

УДК 504.064

Л.Л. МИХАЛЬСЬКА, к.т.н., генеральний директор, Е.Ю. ПРОХАЧ, д.т.н., професор, заступник генерального директора  
ЗАТ «Харківський науковий центр військової екології»

Я.І. ПИЖИНСЬКИЙ, голова правління  
ТОВ «Продмаш», м. Мелітополь

## ВИКОРИСТАННЯ ВІЙСЬКОВИХ АГРЕГАТИВ НЕЙТРАЛІЗАЦІЇ ДЛЯ ЗНЕШКОДЖЕННЯ НЕПРИДАТНИХ ПЕСТИЦИДІВ\*

Визначено речовини, що утворюються при високотемпературному спалюванні пестицидів різних класів. Наведено результати натурних випробувань військових агрегатів нейтралізації для спалювання хлорвмістких пестицидів. Обґрунтована можливість використання агрегатів нейтралізації, які застосовувались у ракетних військах стратегічного призначення для нейтралізації пари та розчинів компонентів ракетного палива, для знешкодження непридатних до використання пестицидів.

**військові агрегати нейтралізації, пестициди, знешкодження**

За останні десятиліття в Україні накопичена значна кількість пестицидів, які непридатні до використання за прямим призначенням. За даними різних джерел, кількість непридатних пестицидів складає в Україні від 10,7 до 20–25 тис. т. Така розбіжність в оцінках пояснюється перш за все недосконалістю обліку цих небезпечних відходів та контролю умов їхнього зберігання, а також часто відсутністю власника.

Значне накопичення пестицидів, незадовільний та безконтрольний стан складських приміщень, який ще погіршився зі зміною форм власності, призводять не тільки до забруднення довкілля, але також є «міною уповільненої дії» через їхній поступовий розклад з часом при нормальних температурах, розповсюдження пилу пестицидів під дією повітряних потоків, а також можливість виникнення пожеж і, як наслідок, забруднення повітря токсичними речовинами.

### 1 ОСНОВНІ КЛАСИ ПЕСТИЦИДІВ

У сільському господарстві застосовувалась широка гама різних засобів захисту рослин (пестицидів): інсектициди і акарициди, фунгіциди, препарати для протруєння насіння, гербіциди, десиканти, регулятори росту рослин, препарати для боротьби зі шкідниками [1].

До пестицидів можна віднести речовини, що належать до різних класів хімічних сполук: хлорорганічні – галоїдпохідні аліциклічні вуглеводні, галоїдпохідні ароматичні вуглеводні, галоїдпохідні вуглеводні аліфатичного ряду, альдегіди, кетони, фосфорорганічні, ртутьорганічні, похідні

карбамінової, тіо- та дитіокарбамінової, оцтової і масляної кислот, похідні роданистоводневої кислоти, препарати міді, сірки, синтетичні перетроїди, органічні металовмісні сполуки. Промисловість випускала пестициди різного агрегатного стану: кристалічний порошок, пасту, водяні та масляні суспензії та емульсії, гранули, розчини.

### 2 СВІТОВІ ТЕНДЕНЦІЇ ЩОДО ЗНИЩЕННЯ ТОКСИЧНИХ ВІДХОДІВ

Загальноприйнятим і найбільш поширеним у світі засобом знешкодження і ліквідації непридатних пестицидів є їхнє спалювання в установках, які забезпечують високотемпературний режим процесу окиснення і термічного розкладу. Метод полягає у тому, що при згорянні органічних речовин утворюються простіші термодинамічні газоподібні продукти. Такий метод очищення непридатних пестицидів виявляється ефективним, що підтверджується стандартами поводження з небезпечними відходами, прийнятими Агентством з охорони навколишнього природного середовища США [2] та рекомендаціями Королівської комісії з охорони навколишнього середовища Великобританії [3]. Перевагою цього методу є те, що не забруднюються ґрунт і ґрунтові води.

Дані стосовно методів високотемпературного спалювання наведені у [4–11]. Вважається, що умовами безпечного для довкілля спалювання непридатних пестицидів є температура, не нижча за 1100 °С, і час для повного руйнування діоксинів – не менший за 2 с. Стверджується [12],

\* Редакція не поділяє деяких положень цієї статті та публікує її для дискусійного обговорення.



