

ДОСЛІДЖЕННЯ СКЛАДУ І ВПЛИВУ НА НАВКОЛИШНЄ СЕРЕДОВИЩЕ ГАЗІВ, ЩО ВИДІЛЯЮТЬСЯ ПРИ УТИЛІЗАЦІЇ ВИБУХОНЕБЕЗПЕЧНИХ ЕЛЕМЕНТІВ РАКЕТ

*В. Р. Закусило, канд. техн. наук, А. А. Желтоножко, докт. техн. наук,
Л. В. Бойко, Л. М. Узжина, інженери (ДержНДІХП, м. Шостка)*

Приведены результаты расчетов количественного состава вредных газов, выделяющихся при взрывании или сжигании авиационных ракет во время их утилизации. Установлены безопасные для персонала расстояния действия вредных газов и определена допустимая интенсивность уничтожения составных частей ракет в условиях полигона.

Непридатні до подальшого використання і зберігання боєприпаси вміщують не менше 20% вибухових матеріалів. Таким чином, на базах, складах та арсеналах України зосереджено близько 300 тисяч тонн вибухових матеріалів. Це становить велику техногенну та екологічну небезпеку для багатьох регіонів України.

До непридатних для використання боєприпасів належать і авіаційні засоби ураження – ракети Р-98, С-5, С-8 та інші. Розроблення безпечних технологій розбирання авіаційних ракет і утилізації (знищення) вибухонебезпечних елементів ракет є актуальною задачею.

При утилізації ракет, а саме: при підриванні бойових частин, піропатронів та запобіжних виконавчих механізмів, спалюванні порохових зарядів виділяються шкідливі гази, які впливають на навколишнє середовище. Метою цієї роботи є дослідження кількісного складу газів, що виділяються при підриванні або спалюванні елементів ракет.

При розпорядженні та розбиранні авіаційних ракет вивільняються такі вибухонебезпечні елементи, що містять вибухові матеріали:

порохові реактивні двигуни (ПРД), споряджені шашками з баліститного палива марки РНДСИ-5К, масою до 62 кг;

бойові частини (БЧ), що містять гексогенвмісні вибухові матеріали: сплави ТГ-20, ТГ-40 або суміші А-ІХ-1, А-ІХ-2 масою від 17 до 20 кг;

піропатрони та запобіжні виконавчі механізми (ЗВМ), що містять вибухові речовини (ВР) типу тетрил, масою до 5 г;

запальники, що містять димний порох, масою до 150 г.

З метою визначення кількості газів, що виділяються при утилізації ракет, були проведені термодинамічні розрахунки за багатоцільовою програмою „Астра” „Моделювання хімічних та фазових рівноваг при високих температурах”.

Програма „Астра” призначена для визначення характеристик рівноваги, фазового та хімічного складу різних систем. В основу програми покладено

універсальний термодинамічний метод визначення характеристик рівноваги гетерогенних систем, який базується на фундаментальному принципі максимуму ентропії. Програма дозволяє провести розрахунок характеристик і складу газоподібних та гетерогенних середовищ за фронтом ударної хвилі.

Кількість газів, що виділяються при підриві складу РНДСИ-5К, сплавів ТГ-20, ТГ-40 та сумішей А-ІХ-1, А-ІХ-2, наведено в табл. 1.

Таблиця 1. Розрахункові кількості газів, що виділяються при спалюванні баліститного палива та вибухових речовин

Найменування газу	Кількість газу, моль/кг				
	РНДСИ-5К	А-ІХ-1	А-ІХ-2	ТГ-20	ТГ-40
H ₂	10,80	2,8	6,6	3,93	4,0
H ₂ O	3,40	13,6	4,6	8,2	8,0
N ₂	14,60	5,7	2,4	13,29	13,1
CO	16,40	5,7	4,1	10,74	11,2
CO ₂	0,98	3,3	0,3	3,07	3,0
NO	–	–	–	0,17	0,16
O ₂	–	–	–	0,21	0,18

Кількість газів, що виділяють ВР при спалюванні піропатронів, ЗВМ та запальників, наведено в табл. 2.

