

УДК 622.235

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПРЕДОХРАНИТЕЛЬНЫХ СВОЙСТВ ЭВВ

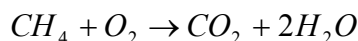
А.М. Тимофеева, Ю.В. Манжос

Донецкий национальный технический университет

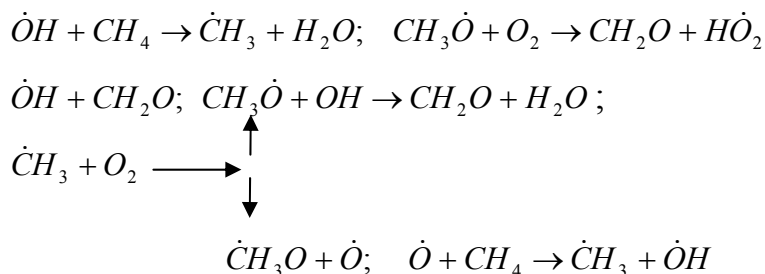
В статье приведены исследования возможности обеспечения предохранительных свойств эмульсионных взрывчатых веществ, путём введения в их состав комбинированного ингибитора, на основе галогенов щелочных металлов, растворённых в дисперсной фазе эмульсии.

В промышленных взрывчатых веществах IV класса в качестве ингибиторов применяются – галогены щелочных металлов. Согласно исследованиям, проведённым ранее [1,2], галогены щелочных металлов являются наиболее активными отрицательными катализаторами. Их действие основано на прерывании цепных реакций горения метана, за счёт связывания образующихся при этом радикалов.

Окисление метана кислородом воздуха описывается брутто-реакцией:



В общем, окисление углеводородов представляет собой сложную радикальную цепную реакцию с вырожденным разветвлением цепи. Основная цепочка, по В.Н. Кондратьеву [3], представляет собой преимущественно реакции с участием углеводородных и гидроксильного радикалов, а также атомарного кислорода:



Л. Долан и П. Демпстера [4] вдуванием порошков в нагретый сосуд с газом определяли пламегасящую способность ряда солей по отношению к метано-воздушной смеси и получили следующий ряд по убыванию пламегасящей способности: KF , KI , $NaAlF_3$, $NaCl$, Na_2SiF_4 ,

KCl. А. Т. Мурат [5] установил следующий ряд по эффективности пламегасителей (в порядке убывания): *NaCl*, *KCl*, K_2CO_3 , Na_2CO_3 , $CaCl_2$, NH_4Cl [1]. Но не все галогены щелочных металлов могут входить в состав предохранительных ВВ, так к примеру, соединения щелочных металлов с *F* и *Br* токсичны.

Как видно из представленного выше, достаточно активным, экологически чистым, не дефицитным и дешёвым пламегасителем является *NaCl*.

Исследования МакНИИ показали, что для обеспечения предохранительных свойств эмульсионных взрывчатых веществ на уровне IV класса, содержание пламегасителя (учитывая наличие 10% воды, которая также является пламегасителем) в их составе должно быть не менее 10-12 %. Растворимость *NaCl* достаточно низкая – 35,9 г/100 г воды при 20°C, и с увеличением температуры остаётся практически неизменной. А содержание воды в составе ЭВВ не должно превышать 10-12 %, из соображений сохранения высоких энергетических характеристик. Так увеличение содержания воды в составе эмульсионного ВВ на 1 % снижает энергетику состава на ~ 2,5 % и влечёт за собой уменьшение процентного содержания окислительной фазы в составе. Таким образом, увеличение содержания воды в составе ЭВВ является нежелательным, с точки зрения потери полезной работоспособности и энергетических характеристик состава.

Максимальное количество *NaCl*, которое мы можем растворить в 10-12 % воды, составляет ~ 3 % по отношению к 1 кг ВВ. Добавление *NaCl* в виде твёрдой фракции снижает детонационные характеристики ВВ. В качестве пламегасителя также могут использоваться такие соли, как *KCl* и $CaCl_2$, обладающие более высокими значениями растворимости. Одним из ключевых вопросов данной работы, стал вопрос о возможности применения комбинированного пламегасителя, состоящего из *NaCl*, *KCl* и $CaCl_2$, в составе ЭВВ.

Проведённые нами исследования показали, что эти соли не оказывают взаимного влияния на растворимость каждой соли в отдельности, что позволяет ввести в состав эмульсионного ВВ требуемое количество пламегасителя. На основании этого был разработан следующий базовый рецептурный состав ЭВВ, приведенный в таблице 1.

**ПЕРСПЕКТИВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ ЭКОЛОГИИ И ХИМИЧЕСКОЙ
ТЕХНОЛОГИИ**

Таблица 1 – Базовый состав разработанного предохранительного эмульсионного ВВ

	Компоненты						
	Горю- чая фа- за	KCl	$NaCl$	$CaCl_2$	Вода	NH_4NO_3	$Ca(NO_3)_2$
Содержа- ние, %	6	3,2	3,3	6,5	9,4	51,5	20,1

Для базово состав был произведён расчёт теплоты взрыва по следующей формуле:

$$Q = Q_{пр.} - Q_{исх.},$$

где Q – теплота взрыва, $\frac{ккал}{кг}$;

$Q_{пр.}$ – теплота образования продуктов взрыва, $\frac{ккал}{кг}$;

$Q_{исх.}$ – телота образования ВВ, $\frac{ккал}{кг}$.

Значение теплот образования компонентов ВВ и продуктов взрыва взяты из источника [2]. Полученное значение $Q_{взр.} = 714 \left(\frac{ккал}{кг} \right)$ или $2991 \left(\frac{кДж}{кг} \right)$.

Кислородный баланс базово рецептурного состава вычислим по формуле:

$$К.б. = \sum_{i=1}^n X_i \cdot к.б._i,$$

где $К.б.$ – кислородный баланс ВВ, %;

X_i – массовая доля i -го компонента, $\frac{кг}{кг}$;

$к.б._i$ – кислородный баланс i -го компонента%;

Кислородный баланс ВВ равняется -0,66. Данное значение является приближенным к нулю, что обеспечивает минимальное выделение токсичных газов при взрыве ВВ, то есть обеспечивает его эколо-

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ ЭКОЛОГИИ И ХИМИЧЕСКОЙ ТЕХНОЛОГИИ

гическую безопасность. Кроме того, исследования МакНИИ показали, что при небольшом отрицательном кислородном балансе выделение условной окиси углерода меньше, чем при нулевом.

Приготовление эмульсионного ВВ состоит из изготовления двух частей:

- горючей фазы;
- раствора окислителя.

Оба этих раствора готовятся при температуре 75-85 °С. В дальнейшем технологическом процессе приготовления самой эмульсии происходит некоторое снижение температуры. При этом могут образовываться кристаллы растворённых солей, которые нарушают технологический режим изготовления ЭВВ. Чем ниже $T_{кр}$, тем меньше вероятность возникновения нарушений такого рода.

Отработка технологии производства ЭВВ показала, что снижение $T_{кр}$ раствора окислителя (в который входят и пламегасители) позволяет повысить устойчивость эмульсионной матрицы и уменьшить энергозатраты на производство ВВ.

Нами был произведён ряд опытов с различными растворами окислителей, целью которых было обнаружение раствора окислителя с минимальной $T_{кр}$, который в будущем сможет стать основой для разработки промышленного образца предохранительного эмульсионного ВВ. Данные экспериментов приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Значение $T_{кр}$ для различных растворов окислителей

		Раствор окислителя			
		Раствор 1	Раствор 2	Раствор 3	Раствор 4
$T_{кр}$	На поверхности, °С	66	64	58*	50**
	По всему V, °С	55	55		

* Значение начала кристаллизации

** Выпадение кристаллов

Компонентный состав растворов окислителей следующий: раствор 1 – вода, NH_4NO_3 , $NaNO_3$; раствор 2 – вода, NH_4NO_3 , $Ca(NO_3)_2$, $NaNO_3$; раствор 3 – вода, NH_4NO_3 , $Ca(NO_3)_2$; раствор 4 – вода, NH_4NO_3 , $NaNO_3$, карбамид.

Выводы: для обеспечения предохранительных свойств эмульсионных ВВ необходимо применять комбинированный пламегаситель, позволяющий ввести в состав ВВ требуемое количество пламегасителя. Также для повышения устойчивости эмульсионного ВВ необходимо использовать раствор окислителя с минимальной $T_{кр}$. Полученные результаты исследований, в будущем, будут положены в основу разработки промышленного образца предохранительного эмульсионного ВВ.

Библиографический список

1. Дубнов Л.В. Промышленные взрывчатые вещества. / Л.В. Дубнов, Н.С. Бахаревич, А.И. Романов – М.: Недра, 1988. – 358 с.
2. Светлов Б.Я. Теория и свойства промышленных взрывчатых веществ. / Б.Я. Светлов, Н.Е. Яременко – М.: Недра, 1973. – 208 с.
3. Кондратьев В.Н. О теории горения углеводородов – «Журнал физической химии», 1946, № 4-5, с.345-354.
4. L.E. Dolan, P.B. Dempster. Journ. Of applied Chemistry. V. 5, part 9, 1955, 510-517.
5. T. Murata. Диффузионная теория горения метана. Japan Sci. Rev. Engang Dci., 2, N 4, 1952, 421-427.