що при 800 °С деструкція найбільш небезпечного ізомеру досягає 99,5 % і, таким чином, при температурі спалювання 1100 °С та в гарячій зоні не менш ніж 2 с можна практично повністю запобігти викидам діоксинів у навколишнє природне середовище.

При цьому в установці для спалювання необхідно забезпечити високу турбулентність газових струменів для сприяння кращому перемішуванню речовин, які реагують з киснем повітря, і відсутність значних температурних градієнтів у зоні горіння. Чим вища турбулентність, тим повніше здійснюється окиснення і тим менша ймовірність утворення небажаних побічних продуктів. Для запобігання піролізу, тобто термічних перетворень матеріалу в умовах нестачі кисню, що часто призводить до утворення небажаних побічних продуктів, потрібен 100 %-й надлишок кисню відносно теоретично необхідного. Якщо умови спалювання далекі від оптимальних (недостатні температура і час перебування в гарячій зоні), то можливе утворення побічних продуктів окиснення, іноді більш токсичних, ніж вхідні матеріали. Найбільш небезпечними побічними продуктами згоряння є поліхлоровані п-діоксини і дібензо-п-фурани.

Якщо матеріали, які спалюються, мають у своєму складі азот, фосфор, сірку або хлор, то продукти повного згоряння будуть містити в собі елементарний азот, оксиди фосфору, сірки, хлористий водень. Перед остаточним викидом в атмосферу відсоток цих речовин у відповідних

газах слід знизити до безпечного рівня за допомогою систем очищення.

Останнім часом дослідники схиляються до необхідності підтримання температури термічного розкладу пестицидів у межах 1300–1400 °С і часу перебування в камері – не менше 7 с. Сучасний мобільний агрегат термічного розкладу токсичних речовин ANDERSEN 2000 для нейтралізації ракетної техніки виконано у двокамерному варіанті, що дозволяє суттєво збільшити час перебування знешкоджуваних речовин у камері згоряння.

### 3 ВІЙСЬКОВІ АГРЕГАТИ НЕЙТРАЛІЗАЦІЇ

Військові агрегати нейтралізації типу 11Г426, 11Г427 призначені для знешкодження пари та розчинів компонентів ракетного палива методом термічного розкладу (спалювання). Агрегати пересувні на базі причепа МАЗ-5224В. Кузов поділено перегородками на пультову, технологічний і кабельні відсіки. В технологічному відсіку розміщені камери нейтралізації та викиду.

Принципова пневмогідролічна схема агрегату представлена на рис. 1.

Водяні розчини токсичних речовин подаються в камеру нейтралізації відцентровим або струминним насосом агрегату. Запуск камери відбувається в автоматичному режимі. Через систему регулюючих вентилів і

