

УДК 614.8  
№ держреєстрації 0111U002448  
Інв. №

Міністерство надзвичайних ситуацій України  
Національний університет цивільного захисту України  
61023, м. Харків, вул. Чернишевська, 94,  
тел. (0572) 707-34-69

ЗАТВЕРДЖУЮ  
Ректор НУЦЗ України  
канд. психол. наук, професор  
В.П. Садковий  
“ \_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2011 р.

ЗВІТ  
ПРО НАУКОВО-ДОСЛІДНУ РОБОТУ

РОЗРОБКА ДОСЛІДНОГО ЗРАЗКУ ДЛЯ ОПЕРАТИВНОГО ВІДНОВЛЕННЯ  
ГЕРМЕТИЧНОСТІ ПОШКОДЖЕНИХ ЄМКІСНИХ АПАРАТІВ

Проректор НУЦЗ України з  
наукової роботи  
доктор технічних наук, професор

В.А. Андронов

Керівник НДР  
доцент кафедри пожежної тактики  
та аварійно-рятувальних робіт,  
канд. техн. наук, доцент

В.В. Тригуб

2011  
Рукопис закінчено 21 листопада 2011 року

## СПИСОК ВИКОНАВЦІВ

Керівник НДР

доцент кафедри пожежної тактики та аварійно-рятувальних робіт,  
канд. техн. наук, доцент

В.В. Тригуб  
(передмова, вступ, розділ 1, 4)

Відповідний виконавець:

доцент кафедри пожежної тактики та аварійно-рятувальних робіт,  
канд. техн. наук, доцент

В.Г. Аветісян  
(розділ 2, 3, висновки)

Виконавці:

Викладач кафедри пожежної тактики та аварійно-рятувальних робіт

Ю.О. Куліш  
(розділ 4)

Викладач кафедри пожежної тактики та аварійно-рятувальних робіт

В.В. Бондар  
(розділ 1)

Заступник начальника кафедри пожежної тактики та аварійно-рятувальних робіт  
канд. техн. наук

А.А. Лісняк  
(розділ 3)

Викладач кафедри пожежної тактики та аварійно-рятувальних робіт

В.О. Собина  
(розділ 2)

## РЕФЕРАТ

Звіт про НДР: 93 арк., 12 мал., 18 табл., 23 джерел.

ОБ'ЄКТ ДОСЛІДЖЕННЯ – організація дій рятувальних підрозділів при ліквідації аварій на хімічно-небезпечних об'єктах.

МЕТА РОБОТИ – розробка дослідного зразку та рекомендацій щодо його використання для оперативного відновлення герметичності пошкоджених ємкісних апаратів при проведенні аварійно-рятувальних робіт.

МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ – теоретичні та експериментальні дослідження та систематизація теоретичних відомостей та положень щодо організації ліквідації аварій на хімічно-небезпечних об'єктах.

У результаті виконання науково-дослідної роботи отримані: дослідний зразок пристрою для оперативного відновлення герметичності пошкоджених ємкісних апаратів; рекомендації щодо його використання при проведенні аварійно-рятувальних робіт на хімічно-небезпечних об'єктах.

Використання результатів роботи дозволить підвищити ефективність ліквідації надзвичайних ситуацій на хімічно-небезпечних об'єктах.

Результати НДР використані підрозділами МНС України при ліквідації хімічних аварій, а також у навчальному процесі НУЦЗ України.

Ключові слова: надзвичайна ситуація, хімічна аварія, відновлення герметичності, організація аварійно-рятувальних робіт.

## ЗМІСТ

ВСТУП	5
РОЗДІЛ 1 Аналіз хімічної небезпеки об'єктів в Україні.	7
1.1. Аналіз розподілу кількості об'єктів з наявністю НХР в Україні.	7
1.2. Аналіз якісного та кількісного складу НХР, які обертаються в Україні.	8
1.3. Аналіз позитивного досвіду та державні заходи щодо організації хімічного виробництва.	10
1.4. Аналіз впливу хімічних підприємств на сучасну екологічну ситуацію в Україні.	15
1.5. Висновки.	24
РОЗДІЛ 2 Аналіз поширення НХР при виникненні аварій	28
2.1. Класифікація аварій на об'єктах з наявністю НХР.	28
2.2. Показники НХР, які характеризують їх вплив на людину та навколишнє середовище	30
2.3. Динаміка розвитку хімічних аварій.	34
2.4. Прогнозування обстановки при виникненні хімічних аварій та пожеж НХР.	39
РОЗДІЛ 3 Аналіз організації аварійно-рятувальних робіт на об'єктах з наявністю НХР	54
3.1. Аналіз змісту оперативних дій.	54
3.2. Організація та виконання дегазації та санітарної обробки.	61
3.3. Засоби захисту при ліквідації аварій.	67
3.4. Висновки	78
РОЗДІЛ 4 Аналіз шляхів підвищення ефективності оперативних дій	80
4.1. Вихідні дані	80
4.2. Обґрунтування та розробка дослідного зразка пристрою для оперативного відновлення герметичності ємності з НХР (ПОВГ)	83
4.3. Тактичні аспекти використання ПОВГ	85
4.4. Випробування ПОВГ та аналіз їх результатів	87
4.5. Висновки	88
ВИСНОВКИ	90
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ	92

