

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ НЕЙТРАЛИЗАЦИИ КОМПОНЕНТОВ РАКЕТНОГО ТОПЛИВА

Л.Л. Михальская

(представил д.т.н., проф. Э.Е. Прохач)

Определена номенклатура загрязняющих веществ при термическом разложении компонентов ракетного топлива. Приведены результаты натуральных испытаний установки ANDERSEN 2000. Сделан вывод о возможности использования установки в составе комплекса нейтрализации.

В соответствии с "Комплексной программой поэтапного сокращения и ликвидации ядерного оружия наземного и воздушного базирования в Украине" осуществляются ликвидация и вывод из эксплуатации боевых ракетных комплексов, стратегических авиационных комплексов и их инфраструктуры. Ликвидационные работы связаны с нейтрализацией ракет и подвижных средств заправки, при этом используются штатные агрегаты термического разложения компонентов ракетного топлива (КРТ), а также поставленные США установки ANDERSEN 2000 того же назначения.

Предусматривается использование агрегатов термического разложения при нейтрализации железнодорожных средств транспортировки КРТ, емкостей и сооружений в процессе вывода из эксплуатации инфраструктуры ракетных комплексов, при нейтрализации крылатых ракет воздушного базирования, для уничтожения запасов несимметричного диметилгидразина и т.п.

Возможность применения агрегатов термического разложения требует специального обоснования. Если при штатной эксплуатации ракетного вооружения агрегаты использовались периодически, то в процессе проведения ликвидационных работ эти агрегаты функционируют непрерывно в течение длительного времени. Кроме этого следует учитывать, что экологические требования в период разработки агрегатов были менее жесткими, чем в настоящее время. Понятно, что агрегаты ANDERSEN 2000 также должны проходить экологическую экспертизу.

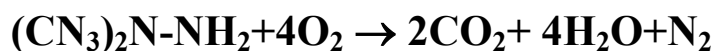
Чтобы подтвердить возможность использования установок термического разложения для нейтрализации сооружений, ракет и транспортных агрегатов, необходимо решить две задачи: определить концентрации вред-

ных веществ на выходе из установок и оценить распространение выбросов из установок в атмосфере [1]. Для решения первой задачи выполняют тщательный анализ термохимических процессов, происходящих в установках.

Работу агрегатов термического разложения КРТ рассмотрим на примере установки ANDERSEN 2000 (рис. 1). Установка предназначена для сжигания паров и растворов компонентов ракетного топлива (несимметричного диметилгидразина и азотного тетраксида).

При работе установок реализуется метод очистки газов, содержащих оксиды азота, в основе которого лежит процесс термического разложения и восстановления оксидов азота в восстановительный (например, керосино-воздушной) среде при коэффициенте избытка окислителя $\alpha < 1$. При этом выхлопные газы могут содержать такие токсичные вещества, как оксиды азота (NO , NO_2), оксид углерода (CO), сажу (C), цианистые соединения (CN^-), 3,4-бенз/а/пирен, предельные углеводороды и диоксид серы.

В основе процесса нейтрализации НДМГ методом термического разложения лежит реакция его полного окисления кислородом при высокой температуре:



Наряду с этой реакцией в зоне нейтрализации при неблагоприятных условиях окисления (недостаточное количество окислителя, низкая температура, плохое смесеобразование) могут протекать реакции неполного окисления и термического разложения, в результате которых образуются такие высокотоксичные вещества как тетраметилтетразин, диметиламин, нитрозодиметиламин, цианистые соединения, формальдегид, оксид углерода, сажа, предельные углеводороды, 3,4-бенз/а/пирен. Кроме указанных продуктов в высокотемпературной зоне при сжигании любого углеводородного горючего с воздухом образуются оксиды азота и диоксид серы. При сжигании водных растворов НДМГ могут образовываться полихлорированные бифенилы и фенол.

Каждая установка ANDERSEN 2000 имеет двухкамерную печь циклонного типа (рис. 1). Первая камера снабжена многосопловой вихревой горелкой, которая обеспечивает хорошую турбулизацию подаваемых на горение продуктов и воздуха. Для предотвращения образования оксидов азота только часть воздуха подается в зону горения. Хорошая турбулизация продуктов сгорания обеспечивается конструкцией камер, которые сужаются к выходу.

В камере сгорания поддерживается оптимальная, с точки зрения снижения образования оксидов азота, температура 899 - 927 °С. Для обеспечения оптимальной температуры используется охлаждение воздухом, для создания в камере восстановительной среды, предотвращающей образования оксидов азота, впрыскивается раствор мочевины.

