

СЕРДЮК С. М. – к.б.н., доцент (Дніпропетровський національний університет ім. О. Гончара)

ТЕХНОГЕННА НЕБЕЗПЕКА ТЕРИТОРІЙ ТА АКВАТОРІЙ УКРАЇНИ: МОЖЛИВІСТЬ ВИНИКНЕННЯ МАСШТАБНОЇ ЕКОЛОГІЧНОЇ КАТАСТРОФИ

Статтю представив д.т.н., проф. Петренко В. Д.

Вступ

Через високий ступінь небезпеки для здоров'я та життя мешканців питання зберігання та утилізації ракетного палива вийшло за галузеві межі та цікавить науковців різних напрямків. В 2003 році "ВО «Павлоградський хімічний завод» реорганізували у ДП "НВО «Павлоградський хімічний завод», у складі якого створено Науково-дослідний інститут високоенергетичних матеріалів (НДІ ВЕМ). Це підприємство є одним з найбільших хімічних підприємств України [3], учасником міжнародних програм: "По ліквідації стратегічних видів озброєння, у рамках Договору СНО-1 від 31.07.1991р.", Лісабонського протоколу до нього від 23.05.1992р. по зобов'язанням України з ліквідації МБР SS-24 та державних програм: Комплексна програма поетапного скорочення й ліквідації БРК МБР РС-22 від 02.12.1997 р., Програма утилізації твердого ракетного палива (ТРП) МБР РС-22, від 29.10.2000 р. № 1684 (у редакції постанови КМУ від 22.09.2004 р. № 1262) та ін.

ПХЗ являвся виробником міжконтинентальних балістичних ракет РС-22 (МБР РС-22), КБ "Південне" – генеральним розробником, а Павлоградський механічний завод здійснював збірку. Після підписання ряду договорів МБР РС-22 підлягали розбиранню, а потім і утилізації на ПХЗ. Роботи з розміщення й утилізації споряджених корпусів двигунів (СКД) (із загальною масою ТРП близько 5000 т) від МБР РС-22 розпочалися в 1998 р. У спеціалізованих сховищах ПХЗ зберігається більше 4 тис. тонн ТРП, ще біля 1 тис. т ТРП – на Павлоградському механічному заводі [5].

Однією з основних особливостей Держа-

вної "Програми утилізації ТРП МБР РС-22" є жорстка обмеженість в часі. Адже гарантійний термін зберігання ТРП в більшості споряджених корпусів двигунів МБР РС-22 минув ще в 2002 р. І тільки завдяки зусиллям спеціалістів ПХЗ з визначення оптимальних умов зберігання ТРП, вдається забезпечити його відносну безпеку [5].

Останнім часом фізико-хімічний стан і стабільність ТРП, що знаходиться в сховищах ПХЗ, викликають побоювання. В результаті проведених досліджень виявлені значні відхилення від нормативної документації для всіх ступенів МБР РС-22 [2].

Не можна виключати вибух одного зі сховищ зберігання ТРП у результаті диверсії або терористичного акту, а також масове загоряння палива в СКД із наступною об'ємною детонацією ТРП. Тому проведені дослідження з оцінки можливих масштабів екологічної катастрофи як наслідку аварійної ситуації, є актуальними, науково та практично цінними, бо доки не вирішено питання повної утилізації ТРК існує реальна загроза здоров'ю й життю мешканців усієї країни.

Таким чином, однією з термінових екологічних проблем сьогодення в Україні, що потребує осмислення й вибору оптимального шляху вирішення є зберігання та невідкладна утилізація твердого ракетного палива від МБР РС-22 для запобігання масштабних небажаних наслідків. Вирішенню цього питання й присвячена стаття.

Методика досліджень

Можна виділи 2 наступні найбільш ймовірні аварійні ситуації при зберіганні та утилізації твердого ракетного палива:

– горіння СКД без переходу в детона-

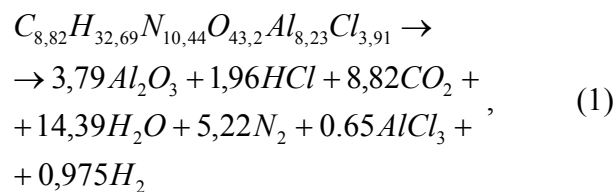
цію та вибух в процесі гідророзмиву і під час зберігання СКД в сховищах,

– вибух одного зі сховищ зберігання ТРП у випадку диверсії або терористичного акту.

По-перше, розглянемо ситуацію горіння СКД.

1. Розрахунок складу продуктів згоряння твердого ракетного палива

За реакцією горіння твердого ракетного палива СКД можна прогнозувати склад продуктів згоряння, при цьому множимо стереохімічні коефіцієнти кожної утвореної речовини на молекулярну масу речовини.