## ВСТУП

На сьогоднішній день питання удосконалення організації та виконання оперативних дій з ліквідації хімічних аварій та пожеж є вкрай актуальним. Досвід країн Європи та світу останніх років свідчить про підвищення інтенсивності та масштабності подій за участю небезпечних хімічних речовин (НХР). На території України перевезення небезпечних хімічних речовин здійснюється переважно залізничним транспортом з використанням цистерн, різноманітних контейнерів, балонів та інших ємкісних апаратів. Пошкодження або їх руйнування викликає потрапляння речовини у навколишнє природне середовище, що приводить до утворення зон забруднення, ураження людей, тварин, виникнення пожеж.

Типовий приклад виникнення такої аварії є аварія, що сталась 16 липня 2007 року неподалік сел. Ожидів Львівської області, коли внаслідок сходження з рейок потягу перекинулись 15 залізничних цистерн із жовтим фосфором, 6 з яких внаслідок розгерметизації загорілись. Внаслідок аварії за різними оцінками у навколишнє середовище потрапило до 300 тон небезпечних сполук [1].

На залізничній станції Основа у Харкові 26 липня 2007 року була виявлена залізнична цистерна із соляною кислотою, що мала тріщину довжиною приблизно 0,5 м, з якої витікала кислота із швидкістю  $5 \text{ л} \cdot \text{с}^{-1}$  [2]. Не дивлячись на порівняно невеликі розміри пошкодження, наявні технічні засоби не дозволили підрозділам МНС ліквідувати протікання. У результаті цистерну змушені були відігнати для проведення подальших робіт за межі міста.

Аналіз наведених прикладів свідчить, що для забезпечення швидкої ліквідації аварійної ситуації необхідно: зосередження великої кількості особового складу у безпосередній близькості від джерела виходу НХР для її герметизації та осадження; наявність складного обладнання, яке повинно містити джерело високого тиску шлангові та ремінні системи; наявність індивідуальних засобів захисту, що відповідають ситуації. Все це робить процес ліквіда-

ції аварії тривалим та небезпечним. Проте, оперативність відновлення герметичності апарату є вирішальним фактором, що впливає на ефективність дій з створення умов локалізації зон хімічного зараження та ліквідації розповсюдження пожежі.

В даний час з 10 млн. хімічних сполук, застосовуваних у промисловості сільському господарстві і побуті, більше 500 високотоксичні і небезпечні для людини.

Великі запаси отруйних речовин розташовані на підприємствах хімічної, целюлозно-паперової, оборонної, нафтопереробної і нафтохімічної промисловості, чорної і кольорової металургії, промисловості, що випускає добрива.

Значні запаси НХР зосереджені також на об'єктах харчової, м'ясо-молочної промисловості, холодильниках продовольчих баз, житлово-комунальному господарстві.

Аналіз літературних джерел свідчить, що питанню удосконалення та розробки технічних засобів для оперативної ліквідації пошкоджень залізничних цистерн та інших ємкісних апаратів на сьогоднішній день приділяється недостатньо уваги.

## РОЗДІЛ 1

### АНАЛІЗ ХІМІЧНОЇ НЕБЕЗПЕКИ ОБ'ЄКТІВ В УКРАЇНІ

#### 1.1. Аналіз розподілу кількості об'єктів з наявністю НХР в Україні.

Хімічна безпека в Україні пов'язана із наявністю об'єктів, що використовують хімічні речовини із забрудненням довкілля та утворенням відходів. У 2011 році у промисловому комплексі України функціонувало близько 1,3 тис. об'єктів, на яких зберігається або використовується у виробничій діяльності більше 440 тис. т небезпечних хімічних речовин, у тому числі: більше 8 тис. т хлору, 214 тис. т аміаку та близько 220 тис. т інших небезпечних речовин.

За ступенями хімічної безпеки ці об'єкти розподілені на:

I ступеня хімічної безпеки - 85 об'єктів (у зонах можливого хімічного зараження від кожного з них мешкає більше 3,0 тис. осіб);

II ступеня хімічної безпеки - 183 об'єкти (від 0,3 до 3,0 тис. осіб);

III ступеня хімічної безпеки - 249 об'єктів (від 0,1 до 0,3 тис. осіб.);

IV ступеня хімічної безпеки - 775 об'єктів (менше 0,1 тис. осіб).

Усього в зонах можливого хімічного зараження мешкає понад 12,0 млн. осіб (близько 26% населення країни). Найбільша кількість хімічно небезпечних об'єктів зосереджена у східних областях України, а саме у:

Донецькій області - 183;

Дніпропетровській області - 122;

Луганській області - 104;

Харківській області - 103.