Таблиця 2. Розрахункові кількості газів, що виділяються при спалюванні тетрилу та димного пороху

Найменування газу	Кількість газу, моль/кг	
	ВР типу тетрил (піропатрони або ЗВМ)	Димний порох (запальники)
N ₂	0,086	4,30
NO	0,0049	0,68
NO ₂	–	0,0002
CO	0,0023	0,000002
CO ₂	0,012	0,009
O ₂	0,0005	10,40

Дані табл. 1 і 2 свідчать про те, що при підриванні або спалюванні елементів ракет, які містять ВР, утворюються шкідливі гази, здатні викликати отруєння людей: окисли азоту NO, NO₂, окисли вуглецю CO, CO₂. Однією з головних причин утворення шкідливих газів є незавершеність хімічних реакцій вибухового перетворення, які повинні закінчуватися повним окисленням горючих елементів.

Кількість шкідливих газів, що виділяються при утилізації одного елемента ракети, що містить ВР, наведено в табл. 3.

Таблиця 3. Розрахункові кількості газів, що виділяються при утилізації одного елемента ракети, що містить ВР

Найменування газу	Кількість газу, моль/кг (у чисельнику), мг/м ³ (у знаменнику)				
	ПРД	БЧ		Запальник	Піропатрон або ЗВМ
	РНДСИ-5К (61,5 кг)	ТГ-20 (20,0 кг)	ТГ-40 (20,0 кг)	Димний порох (0,15 кг)	Тетрил (0,005 кг)
NO	–	$\frac{3,4}{0,102}$	$\frac{3,2}{0,096}$	$\frac{0,102}{0,003}$	$\frac{0,00002}{0}$
NO ₂	–	–	–	$\frac{0,00003}{0,0014}$	–
CO	$\frac{1008,6}{28,24}$	$\frac{214,8}{6,01}$	$\frac{224,0}{6,27}$	$\frac{0,0000003}{0,0000084}$	$\frac{0,00001}{0}$
CO ₂	$\frac{60,27}{2,89}$	$\frac{61,4}{2,94}$	$\frac{60,0}{2,88}$	$\frac{0,00135}{0,059}$	$\frac{0,00006}{0}$

Сумарну кількість розглянутих шкідливих газів при утилізації одного виробу визначають згідно з [1] в розрахунку на умовний окис вуглецю:

$$x = aCO + 6,5bNO_2 + 2,5c(SO_2 + H_2S),$$

де a , b і c – розрахункові кількості газів, мг/м³.

Виходячи з цього, сумарна кількість шкідливих газів, що утворюються при спалюванні однієї порохової шашки РНДСИ-5К, становить

$$x_{\text{РНДСИ-5К}} = 28,24 + 0 + 0 = 28,24 \text{ мг/м}^3.$$

Відповідно $x_{\text{ТГ-20}} = 6,01 \text{ мг/м}^3$ (одна БЧ); $x_{\text{ТГ-40}} = 6,27 \text{ мг/м}^3$ (одна БЧ); $x_{\text{димний порох}} \approx 0 \text{ мг/м}^3$ (один запальник); $x_{\text{тетрил}} \approx 0 \text{ мг/м}^3$ (один ПИМ).

Враховуючи те, що короткочасна дія оксиду вуглецю (СО) концентрацією до 20 мг/м^3 не є небезпечною, продукти вибуху не приносять шкоди здоров'ю людини.

Згідно з ГОСТ 12.1.005-88 [2] гранично допустима концентрація (ГДК) СО у повітрі робочої зони становить 20 мг/м^3 . У цьому документі є доповнення, в якому вказано, що при тривалості роботи в атмосфері, що вміщує оксид вуглецю, не більше 1 години, ГДК СО може бути підвищена до 50 мг/м^3 , при тривалості роботи не більше 30 хвилин – до 100 мг/м^3 , не більше 15 хвилин – до 200 мг/м^3 .

Таким чином, за результатами розрахунків сумарної кількості шкідливих газів, що утворюються при спалюванні порохових шашок РНДСИ-5К, можна зробити висновок, що при спалюванні однієї шашки концентрація шкідливих газів у розрахунку на умовний окис вуглецю ($28,24 \text{ мг/м}^3$) не набагато перевищує ГДК СО (20 мг/м^3). При підриванні бойових частин ракет сумарна кількість шкідливих газів при утилізації одного виробу не перевищує $6,27 \text{ мг/м}^3$ і не є небезпечною для здоров'я людей.

При підриванні запальників типу ВГ-25-200, піропатронів типу УДП2-3 або ПИМів типу И256 сумарна кількість шкідливих газів при утилізації одного виробу практично дорівнює нулю ($0,00000084 \text{ мг/м}^3$).