Наприклад, у нашому випадку склад продуктів згоряння розраховується наступним чином:

$$m = 3,79M(Al_2O_3), \quad (2)$$

де m – кількість продукту при згорянні 1кг палива, г/кг, M – молекулярна маса речовини, г/моль.

По-друге, однією з ймовірних аварійних ситуацій при зберіганні та утилізації твердого ракетного палива, є вибух одного зі сховищ зберігання ТРП у випадку диверсії або терористичного акту.

2. Розрахунок параметрів вибуху

Для визначення масштабів наслідків аварійного вибуху будемо використовувати методику розрахунку параметрів вибуху [4], яка дозволяє провести наближену оцінку різних параметрів повітряних ударних хвиль і визначити ймовірні ступені враження людей і пошкоджень будівель.

2.1. Розрахунок потужності вибуху

У діяльності, не пов'язаній з навмисними вибухами в умовах промислового виробництва, під вибухом варто розуміти швидке, некероване вивільнення енергії, що викликає ударну хвилю, яка рухається на деякому видаленні від джерела [4].

Для розрахунку потужності вибуху в усьому світі прийнято використовувати так

званий закон кубічного кореня, виведений експериментально. Він виражає залежність деякого коефіцієнта руйнування K від відстані до епіцентру вибуху R , км, теплоти розкладання вибухової речовини Q , кДж/моль, і маси речовини m , що вибухнула, т. Чисельно він виражається наступним чином:

$$K = \frac{R(1 + 49 \cdot 10^6)^{0,06}}{0,00134MQ}, \quad (3)$$

Оцінка руйнувань будівель ґрунтується на відомому рівні руйнувань при певному K [4].

2.2. Оцінка впливу вибуху на людей

Для оцінки впливу вибуху на людей, що зазнали впливу вибухової хвилі, визначають надлишковий тиск фронту вибухової хвилі на основі коефіцієнта K за наступною формулою.

$$P = -5,5(K - 100) + 32,5, \quad (4)$$

де P – надлишковий тиск фронту вибухової хвилі, кПа.

Інтерпретація результатів щодо можливого ураження людей в результаті впливу надлишкового тиску P проводилося згідно даних роботи [4].

Результати та їх обговорення

Загоряння СКД, як небажаний результат технологічного процесу (екологічні наслідки). Для оцінки можливого впливу аварії в результаті загоряння одного із СКД, масштабів цього впливу та його наслідків розглянута ситуація виникнення пожежі при роботі зі спорядженим двигуном (горіння палива) та в сховищі зберігання СКД, при цьому споряджений корпус двигуна знаходиться в одному зі сховищ, маса палива – 47,3 т (для прикладу взято I ступень ракетного двигуна).

Можливими аварійними ситуаціями в комплексі гідророзмиву та витягу ТРП можуть бути: порушення режимів експлуатації вантажопідіймаючого обладнання; виникнення локальної пожежі у випадку порушення протипожежних заходів в корпусі

та загоряння сумішного твердого палива у випадку диверсії.

Основними стадіями технологічного процесу, що представляють підвищену аварійну пожежну небезпеку, є:

- зняття кришок з виробів (захист торців);
- вимивання палива із виробів;
- зберігання роздробленого палива в ємностях;
- транспортування шматків палива на стрічковому конвеєрі;
- подрібнення шматків палива (бункер завантаження та приймальна ємність);
- вібросито з приймальною ємністю та приймальним барабаном.

Виникнення пожежі тягне за собою утворення продуктів згоряння твердого ракетного палива.

Виходячи зі складу та маси палива у виробі при виникненні пожежі в атмосферне повітря у складі димових газів будуть викидатися забруднюючі речовини, якісна та кількісна характеристика яких наведена в табл. 1.

Таблиця 1
Розрахунковий склад продуктів згоряння ракетного палива СКД

Продукти згоряння	Вміст палива, г/кг	Кількість продуктів при згорянні 47,3т палива, т
Оксид алюмінію Al_2O_3 ($M = 102$ г/моль)	386,6	18,29
Водень хлористий HCl ($M = 36$ г/моль)	70,56	3,34
Діоксид вуглецю CO_2 ($M = 44$ г/моль)	388,1	18,36
Вода H_2O ($M = 18$ г/моль)	259,0	12,25
Азот N_2 ($M = 28$ г/моль)	146,2	6,91
Хлорид алюмінію $AlCl_3$ ($M = 135$ г/моль)	87,75	4,06
Водень H_2 ($M = 2$ г/моль)	1,95	0,09

В залежності від умов згорання палива мінімальна тривалість горіння палива відповідно до його технологічних характеристик складає 60 с. Температура продуктів згорання – приблизно 2000 °С.