Особливу безпеку для населення і навколишнього природного середовища становлять аміакопроводи, хімічне виробництво, відстійники, сховища небезпечних речовин тощо. Абсолютна більшість підприємств усіх галузей промисловості працює на морально застарілому обладнанні, споживаючи велику кількість природних ресурсів, у тому числі мінеральної сировини, виробництво супроводжується утворенням великої кількості відходів і

побічних продуктів, які не утилізуються і складуються у підвалах, сховищах. У середньому із 100 % хімічної сировини, яка переробляється, у готову продукцію перетворюється лише близько 30 - 40 відсотків.

## **1.2. Аналіз якісного та кількісного складу НХР, які обертаються в Україні.**

Найбільш поширеними шкідливими сильнотоксичними отруйними речовинами на підприємствах хімічної промисловості є аміак, хлор, двоокис азоту, акрилонітрил, сірковий ангідрид, концентрована азотна та сірчана кислоти, фосген, метанол, бензол, карбамідо - аміачні суміші, їдкий натрій, формалін тощо.

Сучасна екологічна ситуація, особливо у промислових районах і центрах, для яких характерна надмірна концентрація підприємств важкої індустрії є складною. Зростання економічної активності цих галузей при експлуатації старого енергоємного обладнання, недостатньому поновлюванні обладнання природоохоронного призначення та недостатньому оснащенні очисними спорудами призводить до погіршення стану навколишнього природного середовища.

Близько 15% території України з населенням понад 10 млн. осіб перебуває у критичному екологічному стані.

Найбільш несприятлива екологічна ситуація складалася в регіонах, де гірничо-металургійна і хімічні галузі є домінуючими, а саме: Донецькій, Дніпропетровській, Запорізькій, Луганській та інших областях, містах Донецьк, Дніпропетровськ, Маріуполь, Кривий Ріг, Дніпродзержинськ, Запоріжжя.

За різними показниками, тільки підприємствами гірничо-металургійного комплексу щороку утворюється більше 120 млн. тонн відходів, при цьому доля гірничорудних підприємств складає близько 70%, металургійних - 25%, коксохімічних -3%, феросплавних - 1,5%, трубних та вогнетривких - менше 1%, токсичних відходів (I - III класу небезпеки) - 3 тис.



тонн. Суттєво впливають на навколишнє природне середовище гірничодобувні підприємства, агломераційні фабрики (викиди забруднюючих речовин в атмосферне повітря), відходи видобутку та збагачення (шлами, забруднення навколишнього середовища і тиск на земну поверхню), масові вибухи в кар'єрах (викиди забруднюючих речовин в атмосферне повітря та сейсмічне навантаження), шахтні води (забруднення водних об'єктів).

На підприємствах хімічної промисловості накопичено та використовується близько 210 тис. тонн небезпечних речовин, у тому числі: аміаку -141 тис. тонн, хлору - 2,25 тис. тонн, метанолу -5,0 тис. тонн, сірчаної кислоти - 55 тис. тонн, азотної кислоти - 5,0 тис. тонн, аміачної води -1,5 тис. тонн тощо. У хвостосховищах та шламонакопичувачах підприємств хімічної галузі заскладовано більше 84 млн. куб.м, з них: відходи сірки - 70,6 млн. куб. м, калійних відходів - 13 млн. тонн (тверді - 10 млн. куб. м, рідкі - 3,0 млн. куб. м), гідролізної кислота - 1 млн. куб. м., а також фосфогіпсу - 61,0 млн. тонн, залізного купоросу -1 млн. тонн тощо. Гостро стоїть проблема використання великотоннажних відходів, які залишаються після видобутку і збагачення залізної і калійних руд, сірки, виробництва фосфорних добрив, двоокису титану та інших корисних копалин у гірничо-металургійній та гірничо-хімічній галузях.

Негативний вплив на середовище вимагає від підприємств вкладати кошти у вирішення екологічних проблем та сплачувати платежі за забруднення навколишнього природного середовища. Загальні витрати підприємств гірничо-металургійного комплексу, що пов'язані з екологією за 2009 рік склали більше 2,5 млрд. грн., у тому числі капітальні інвестиції підприємств на охорону навколишнього природного середовища склали більше 700 млн. грн., експлуатаційні витрати - 1600 млн. грн., платежі за забруднення навколишнього природного середовища - 530 млн. гривень.

З метою поліпшення екологічної ситуації в Донецькій, Дніпропетровській, Запорізькій, Луганській та інших областях розроблені і діють регіональні програми щодо оздоровлення екологічної ситуації, зменшення обсягів

викидів, скидів зворотних вод та утворення відходів: Програма виходу з екологічної кризи м. Запоріжжя на період 2001-2010 роки, Програма економічного і соціального розвитку Донецької області, Програма оздоровлення навколишнього середовища міста Маріуполь, Програма поліпшення екологічного стану Дніпропетровської області за рахунок зменшення забруднення довкілля основними підприємствами - забруднювачами на 2006-2015 роки та інші. Підприємства Мінпромполітики приймають участь у зазначених програмах і спрямовують свої зусилля на підвищення рівня екологічної безпеки, зменшення забруднення навколишнього середовища через впровадження заходів з модернізації та реконструкції підприємств, впровадження ресурсозберігаючих, безвідходних технологій, збільшення використання вторинних енергоресурсів та відходів виробництва, як вторинної сировини.

