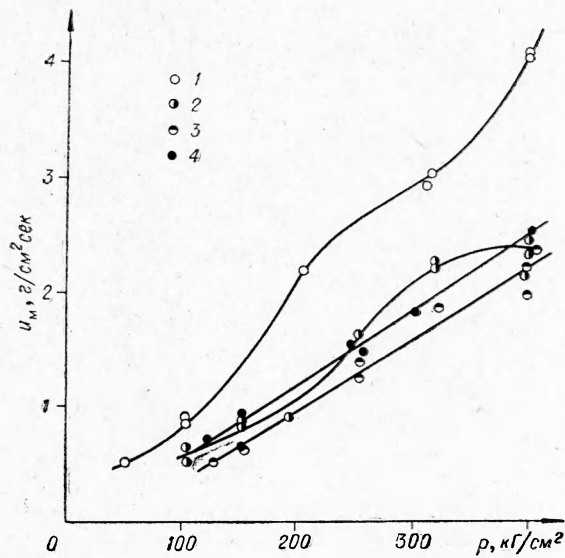


Рис. 2. Влияние легкоразлагающихся солей аммония на горение гексамона 1 (I).
Соли: 2 — $(\text{NH}_4)_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$; 3 — NH_4F ; 4 — $(\text{NH}_4)_2\text{SiF}_6$.

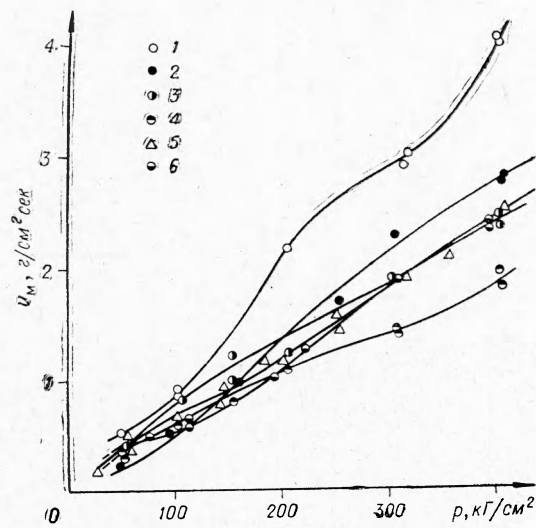


Рис. 3. Влияние восстановителей на горение гексамона 1 (I).
Восстановители: 2 — дифенил; 3 — дифениламин; 4 — уретан; 5 — централит 1; 6 — трифенилметан.

чистого гексамона по стандартной пробе¹ составила 20%, в то время как гексамон с 10% дифенила взрывов не дал.

Последнее связано, по-видимому, с ингибирующим действием добавки на процесс возбуждения взрыва при ударе.

Совокупность полученных результатов позволяет полагать, что введение в состав разрабатываемых предохранительных ВВ ингибиторов горения, уменьшающих способность ВВ к горению (что, в свою очередь, должно привести к значительному уменьшению опасности их выгорания), позволит значительно повысить их антигризутность.

Авторы выражают искреннюю благодарность П. П. Поповой за любезное разрешение использовать результаты опытов по горению чистого гексамона и доктору техн. наук В. К. Боболеву за помощь в работе.

Поступила в редакцию
28/XI 1968

ЛИТЕРАТУРА

1. К. К. Андреев, А. И. Гольбиндер и др. Тез. докл. науч.-техн. конф. МХТИ им. Д. И. Менделеева. М., 1964.
2. В. Г. Хотин. Канд. дисс. МХТИ им. Д. И. Менделеева. М., 1964.
3. Н. С. Бахаревич, Н. В. Черемухина. Сб. «Взрывное дело», № 63/20. М., «Недра», 1967.
4. А. П. Глазкова, И. А. Терешкин. ЖФХ, 1961, 35, 7. 1922.
5. К. К. Андреев, А. П. Глазкова. Докл. АН СССР, 1952, 80, 4, 801.
6. А. П. Глазкова. Канд. дисс. МХТИ им. Д. И. Менделеева. М., 1952.
7. А. П. Глазкова, В. К. Боболев. Сб. «Взрывное дело», № 60/17. М., «Недра», 1966.
8. А. П. Глазкова. Докл. АН СССР, 1968, 181, 2, 383.
9. А. П. Глазкова, П. П. Попова. Докл. АН СССР, 1967, 177, 6, 1341.
10. А. П. Глазкова, О. К. Андреев. ФГВ, 1969, 5, 3.

УДК 532.593+662.215.1

ОБ ИЗМЕНЕНИИ ДАВЛЕНИЯ НА ПОВЕРХНОСТИ ПРЕГРАДЫ ПРИ КОНТАКТНОМ ВЗРЫВЕ ЗАРЯДА ВВ

В. П. Чельшев, Б. И. Шехтер, Л. А. Шушко
(Москва)

Задача об отражении детонационной волны от недеформируемой преграды в одномерной постановке решена Я. Б. Зельдовичем и К. П. Станюковичем [1, 2]. Показано, что для этих условий давление p_t на контактной поверхности и удельный импульс i_t взрыва цилиндрического заряда могут быть рассчитаны по формулам:

$$p_t = \frac{64}{27} p_n \left(\frac{l}{Dt} \right)^3; \quad (1)$$

$$i_t = \frac{32}{27} \frac{l}{D} \left[1 - \left(\frac{l}{Dt} \right)^2 \right] p_n, \quad (2)$$

где p_n — давление во фронте детонационной волны; l — длина заряда;

¹ Груз 10 кг при высоте падения 25 см.