При визначенні впливу на навколишнє середовище, виділених при згорянні компонентів, можна зневажати водяною парою, воднем, азотом, як складовими атмосферного повітря.

У якості токсичних речовин, які будуть виділятися в атмосферу, обрані водень хлористий HCl , хлорид алюмінію $AlCl_3$, оксид алюмінію Al_2O_3 , діоксид вуглецю CO_2 .

В результаті пожежі можливе короткочасне наднормативне забруднення повітря, при цьому зона забруднення територій димовою хмарою, що утвориться, обумовлена кліматичними факторами (погодні умови, наявність вітру, опадів) та масою забруднюючих речовин, що викидаються.

Аналіз можливого вибуху сховища зберігання СКД як результату диверсії

Розглянута аварійна ситуація вибуху сховища СКД, яка тягне за собою найбільш значні збитки, як матеріальним цінностям, життю людей, так і навколишньому середовищу в цілому. При виникненні вибуху утворюються наступні продукти згоряння ТРП, кількісний та якісний склад яких наведений в табл. 2.

Для оцінки масштабів наслідків аварійної ситуації на СКД, де зберігається 800т ТРП, виконано розрахунок параметрів вибуху (табл. 3).

Таким чином, зона небезпечного впливу в результаті техногенної аварії буде складати близько 350км.

Розглянемо можливі наслідки вибуху цього сховища (табл. 4). Отже, найбільшої поразки зазнають мешканці населених пунктів, що знаходяться в радіусі дії близько 150 км від місця вибуху ДП НВО «Павлоградський хімічний завод».

Таблиця 2

Розрахунковий склад продуктів згорання ТРП СКД

Продукти згорання	Вміст палива, г/кг	Кількість продуктів при згоранні		
		400т палива, т	500т палива, т	800т палива, т
Оксид алюмінію Al_2O_3 ($M=102$ г/моль)	386,58	154,63	193,29	309,26
Водень хлористий HCl ($M=36$ г/моль)	70,56	28,22	35,28	56,45
Діоксид вуглецю CO_2 ($M=44$ г/моль)	388,08	155,23	194,04	310,46
Вода H_2O ($M=18$ г/моль)	259,02	103,61	129,51	207,22
Азот N_2 ($M=28$ г/моль)	146,16	58,46	73,08	116,93
Хлорид алюмінію $AlCl_3$ ($M=135$ г/моль)	87,75	34,32	42,9	68,64
Водень H_2 ($M=2$ г/моль)	1,95	0,78	0,98	1,56

Таблиця 3

Результати розрахунку параметрів вибуху

Маса палива m , т	Теплота розкладання вибухової речовини Q , кДж/моль	Відстань до епіцентру вибуху R , км	Коефіцієнт руйнування K	Надлишковий тиск фронту вибухової хвилі P , кПа
800	1709,3	20	8,7	534,4
		50	17,5	486,3
		100	35	390,1
		150	52,3	294
		200	70	197,7
		250	87,5	101,5
		300	104,9	5,32
		350	122,4	-90,9

Таблиця 4

Оцінка наслідків впливу вибухової хвилі на будівлі та стан людей

Відстань, км	Населені пункти, які зазнають ушкоджень	Кількість населення, що потерпає, чол.	Характеристика пошкодження будівель	Характеристика впливу вибухової хвилі на стан людей
1	2	3	4	5
25	м. Павлоград,	112000	Будинки одержують важкі ушкодження й підлягають зносу	Люди зазнають смертельної поразки, нерідко супроводжуваної відривом частин тіла
	м. Тернівка	29442		
	с. Межиріч	1578		
	с. Вербки	1359		
50	м. Новомосковськ	73100	Будинки одержують середні ушкодження, можливе відновлення	
	сmt. Синельникове	31900		
	сmt. Першотравенськ	29734		

Закінчення табл.4

Відстань, км	Населені пункти, які зазнають ушкоджень	Кількість населення, що потерпає, чол.	Характеристика пошкодження будівель	Характеристика впливу вибухової хвилі на стан людей
1	2	3	4	5
100	м. Дніпропетровськ	1019074	У будинках спостерігається руйнування 90 % стекол та ушкодження самих нестійких конструкцій	Люди зазнають смертельної поразки, нерідко супроводжуваної відривом частин тіла
	м. Дніпродзержинськ	278000		
	м. Красноармійськ	67800		
	м. Запоріжжя	781600		
150	м. Полтава	301398		
	м. Донецьк	990773		
	м. Нікополь	127336		
200	м. Кривий Ріг	684693	У будинках спостерігається руйнування 50 % стекол	Українці важкі поразки, нерідко зі смертельним результатом
	м. Кременчук	228566		
	м. Харків	1455204		
	м. Мелітополь	158400		
250	м. Олександрія	92638	У будинках спостерігається руйнування не більше 10 % стекол	
	м. Охтирка	49721		
	м. Алчевськ	114700		
	м. Маріуполь	501539		
	м. Бердянськ	122000		
300	м. Кіровоград	258543	Будівлі ніяких ушкоджень не зазнають	Максимальний вплив такого вибуху на людину може виражатися у вигляді шоку або переляку від несподіваного вибуху, синців
	м. Світловодськ	49938		
	м. Лубни	48726		
	м. Суми	276544		
	м. Луганськ	476700		
	м. Генічеськ	21633		
	м. Каховка	37892		
350	м. Херсон	350700	Будівлі ніяких ушкоджень не зазнають	Люди ніякого впливу не зазнають
	м. Миколаїв	506381		
	м. Черкаси	290930		