За оперативною інформацією, рівень переробки металургійних шлаків становить 35-40 відсотків, при загальному по Україні 14-15 відсотків. Частка відходів, що утилізуються підприємствами гірничо-металургійного комплексу, досягає в середньому до 31 відсотка.

### **1.3. Аналіз позитивного досвіду та державні заходи щодо організації хімічного виробництва.**

Найбільш успішно переробляються металургійні шлаки та відходи виробництва на ВАТ "Маріупольський металургійний комбінат ім. Ілліча", ВАТ "Металургійний комбінат "Азовсталь". З метою ефективного використання залізовмісних відходів у металургійному виробництві на комбінаті ВАТ "Азовсталь" розроблена і реалізується технологія з використання залізовмісних шлаків. Для цього на комбінаті створена ділянка для витягання шлаків з шламонакопичувача, обезводнення і відвантаження залізовмісних шлаків споживачам. Для зменшення обсягів відходів (шлаків) і часткового використання їх як вторинної сировини на ВАТ "Запорізький завод феросплавів" створено цех з переробки шлаків та дільницю окомкування пилу уловленого газоочисними спорудами. У феросплавному виробництві утилізується

73% твердих відходів. У кольоровій металургії основну масу відходів становлять червоні шлами ВАТ "Миколаївський глиноземний завод", де щороку їх створюється до 900 тис. тонн та ВАТ "Запорізький алюмінієвий виробничий комбінат" до 250 тис. тонн. Загалом в їх накопичувачах знаходиться більш ніж 30 млн. тонн цього продукту. Основними споживачами червоних шламів є металургійна та цементна промисловості.

Позитивним прикладом роботи з відходами гірничодобувної галузі є комплексне використання сировинних ресурсів ВАТ "Полтавський гірничозбагачувальний комбінат". Відходи сухої магнітної сепарації, у кількості 1,5-2,0 млн. тонн на рік, використовуються як будівельний щебінь для виготовлення бетонів, будівництва доріг, фундаментів та тощо і дає значний економічний ефект.

Діючими хімічними підприємствами ВАТ "Рівнеазот", ВАТ "Сумихімпром", ЗАТ "Кримський Титан", ВАТ "Концерн Стирол", ВАТ "ДніпроАзот", ВАТ "Кримський содовий завод", ВАТ "Азот" (м. Черкаси), ВАТ "Одеський припортовий завод", ТОВ "Карпатнафтохім" (м. Калуш), ЗАТ "Сєверодонецьке об'єднання "Азот", ВАТ "Хімволокно" (м. Чернігів), здійснюються необхідні заходи щодо збереження накопичених відходів та вживаються заходи щодо впровадження сучасних технологій їх переробки й утилізації.

Гірничо-хімічними підприємствами Львівської та Івано-Франківської областей за рахунок бюджетного фінансування здійснюються природоохоронні заходи, зокрема, щодо безпечного збереження відходів фосфогіпсу та реалізації відходів сірчаних вапняків на Роздільському ДГХП "Сірка", утилізуються відходи калійних шламонакопичувачів та відстійників на Стебницькому ДГХП "Полімінерал" та ДП "Калійний завод" ВАТ "Оріана", створюються рекреаційні озера на місці гірничих рудників Яворівського ДГХП "Сірка", ДГРП "Подорожненський рудник" та Роздільського ДГХП "Сірка".

Фінансування природоохоронних робіт здійснюється за бюджетною програмою КПКВ 2601100 "Реструктуризація та ліквідація об'єктів підприємств гірничої хімії і здійснення невідкладних природоохоронних заходів у

зоні їх діяльності" за рахунок коштів державного бюджету, згідно із затвердженими Кабінетом Міністрів України комплексними проектами на загальну суму 342,0 млн. гривень. Разом з тим, із значним обмеженням видатків державного бюджету з фінансування зазначених робіт, у 2011 році було виділено лише 12,9 млн. грн. при середньорічній потребі у 57,0 млн. гривень. Через відсутність належного фінансування темпи виконання зазначених робіт були уповільнені, що зумовило підвищення рівня техногенної безпеки у даному регіоні. Так, на території Стебницького ДГХП "Полімінерал" заскладовано біля 12 млн. тонн відходів збагачення калійних руд і 3 млн. куб. м калійно-натрієвих розсолів. Відповідно до комплексного проекту ці відходи мали бути заскладовані в руднику <sup>12</sup> в процесі його рекультивації. У той же час на руднику <sup>12</sup> інтенсивно розвивається соляний карст, який може призвести до виникнення техногенно-екологічної катастрофи в басейні р. Дністер. Питання локалізації соляного карсту, впровадження інших заходів потребує негайного прийняття рішення щодо відновлення фінансування заходів програми у повному обсязі.