Полнота сгорания обеспечивается системой автоматического управления установкой, которая осуществляет блокировку:

- по максимальному расходу продукта, подаваемого на горение;
- по минимальной температуре горения;
- по максимальной концентрации оксидов азота в отходящих газах;
- по минимальному (2 с) времени пребывания продуктов горения в камере.

Перечисленные выше мероприятия позволили разработчикам установок ANDERSEN 2000 обеспечить большую по сравнению со штатными агрегатами экологическую безопасность сжигания растворов и паров НДМГ и N₂O₄ за счет уменьшения «проскоков» токсичных веществ и снижения количества в отходящих газах оксидов азота.

Перечень загрязняющих веществ выбрасываемых в атмосферу при нейтрализации растворов и паров КРТ, а также их предельно допустимые максимально разовые концентрации (ПДК) в атмосферном воздухе приведены в таблице 1.

Таблица 1 - Перечень загрязняющих веществ, выбрасываемых в атмосферу

№ п/п	Наименование вещества	ПДК, мг/м ³
1	Несимметричный диметилгидразин	0,001
2	Нитрозодиметиламин	0,001
3	Диметиламин	0,005
4	Тетраметилтетразин	0,005
5	Цианистые соединения (в пересчете на HCN)	0,01
6	Формальдегид	0,012
7	Оксид углерода	5,0
8	Сажа	0,15
9	Предельные углеводороды (керосиновая фракция)	1,2
10	3,4 -бенз/а/пирен	1x10 ⁻⁶
11	Фенол	0,01
12	Полихлорированные бифенилы	3x10 ⁻⁴
13	Оксид азота	0,4
14	Диоксид азота	0,085
15	Диоксид серы	0,5

Примечания.

1.Для полихлорированных бифенилов в столбце ПДК указаны ориентировочно-безопасные установочные выбросы (ОБУВ).

2. Для цианистых соединений приведены среднесуточные ПДК.

Таким образом, номенклатура веществ, выделяющихся при работе установок термического разложения, может быть установлена из анализа поступающих на нейтрализацию продуктов и технологии работы агрегатов. Количественное содержание загрязняющих веществ должно быть установлено при испытаниях установок.

Проведены испытания двух установок ANDERSEN 2000, одна из которых использовалась для термического разложения паров и растворов гептила, вторая - паров и растворов амила. Результаты оценки содержания загрязняющих веществ на выходе из выхлопных труб установок приведены в таблице 2. Для отбора проб воздуха и грунта в подфакельной зоне были организованы посты, которые при отсутствии ветра располагались на расстоянии 50 м от установки в направлениях север – запад – юг - восток и в контрольной точке. Отбор проб воздуха осуществлялся аспирационным методом. Одновременно фиксировались метеорологические параметры:

- скорость и направление ветра;
- температура и влажность воздуха;
- атмосферное давление;
- состояние погоды.

В таблицах 3,4 представлены результаты определения загрязняющих веществ в приземном слое атмосферы.

Содержание загрязняющих веществ в отходящих газах можно считать отвечающим санитарно-гигиеническим нормам, если величина наибольшей концентрации токсичного вещества $C_{\text{макс}}$ в приземном слое не будет превышать величину максимальной разовой предельно допустимой концентрации этого вещества для оцениваемой зоны:

$$C_{\text{макс}} \leq \text{ПДК} \quad (1)$$

При одновременном присутствии в отходящих газах нескольких вредных веществ, обладающих суммацией действия, их безразмерная суммарная концентрация $C_{\Sigma\text{макс}}$ в приземном слое не должна превышать единицы при расчете по формуле [2]:

$$C_{\Sigma\text{макс}} = \frac{C_1}{\text{ПДК}_1} + \frac{C_2}{\text{ПДК}_2} + \dots + \frac{C_n}{\text{ПДК}_n} \leq 1 \quad (2)$$

где C_1, C_2, \dots, C_n - концентрации вредных веществ в атмосферном воздухе, мг/м³;

$ПДК_1, ПДК_2, \dots, ПДК_n$ - предельно допустимые концентрации вредных веществ, $мг/м^3$.