Висновки та рекомендації

Основними аварійними ситуаціями на ДП НВО «Павлоградський хімічний завод» може статися у двох випадках:

- у разі загоряння СКД без переходу в детонацію та вибух в процесі гідророзмиву і під час зберігання СКД в сховищах;
- у разі вибуху одного зі сховищ зберігання ТРП у випадку диверсії або терористичного акту.

В результаті загоряння одного із СКД в атмосферне повітря у складі димових газів

потраплять CO_2 , HCl , Al_2O_3 , H_2 , N_2 , $AlCl_3$, H_2O , серед яких токсичними речовинами є водень хлористий, хлорид алюмінію, оксид алюмінію та діоксид вуглецю.

При пожежі можливе короточасне наднормативне забруднення повітря, при цьому зона забруднення територій димовою хмарою, що утвориться, обумовлена кліматичними факторами (погодні умови, наявність вітру, опадів) та масою забруднюючих речовин, що викидаються.

У разі вибуху хоча б одного зі сховищ зберігання ТРП при диверсії або терорис-

тичному акті може статися екологічна катастрофа міжнародного масштабу.

За результатами розрахунків значні збитки навколишньому середовищу, матеріальним цінностям та життю людей у випадку диверсії будуть спостерігатися на відстані до 300 км, але враховуючи інші СКД (маса ТРП 4 тис. т) на шляху ударної хвилі, а також промоб'єкти та інфраструктуру, то масштаб катастрофи буде значно більшим.

Під вплив ударної хвилі потрапляють такі населені пункти, як міста Павлоград, Красноград, Новомосковськ, Дніпропетровськ, Дніпродзержинськ, Красноармійськ, Запоріжжя, Полтава, Донецьк, Кривий Ріг, Мелітополь, Харків, Олександрія, Бердянськ, Кіровоград, Суми, Луганськ, Таганрог (Росія) та ін. В такому разі зазнають ризику смертельної поразки понад 6,5 млн. осіб, а загальна кількість населення, яке постраждає від теракту чи диверсії буде складати близько 9 млн. осіб.

Таким чином, необхідно усвідомити значимість і важливість даної проблеми та прийняти всі необхідні заходи для виконання Державної Програми утилізації ТРП МБР РС-22. Масштабність можливої екологічної катастрофи свідчить про те, що цю проблему необхідно вирішувати на міждержавному рівні. Складнощі у вирішенні цієї проблеми пов'язані насамперед з недостатністю фінансування з боку держави. Разом з тим, не визначені обов'язки юридичних осіб, а також порядок і джерело фінансування заходів із забезпечення екологічної безпеки й моніторингу виробництв, що здійснюють ліквідацію ракетних двигунів.

Библиографический список

1. 70 лет ПО «Павлоградский химический завод» [Текст]. – Павлоград, 1999.
2. Аксенева, С. О. Время работает против нас [Текст] / С. О. Аксенева. // Химик. – 2009. – № 7. – С.1-2.
3. История предприятия [Електр. ресурс]. Режим доступу: <http://www.intalev.ua/index.php?id=4559>.
4. Методика расчета параметров взрыва [текст] / Госкомгидромет. – Л.: Госкомгидромет, 1988. –24 с.
5. Прес-реліз щодо наслідків, що можуть виникнути у разі зупинки або недостатнього фінансування робіт за «Програмою утилізації ТРП від МБР РС-22» [Електр. ресурс]. Режим доступу: <http://allmedia.dp.ua/49-pres-reliz-shhodo-naslidkiv-shho-mozhut-viniknuti.html>.

Ключові слова: тверде ракетне паливо, вибух, пожежа, техногенна небезпека, терористичний акт, продукти згорання.

Ключевые слова: твердое ракетное топливо, пожар, техногенная опасность, террористический акт, продукты сгорания.

Key words: solid missile fuel, fire, technogene danger, terrorist act, products of inflammation.

Надійшла до редколегії 22.09.2011.

Прийнята до друку 26.09.2011.