Відповідно до розпорядження Кабінету Міністрів України від 3 вересня 2009 р. 1181-р Стебницькому ДГХП "Полімінерал" виділені з резервного фонду держбюджету кошти для здійснення заходів з ліквідації надзвичайної ситуації техногенного характеру, що склалася в зоні соляного карсту в сумі 5805,961 тис. гривень. У 2009 році було використано на ліквідацію карстового провалу та інші заходи, передбачені відповідною технічною та кошторисною документацією, в сумі 3194,26 тис. гривень. На цей час Львівською облдержадміністрацією разом з відповідними міністерствами опрацьовується питання щодо виділення у I кварталі 2010 року, за рахунок резервного фонду держбюджету, коштів у сумі 2611,701 тис. грн., які не були використані у 2009 році.

Особливо складна ситуація склалася на ДП "Калійний завод" ВАТ "Оріана". Підприємство має 3 рудники, що розташовані у приміській зоні м. Калуша, Домбровський кар'єр, два відвали засолених розкривних порід, два

хвостосховища та шламонакопичувач, які знаходяться у аварійному стані, що може спричинити виникнення техногенної і екологічної катастрофи. На цей час ДП "Калійний завод" не займається виробничою діяльністю, а виконує суто природоохоронні заходи з ліквідації рудника "Ново-Голинь" згідно з розпорядженням Кабінету Міністрів України від 19 серпня 2002 року <sup>1485</sup> "Про затвердження плану заходів з ліквідації екологічних наслідків діяльності дочірнього підприємства "Калійний завод" ВАТ "Оріана" на 2003-2012 роки".

У 2009 році розроблено та затверджено проект "Консервація Домбровського кар'єру з рекультивацією давнішніх відвалів <sup>11</sup>, 4 та хвостосховищ <sup>11</sup>, <sup>12</sup>" кошторисною вартістю майже 100 млн. гривень. Реалізація цього проекту дозволить протягом 5 років відновити екологічну рівновагу та забезпечити техногенно-екологічну безпеку в зоні діяльності дочірнього підприємства "Калійний завод" ВАТ "Оріана", але для цього необхідне відповідне фінансування, залучення коштів потенційних інвесторів для відновлення виробництва із впровадженням сучасних енергозберігаючих технологій. Мінпромполітики в межах компетенції разом з Фондом державного майна України та Івано-Франківською облдержадміністрацією вивчалися пропозиції вітчизняних та іноземних потенційних інвесторів з метою реалізації активів ДП "Калійний завод" ВАТ "Оріана".

На підприємствах машинобудівного комплексу, легкої та деревообробної промисловості впроваджуються технології з використанням вторинної сировини і відходів, сепарація та регенерація індустріального мастила і мастильно-охолоджувальної рідини, використання тирси, стружки у будівництві і підсобних господарствах, вторинне використання відходів пластмас тощо.

За рядом тематик діючої Загальнодержавної програми поводження з токсичними відходами підприємствами ВАТ "Чернігівське хімволокно", ВАТ "Лтава" (м. Полтава), виконуються роботи із створення обладнання і технологічних ліній для знищення рідких токсичних відходів виробництва хімічного волокна, знешкодження та утилізації змішаних гальванічних відходів.

Через відсутність фінансування із державного бюджету в рамках зазначеної Загальнодержавної програми не виконанні заходи щодо знешкодження та знищення високотоксичних відходів на Державному підприємстві "Горлівський хімічний завод", який у на цей час не здійснює виробничої діяльності. Мінпромполітики разом із Донецькою обласною державною адміністрацією проведено додаткове обстеження підприємства та надано пропозицію щодо фінансування зазначених робіт у 2008 році. Орієнтовна вартість виконання робіт складає - 40,0 млн. грн., у тому числі: розробка проекту, будівництво установки та знешкодження відходів - 31 млн. грн., вилучення залишків вибухових речовин - 9 млн. гривень.

У 2008 році Мінприроди на розробку проекту "Будівництво установки з переробки та знешкодження відходів мононітрохлорбензолу на ДП ГХЗ" було виділено 4,8 млн. грн., але, враховуючи, що кошти з держбюджету надійшли лише в жовтні 2008 року, із зазначеної суми було освоєно лише 2,7 млн. гривень. У 2009 році на розроблення проекту передбачалося 1,9 млн. грн., але зазначені кошти у бюджеті не були передбачені.

З метою зменшення ризику виникнення надзвичайної ситуації (вибуху залишків тротилу в комунікаціях) на зазначеному підприємстві Мінпромполітики підготовлено та Кабінетом Міністрів прийнято розпорядження Кабінету Міністрів України від 3 червня 2009 р. 865-р "Про фінансування у 2009 році проектів, спрямованих на зниження рівня загрози виникнення катастроф техногенного характеру", яким передбачено фінансування робіт за інвестиційним проектом "Вилучення вибухонебезпечних залишків технологічних продуктів комунікацій майстерні з виробництва тротилу на ДП "Горлівський хімічний завод" в обсязі 9,0 млн. грн. державних коштів зі Стабілізаційного фонду. Через тендерні процедури було визначено виконавця зазначених робіт - Рубіжнлянський казенний хімічний завод "Зоря" (РКХЗ "Зоря"). Але через відсутність фінансування роботи не проведені.