Таблица 2 - Концентрация загрязняющих веществ на выходе из установки АНДЕРСЕН – 2000

Код теста Дата Время	Режим испытаний	Наименование загрязняющих веществ	Величина выброса, $мг/м^3$
4В 4.08.97 11,34	Сжигание водного раствора амила (концентрация 3,1 %)	Сажа	2,496
		Диоксид серы	58,702
		Диоксид азота	72,871
		Оксид углерода	209,64
		Бенз/а/пирен $\times 10^{-6}$	15,778
		Фенол	0,0023
		Цианиды	0,00011
		Полихлорбифенилы	0,0012
2В 4.08.97 14,51	Сжигание водного раствора гептила (концентрация 1,6 %)	Углеводороды	6,53
		Сажа	1,876
		Диоксид серы	43,981
		Диоксид азота	54,597
		Оксид углерода	157,05
		Бенз/а/пирен $\times 10^{-6}$	11,726
		Фенол	0,0018
		НДМГ	0,0036
		НДМА	н/о
		ТМТ	н/о
		ДМА	0,0469
		Формальдегид	0,0041
		Цианиды	0,0001
		Полихлор. бифенилы	0,001
		Углеводороды	6,34

Для условий испытаний группами суммаций являются:

-сернистый ангидрид + диоксид азота;

-диоксид азота + оксид азота;

-сернистый ангидрид + фенол.

Анализ результатов содержания загрязняющих веществ в приземном слое атмосферы показывает, что неравенства (1) и (2) выполняются для всех загрязняющих веществ и всех групп суммаций. Наибольшее значение для суммации NO и NO₂ наблюдается при сжигании водного раствора амила (концентрация 3,1%) и составляет:

$$C_{\Sigma\text{макс}} = \frac{C_{\text{NO}}}{\text{ПДК}_{\text{NO}}} + \frac{C_{\text{NO}_2}}{\text{ПДК}_{\text{NO}_2}} = \frac{0,107}{0,4} + \frac{0,013}{0,085} = 0,44$$

Таблица 3 - Содержание загрязняющих веществ в приземном слое атмосферы при сжигании водного раствора амила (концентрация 3,1 %,

T = 26 °C, P=742 мм рт.ст., отсутствие ветра)

№ п/п	Дата	Место отбора	Загрязняющее вещество	Содержание , мг/м ³		
				1	2	3
1	4.08.97	Точка 1 (50 м к северу от дожигателя)	Окислы азота	0,02	0,04	0,04
2	4.08.97	Точка 2 (50 м к западу от дожигателя)	Окислы азота	0,1	0,11	0,12
3	4.08.97	Точка 3 (50 м к югу от дожигателя)	Окислы азота	0,02	0,016	0,016
4	4.08.97	Точка 4 (50 м к востоку от дожигателя)	Окислы азота	0,06	0,03	0,03

Примечание: Цианиды в пробах воздуха не обнаружены.

Результаты проведенных исследований свидетельствуют о высокой эффективности дожига компонентов ракетного топлива на установках AN-DERSEN 2000 и возможности использования установок в составе комплекса нейтрализации ГКБ «Южное».

Таблица 4 - Содержание загрязняющих веществ в приземном слое атмосферы при сжигании водного раствора гептила (концентрация 1,6 %, T = 28 °C, P=742 мм рт.ст., отсутствие ветра)

№	Дата	Место отбора	Загрязняющее вещество	Содержание , мг/м ³		
				1	2	3
1	4.08.97	Точка 1 (50 м к северу от дожигателя)	Гептил	Следы	Следы	Следы
2	4.08.97	Точка 2 (50 м к западу от дожигателя)	Гептил	Следы	Следы	Следы
3	4.08.97	Точка 3 (50 м к югу от дожигателя)	Гептил	Следы	Следы	Следы
4	4.08.97	Точка 4 (50 м к востоку от дожигателя)	Гептил	Следы	Следы	Следы
5	4.08.97	Точка 1 (50 м к северу от дожигателя)	Окислы азота	0,01	Следы	Следы
6	4.08.97	Точка 2 (50 м к западу от дожигателя)	Окислы азота	0,02	0,016	0,02
7	4.08.97	Точка 3 (50 м к югу от дожигателя)	Окислы азота	0,01	Следы	Следы
8	4.08.97	Точка 4 (50 м к востоку от дожигателя)	Окислы азота	Следы	Следы	Следы

Примечание: Диметиламин, формальдегид, нитрозодиметиламин и цианиды в пробах воздуха не обнаружены.

ЛИТЕРАТУРА

1. Берлянд М.Е. Современные проблемы атмосферной диффузии и загрязнения атмосферы. Л.: Гидрометеиздат, 1975.
2. Ильин В.П. Об оценке загрязнения приземного слоя атмосферы. - М.: Атомная энергия, 1975.