При підриванні або спалюванні елементів ракет, що містять вибухонебезпечні речовини, необхідно не тільки враховувати газонебезпечність вибуху, але й визначити безпечну відстань r_r (м), за межами якої вміст шкідливих газів (у перерахунку на умовний окис вуглецю CO) не повинен перевищувати ГДК.

Безпечна відстань щодо дії шкідливих газів в умовах відсутності вітру або в напрямку, перпендикулярному поширенню вітру, визначається у відповідності до [3] за формулою

$$r_r = 160\sqrt[3]{Q},$$

де Q – сумарна маса заряду, що підривається або спалюється, т.

Виходячи з цього, безпечна відстань від місця спалювання однієї порохової шашки РНДСИ-5К становить

$$r_r = 160\sqrt[3]{0,0615} = 160 \cdot 0,39 = 62,4 \text{ м};$$

від місця спалювання трьох порохових шашок

$$r_r = 160\sqrt[3]{0,1845} = 160 \cdot 0,57 = 91,0 \text{ м}.$$

Безпечна відстань щодо дії шкідливих газів при підриванні: однієї бойової частини, що вміщує ТГ-20 або ТГ-40 – 43,2 м; трьох бойових частин – 62,4 м;

десяти запальників типу ВГ-25-200, що вміщують димний порох – 18,3 м; десяти піропатронів типу УДП2-3 або ПИМ И256, що вміщують ВР типу тетрил – 5,9 м.

Найбільш ефективним засобом боротьби з утвореними при підриванні або спалюванні елементів ракет шкідливими газами є провітрювання безпосередньо після підриву або спалювання. Тому допуск людей на місце проведення робіт по спалюванню однієї порохової шашки РНДСИ-5К або підриву однієї бойової частини дозволяється, згідно з вимогами [3], не раніше, ніж через 30 хвилин після підривання (спалювання), розсіювання пилогазової хмари і відновлення повної видимості.

Для зменшення шкідливого впливу газів при утилізації ракет необхідно визначити допустиму добову інтенсивність знищення їх елементів, що містять вибухонебезпечні речовини, в умовах полігону.

При спалюванні однієї шашки складу РНДСИ-5К утворюється $28,24 \text{ мг/м}^3$ шкідливих газів, при спалюванні трьох шашок – $84,72 \text{ мг/м}^3$. Для поліпшення розсіювання шкідливих газів у повітрі порохові шашки необхідно розміщувати на відстані не менше 5 метрів одна від одної. Через 30 хвилин після спалювання вміст шкідливих газів у повітрі робочої зони не перевищуватиме ГДК. Час на підготовку трьох шашок для спалювання – 15 хвилин. Таким чином, за одну

годину можна спалити 6 шашок РНДСИ-5К, за робочу зміну (7 годин) – 25 шашок. Добова інтенсивність знищення порохових шашок становить 42 шашки.

При підриванні в умовах полігону трьох БЧ, згідно з наведеними вище розрахунками, у повітря робочої зони виділяється до $18,8 \text{ мг/м}^3$ шкідливих газів, що не перевищує ГДК. Час, необхідний для провітрювання робочої зони і для розсіювання пилової та газової хмари, становить не менше 30 хвилин. Для підготовки бойових частин до підривання потрібно 15 хвилин, добова інтенсивність їх знищення – до 25 штук.

Інтенсивність знищення піроелементів ракет Р-98 – до 250 штук/добу, оскільки, згідно з попередніми розрахунками, виділення шкідливих газів при їх утилізації не перевищує ГДК в розрахунку на умовний окис вуглецю.

Висновки

1. Проведено розрахунки кількості газів, що виділяються при підриві вибухонебезпечних елементів ракет, що містять ВР.

2. Розраховано сумарну кількість газів, що виділяються при утилізації одного елемента ракети.

3. Розраховано безпечну відстань дії шкідливих газів, що утворюються при спалюванні елементів ракет.

4. Визначено допустиму добову інтенсивність знищення елементів ракет, що містять ВР, в умовах полігону.

1. Поздняков З. Г., Росси Б. Д. Справочник по промышленным взрывчатым веществам и средствам взрывания. – М.: Недра, 1977. – 255 с.

2. ГОСТ 12.1.005-88. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны.

3. ДНАОП 0.00-1.17-92. Единые правила безопасности при взрывных работах.