Наказом Мінпромполітики від 24.11.2009 822 затверджено заходи Галузевої програми розвитку підприємства УДП "Укрхімтрансміак" на 2009-

2010 роки та на період до 2015 року, якими, зокрема, передбачено виконання робіт з обстеження (технічного діагностування), технічного переоснащення української ділянки магістрального аміакопроводу Тольятті-Одеса для визначення технічного стану та умов його подальшої експлуатації з метою продовження терміну експлуатації на період 2010-2015 роки. Так, у 2009 році за рахунок власних та залучених коштів підприємства виконано робіт в обсязі 137 млн. грн., що дозволило утримати в належному стані обладнання магістрального аміакопроводу, розпочати заходи щодо його модернізації та переоснащення основних активів і розроблення проектної документації та будівництво комплексної системи раннього виявлення загрози виникнення надзвичайних ситуацій.

#### **1.4. Аналіз впливу хімічних підприємств на сучасну екологічну ситуацію в Україні.**

Враховуючи, що стан поводження з відходами виробництва і споживання є критичним та складає одну з основних загроз екологічній безпеці країни, навколишньому природному середовищу і здоров'ю населення необхідно здійснити комплексний підхід до розв'язання проблем знищення, переробки та утилізації усіх видів відходів, розробку технологій і обладнання з метою забезпечення екологічної безпеки, підтримання екологічної рівноваги. Але забезпечити комплексну переробку, утилізацію, вивіз і захоронення відходів можливо лише за умови потужного фінансування із залученням коштів державного і місцевих бюджетів, пільгового кредитування, грантів міжнародних організацій, коштів підприємств, інвестиційних та інноваційних проєктів з реконструкції діючих виробничих потужностей та створення нових технологічних комплексів, орієнтованих на цей вид економічної діяльності. У зв'язку з цим виникає необхідність у подальшому удосконаленні та опрацюванні відповідної нормативно-правової бази в контексті розробки та впровадження економічних принципів стимулювання такої діяльності.

Нормативні акти природоохоронної сфери здебільшого передбачають регулятивні механізми у вигляді різнопланового контролю, введення відповідного нормування, вжиття санкцій відносно суб'єктів господарювання тощо. Це не завжди стимулює такий важливий сегмент сталого розвитку економіки держави, як вторинне ресурсокористування (рециклінг) та ресурсозбереження взагалі, про що свідчить постійне зростання обсягів відходів та ресурсокорисних матеріалів у відвалах і полігонах.

У сфері поводження з відходами практично не працює стаття 38 "Організаційно-економічні заходи щодо забезпечення утилізації відходів і зменшення обсягів їх утворення" і стаття 40 "Стимулювання заходів щодо утилізації відходів та зменшення обсягів їх утворення" розділу VII "Економічне забезпечення заходів щодо утилізації відходів і зменшення обсягів їх утворення" Закону України "Про відходи" з питань:

надання суб'єктам підприємницької діяльності, які утилізують, зменшують обсяги утворення відходів та впроваджують у виробництво маловідходні технології, відповідно до законодавства податкових, кредитних та інших пільг;

цільового фінансування науково-дослідних робіт з конкретних проблем утилізації відходів і зменшення їх утворення;

надання можливості залишати частину коштів від платежів за розміщення відходів на фінансування заходів щодо утилізації відходів та зменшення обсягів їх утворення відповідно до обґрунтованих інвестиційних проєктів та програм;

надання пільги з оподаткування прибутку від реалізації продукції, виготовленої з використанням відходів та поповнення обігових коштів підприємств, установ та організацій -суб'єктів господарської діяльності, що здійснюють збирання і заготівлю, оброблення (перероблення) і утилізацію відходів, як вторинної сировини, за умови цільового використання цих коштів для придбання та переробки таких відходів.



Серйозну загрозу для життя і здоров'я людей та довкілля становлять не придатні до використання хімічні засоби захисту рослин (пестициди, отрутохімікати тощо) яких, за даними інвентаризації, проведеної протягом 2005-2006 років, у країні накопичено близько 21 тис. тонн. Вони зберігаються суб'єктами господарювання майже на 5 тис. складів, з яких паспортизовано близько 2 тисяч. У незадовільному стані перебуває 46 відсотків складських приміщень, з них 52 відсотки є непридатними для зберігання хімічних засобів захисту рослин та зберігаються у пошкодженій упаковці (тарі).

Складність обліку непридатних хімічних засобів захисту рослин обумовлена недосконалістю оцінки їх маси без безпосереднього зважування та високим рівнем небезпеки під час операцій з ними.

Дуже гострою є проблема належного поводження з твердими побутовими відходами. Питомі показники утворення відходів у середньому становлять 220-250 кг/рік на душу населення, а у великих містах досягають 330-380 кг/рік відповідно і мають тенденцію до зростання. Щороку їх утворюється близько 46 млн. куб. м, які захоронюються на 4,5 тис. сміттєзвалищ і полігонах, загальною площею майже 7,6 тис. га. До складу твердих побутових відходів входять такі основні компоненти: харчові відходи - 35-50%, папір і картон - 10-15%, вторинні полімери - 9-13%, скло - 8-10%, метали - 2%, текстильні матеріали - 4-6%, дерево - 1%, будівельне сміття -5%, інші відходи - 10%.