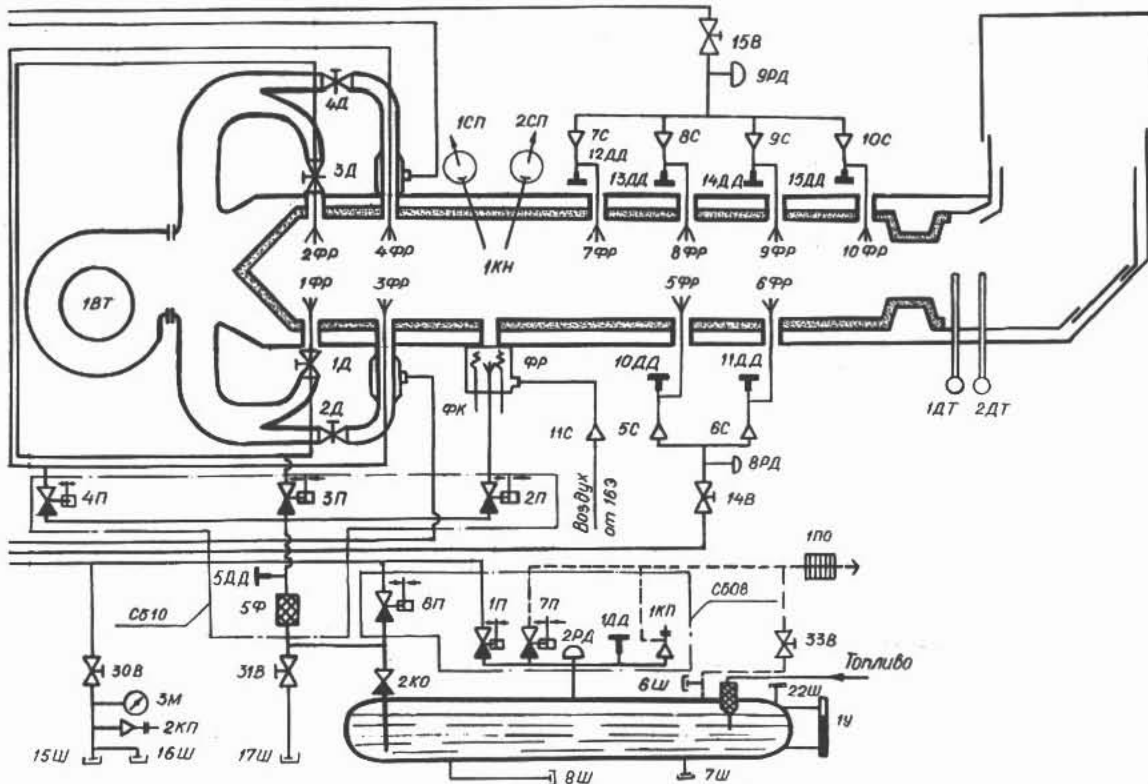


Рисунок 1 – Пневмогідролічна схема агрегату нейтралізації

чотири радіально розташовані форсунки паливо під тиском подається в камеру. Тангенціально стосовно паливних форсунок розміщені чотири форсунки подачі повітря, що збільшує час перебування пари або розчинів компонентів ракетного палива (КРП), які подаються на знешкодження, у зоні високої температури. На виході з камери нейтралізації встановлено дві термопари.

Після включення камери насос заповнюють водою. Камеру прогрівають протягом 15 хв, після прогріву переходять до нейтралізації розчинів. Розчини надходять через форсунки у камеру нейтралізації, де відбувається їхнє термічне розкладання.

Необхідна температура в камері забезпечується вибором відповідного коефіцієнта надлишку окиснювача. Передбачена конструкцією агрегату система регулювання дозволяє змінювати температуру в широкому діапазоні.

Отже, принцип дії, конструкція і параметри військових агрегатів нейтралізації відповідають вимогам до установок високотемпературного спалювання пестицидів, викладеним у розділі 2.

#### 4 НАТУРНІ ВИПРОБОВУВАННЯ АГРЕГАТІВ НЕЙТРАЛІЗАЦІЇ З МЕТОЮ ОЦІНКИ МОЖЛИВОСТІ ЗНЕШКОДЖЕННЯ НЕПРИДАТНИХ ПЕСТИЦИДІВ

Розглянемо організацію експерименту на прикладі спалювання хлорорганічних пестицидів (ДДТ). ДДТ (1,1-ди-(4-хлорфеніл)-2,2,2-трихлоретан – кристалічна речовина білого кольору з температурою плавлення 108,5–109,0 °С) випускався в різних формах: у вигляді дустів, концентратів емульсії, масляних розчинів, порошків. З 1970 р. заборонений для використання у зв'язку з його високою токсичністю.

До складу експериментальної установки (рис. 2) входять агрегат 11Г426, ємність Е1, де готувалась суспензія пестициду, фільтр грубої очистки Ф1, фільтр тонкої очистки Ф2 та ємність Е2 з робочим розчином, який подавався на спалювання. Необхідний тиск рідини на вході в агрегат забезпечувався подачею стисненого повітря від ресивера агрегату 15Г84 до ємності Е2.