З усієї кількості сміттєзвалищ перевантажених 248 од. (5%), а 1133 од. (25%) не відповідають нормам екологічної безпеки щодо здійснення запобіжних заходів, спрямованих на попередження забруднення підземних вод і атмосферного повітря.

На переважній більшості (95%) об'єктів розміщуються як побутові, так і промислові відходи, що законодавством забороняється. Проте, незважаючи на незадовільний стан полігонів та звалищ побутових відходів, які негативно впливають на довкілля, та відсутність земельних площ під нові полігони, ор-

гани місцевого самоврядування не поспішають із впровадженням роздільного збирання побутових відходів, їх утилізації та переробки.

За матеріалами спостережень організацій гідрометслужби України на базовій мережі у 2009 році стан забруднення навколишнього природного середовища хімічними речовинами порівняно з попереднім роком суттєво не змінився.

Спостереження за забрудненням атмосферного повітря здійснювалось у 53 містах на 164 постах та на двох станціях транскордонного переносу.

У 2009 році у п'яти містах було зафіксовано 21 випадок високого забруднення (ВЗ) атмосферного повітря (у 2008 році - 28 випадків ВЗ) по шести шкідливих домішках. У Кременчуці зафіксовано 3 випадки ВЗ толуолом з максимальною концентрацією 15,5 ГДК та 3 випадки ВЗ бензолом з максимальною концентрацією 6,7 ГДК, у Києві та Кременчуці - по 2 випадки ВЗ з максимальними концентраціями оксиду вуглецю 5,4 і 9,2 ГДК відповідно, у Києві - 2 випадки ВЗ з максимальною концентрацією діоксиду азоту 5,2 ГДК, у Херсоні - 6 випадків ВЗ з максимумом 7,3 ГДК, у Харкові - 2 випадки ВЗ завислими речовинами з максимальною концентрацією 7,0 ГДК, у Комсомольську (Полтавська область) - один випадок ВЗ хлористим воднем з максимумом 6,1 ГДК. За середнім вмістом домішок у повітрі дуже високий та високий рівень забруднення спостерігався у 24 містах: Донецьку, Маріуполі, Лисичанську, Держинську, Одесі, Дніпродзержинську, Рубіжному, Макіївці, Северодонецьку, Красноперекіпську, Горлівці, Єнакієвому, Запоріжжі, Слов'янську, Дніпропетровську, Луцьку, Армянську,

Краматорську, Миколаєві, Ялті, Херсоні, Києві, Ужгороді, Вінниці, що пов'язано, в основному, із значними концентраціями формальдегіду, діоксиду азоту, фенолу, бенз(а)пірену, фтористого водню, оксиду вуглецю, завислих речовин.

Загальний рівень забруднення повітря в містах України у 2009 році за комплексним індексом забруднення атмосфери характеризувався як високий,

але порівняно з попереднім роком дещо зменшився за рахунок зниження вмісту формальдегіду та фенолу.

На двох метеостанціях спостережень за транскордонним переносом забруднювальних речовин - Світязь (Волинської область) та Рава-Руська (Львівської область), середньорічні концентрації діоксиду сірки та діоксиду азоту не перевищували відповідні гранично допустимі концентрації (ГДКс.д.і) знаходились на рівні 0,02 та 0,5 - 0,8 ГДКс.д, відповідно. Однак спостерігалось перевищення середньодобових ГДК на метеостанції Рава-Руська діоксиду азоту в 11,8% загальної кількості проаналізованих проб атмосферного повітря.

Спостереження за хімічним складом атмосферних опадів проводились в 41 пункті, за кислотністю опадів (рН) - в 50 пунктах.

У 2009 році переважали нормальні опади, які спостерігались у 69,0% та помірно лужні - у 19,7% (у 2008 році - 67,0% та - 24,1 % відповідно).

Кислі та лужні опади у 2009 році були для України в цілому рідкісним явищем. Вони становили 0,2% та 0,1% загальної кількості досліджених дощів, відповідно (у 2008 році ці співвідношення становили 0,3% та 0,1% відповідно). Кислі опади спостерігались, переважно, на Кримських станціях (Ялта, Нікітський Сад, Сімферополь), тоді як у минулому році вони були реєстровані по всій території України.

Помірно кислі опади спостерігались в 11% випадків (у 2008 році - 8,5%). Найбільший відсоток помірно кислих опадів зафіксовано у Світязі (Волинська область) - 99%, Кіровограді - 39,3%, в Нікітському Саду (АР Крим) - 31,1%, в Баришівці (Київська область) - 23,8%, в Болграді (Одеська область) - 20,5%, в Сімферополі (АР Крим) - 4,2%. Порівняно з попереднім роком хімічний склад атмосферних опадів характеризувався незначним спадом концентрацій майже усіх іонів (сульфатів, хлоридів, нітратів, гідрокарбонатів, калію, натрію, кальцію, магнію), крім іонів амонію.