Вміст готової форми пестициду в розчині складав 6 %, вміст активної речовини – 3,06 %. Протягом 10 хв здійснювалось прогрівання камери нейтралізації. При температурі в камері 1000 °С починали подачу робочої суспензії ДДТ методом видавлювання через форсунку в камеру. Загальний час проведення експерименту склав 43 хв, загальна маса спаленого ДДТ – 12 кг. У результаті повного згоряння пестициду утворюється вуглекислий газ, хлористий водень і вода відповідно до рівняння реакції

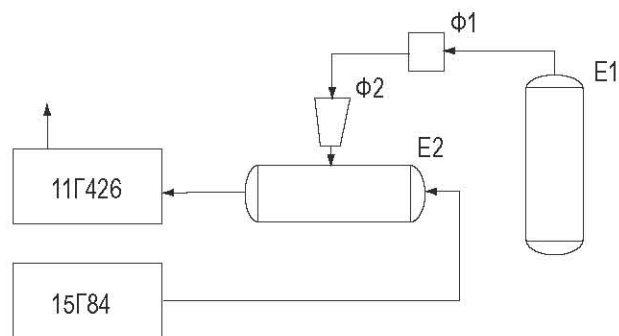


Рисунок 2 – Блок-схема експериментальної установки

Крім того, при неповному згорянні ДДТ завдяки термічному розкладу можуть також утворюватись хлорбензол, монооксид вуглецю, фосген, ДДЄ [13]. Для визначення концентрації забруднюючих речовин у викидах застосовано метод хромато-мас-спектрометрії, який дозволяє проводити групову ідентифікацію та розшифрувати склад летких сумішей речовин. Як свідчать результати аналізів, при вибраному режимі роботи агрегату нейтралізації відбувається повне згоряння пестициду. ДДТ, ДДЄ та фосген у викидах відсутні. Небезпеку становить наявність у викидах хлористого водню, вміст якого перевищує гранично допустиму концентрацію більш ніж у 500 разів.

#### 5 ЗАПРОПОНОВАНИЙ МОБІЛЬНИЙ КОМПЛЕКС

На основі аналізу сучасних методів ліквідації токсичних відходів та результатів випробувань агрегатів, проведених Харківським науковим центром військової екології, ТОВ «Продмаш», колишнім виготовлювачем агрегатів нейтралізації компонентів ракетного палива типу 11Г426, 11Г427, запропоновано мобільний комплекс знешкодження непридатних пестицидів, створений на основі військового агрегату нейтралізації. Мобільний комплекс складається з камерної печі і модульного агрегату. На стадії підготовки розчинів пестицидів до спалювання передбачена система грубого та тонкого фільтрування інертного наповнювача. Модульний агрегат буде оснащений багатоступеневою системою очистки газів, що утворюються після спалювання пестицидів, від хлористого водню та залишку солей. Крім того, конструкція агрегату передбачає за необхідності можливість очистки газових викидів від арсену та ртуті. Таким чином запропонована технологія знешкодження пестицидів після дооснащення її багатоступеневою системою очистки може вважатись екологічно чистою. Безперечною позитивною якістю запропонованого комплексу є його мобільність, а також те, що він створюється на основі вже існуючого агрегату, який виготовлявся ТОВ «Продмаш».



## ВИСНОВКИ

1. Високий ризик, пов'язаний з величезною кількістю накопичених непридатних пестицидів, зумовлює необхідність розробки засобів їхнього знешкодження, бажано безпосередньо в місцях їх зберігання.

2. Найбільш поширеним у світі засобом знешкодження і ліквідації непридатних пестицидів є їхнє спалювання в установках, що забезпечують високотемпературний режим процесу окиснення і термічного розкладу. Агрегати нейтралізації компонентів ракетного палива за принципом дії в основному відповідають вимогам до установок, призначених для знешкодження непридатних пестицидів.

3. На основі аналізу сучасних методів ліквідації токсичних відходів та результатів випробувань агрегатів, проведених Харківським науковим центром військової екології, ТОВ «Продмаш» запропонувало мобільний комплекс знешкодження непридатних пестицидів, створений на базі військового агрегату нейтралізації компонентів ракетного палива типу 11Г427. Запропонована технологія знешкодження пестицидів після дооснащення її багатоступеневою системою очистки може вважатися екологічно чистою.

4. Остаточний висновок щодо можливості використання агрегатів для знешкодження непридатних пестицидів повинен бути наданий за результатами натурних експериментів.

## БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Справочник по пестицидам: Гигиена применения и токсикология / Сост. Л.К. Седокур. – М.: Урожай, 1986. – 234 с.
2. **Freed, V.N.** Disposal and Management of Pesticide Waste and Containers. The Safe Disposal of Hazardous Wastes: The Special Needs and Problems of Developing Countries / Ed by R. Batstone, J.E. Smith, D. Wilson (World Bank Technical Paper, 0253-7499; № 93). – Washington: The World Bank, 1989. – P. 589–605.
3. Royal Commissions on Environmental Pollution: Eleventh Report – London, Her Majesty's Stationary Office, 1985. – 54 p.

Определены вещества, образующиеся при высокотемпературном сжигании пестицидов разных классов. Приведены результаты натурных испытаний войсковых агрегатов нейтрализации для сжигания хлорсодержащих пестицидов. Обоснована возможность использования штатных агрегатов нейтрализации, которые применялись в ракетных войсках стратегического назначения с целью нейтрализации пара и растворов компонентов ракетного топлива, для уничтожения пестицидов, непригодных к использованию.

4. **Дмитриев, В.И.** Экологическая безопасность огневого обезвреживания хлорорганических отходов [Текст] / В.И. Дмитриев, В.Г. Овчинников, А.С. Ромашев и др. // Химическая промышленность. – 1988. – № 3. – С. 17–19.
5. **Глуховский, И.В.** Современные методы обезвреживания, утилизации и захоронения токсичных отходов промышленности: учебное пособие [Текст] / И.В. Глуховский, В.В. Глуховский, В.М. Овруцкий и др. – Минэкобезопасности Украины, Государственный институт повышения квалификации. – К.: ГИПК, 1996. – 100 с.
6. **Федорченко, В.С.** Утилизация пестицидов [Текст] / В.С. Федорченко, Г.П. Марченко, В.П. Шкурпело, М.С. Заслав // Защита растений. – 1992. – № 8. – С.20–21.
7. Hazardous Waste Incineration: Questions and Answers (EPA/530-SW-88-018). – Washington: Office of Solid Waste, 1988. – 53 p.
8. **Мальцева, А.С.** Огневое обезвреживание отходов хлорорганических производств [Текст] / А.С. Мальцева, Ю.Е. Фролов, А.И. Розловский // Ж. Всес. хим. общества им. Д.И. Менделеева. – 1982. – Т. 27. – № 1. – С.67–72.
9. **Дмитриев, В.И.** Методы обезвреживания хлорорганических отходов [Текст] / В.И. Дмитриев // Ж. Всес. хим. общества им. Д.И. Менделеева. – 1988. – Т. 33. – № 5. – С. 586–588.
10. **Мальцева, А.С.** Стационарное сгорание смесей, содержащих хлоралканы [Текст] / А.С. Мальцева, Ю.Е. Фролов, Н.Н. Жаров, А.И. Розловский // Химическая промышленность. – 1984. – № 1. – С. 19–21.
11. Council Directive 94/67/EC of 16 December 1994 on the incineration of hazardous waste. Official J. Eur. Commun. – 1994. – № L365. – P. 34–35.
12. **Винг Цанг.** Распад и образование диоксинов при горении отходов [Текст] / Цанг Винг // Хим.-физ. – 1994. – Т. 13. – № 2. – С. 17–33.
13. **Прохач, Е.Ю.** Аналіз вмісту викидів при пожежі на складах зберігання пестицидів [Текст] / Е.Ю. Прохач, Л.Л. Михальська, С.В. Ромась // Проблеми пожежної безпеки: зб. наук. пр. Вип. 17. – Харків : АЦЗУ, 2005. – С. 157–163.

*Поступила в редакцию 22.05.07 г.*

Matters appearing at high-temperature incineration of pesticides of different classes are determined. Results of model tests of military neutralization aggregates for incineration of chlorine-containing pesticides are presented. We grounded the opportunity of applying regular neutralization aggregates, which were used in rocket forces of strategic purpose for neutralization of fumes and solutions of components of rocket fuel, for neutralization of useless pesticides.