Спостереження за станом забруднення поверхневих вод за гідрохімічними показниками проводились на 151 водному об'єкті (127 річках, 15 водо-

сховищах, 7 озер, 1 каналі, 1 лимані) у 240 пунктах на 373 створах; за гідробіологічними показниками - на 50 водних об'єктах (43 річках, 7 водосховищах) у 91 пунктах на 171 створах. На 14 водних об'єктах у 24 пунктах виконувалося визначення хронічної токсичності вод (біотестування).

У 2009 році не зафіксовано випадків екстремально високого забруднення (ЕВЗ) поверхневих вод.

Високе забруднення (ВЗ) було виявлено на 63 водних об'єктах (42% загальної кількості усіх водних об'єктів) у 478 випадках. Випадки високого забруднення були зареєстровані майже в усіх областях України, крім Вінницької, Луганської, Херсонської та Одеської.

За інгредієнтами кількість випадків ВЗ становила: по сульфатах - 120, сполуках марганцю - 119, азоту нітритному - 115, азоту амонійному - 44, сполуках міді - 21, сполуках цинку - 19, сполуках заліза загального - 14, хрому шестивалентному - 3, вмісту кисню - 11, біохімічному споживанню кисню - 12 випадків.

Інтегральна оцінка екосистем за гідробіологічними показниками свідчить, що за ступенем забрудненості води річок, в цілому відповідали III класу якості вод. У межах цих спостережень у 6,6% проб був визначений II клас якості вод, тобто чисті води; у 88,3% проб був визначений III клас якості - помірно забруднені води; 5,1% проб відповідав IV класу - забруднені води.

Найбільш несприятлива сапробіологічна ситуація за гідробіологічними показниками спостерігалася на річках Полтва (міста Львів, Буськ), Тисмениця (м. Дрогобич), Стрий (м. Стрий), Мокра Московка (м. Запоріжжя). Якість вод на цих річках відповідала III-IV класу якості - забруднені води. На цих водних об'єктах спостерігалися низький розвиток планктоценозів, бідний видовий склад угруповань та відсутність сезонної динаміки розвитку планктону, значний відсоток складала організми а та (3-а мезосапроби (індикатори переважно забруднених вод)).

Стан водних екосистем дніпровських водосховищ залишався стабільним та в цілому відповідав III класу якості вод.

У цілому, за результатами гідробіологічного моніторингу стан водних об'єктів залишався на рівні минулого року.

Визначення хронічної токсичності вод (біотестування) проводилося на тест-об'єкті ракоподібних *Ceriodaphnia affinis*. Частка проб з достовірно виявленою токсичністю значно зменшилася, хронічну токсичну дію вод на виживаність і плодючість тест-об'єкта було встановлено у 13% (у 2008 році - 39%) загальної кількості відібраних і проаналізованих проб. Найбільш забрудненими водними об'єктами за показниками біотестування були р. Уж (м.Коростень) - у 33% проб виявлено хронічну токсичність вод, та р. Тетерів (м.Радомишль) - у 50% проб. На обох річках токсичність була визначена у березні.

На Київському, Канівському та Кременчуцькому водосховищах хронічна токсичність вод була встановлена у 15% проб. На Канівському водосховищі в районі м. Києва хронічну токсичність вод було встановлено у 19% (у 2008 році - 45%) проаналізованих проб. Спостерігається тенденція збільшення до частки проб із хронічною токсичністю вод по трьох створах, від верхнього (1,5 км вище м. Київ) до нижнього (6 км нижче міста) і становить відповідно 13,8%; 14,7% та 23,5%.

У середній та нижній частині Канівського водосховища (міста Українка, Ржищів, Канів) та на Кременчуцькому водосховищі (м.Канів) хронічна токсична дія вод не була встановлена.

Спостереження за станом забруднення вод Чорного і Азовського морів організаціями гідрометслужби проводились на 68 станціях.

Води Чорного та Азовського морів найбільше забруднені нафтовими вуглеводнями (НВ), фенолами.

Максимальні концентрації НВ на рівні 14,0-19,0 ГДК були зафіксовані у водах Дніпровсько-Бузького лиману (Чорне море), на рівні 29,4 ГДК - у поверхневих водах Азовського моря на акваторії порту Маріуполь.

Максимальний вміст фенолів досягав 10-16 ГДК у водах Дніпровсько-Бузького лиману, 13,0 ГДК - у водах порту Одеса, 6,0 ГДК - у гирлі Південний Буг (Чорне море), 3,0-4,0 ГДК - у водах Азовського моря.

У водах акваторії порту Маріуполь зафіксовано максимальний вміст азоту нітратного на рівні 15,0 ГДК.

У дельті річки Дунай і дельтових водотоках, Дніпровському лимані виявлені хлорорганічні пестициди - гамма - гексахлорциклогексан (ГХЦГ) з максимальним вмістом 42; 73 і 28 нг/л, відповідно. У водах гирла рр.Південного Бугу, Сухого лиману та акваторії порту Ялта вміст гамма - ГХЦГ був у межах 1,2-6,4 нг/л. Максимальна концентрація гамма - ГХЦГ зафіксована у Бердянській затоці (Азовське море) на рівні 2,2 нг/л.

У водах Дніпровсько-Бузької гирлової області 15 вересня відмічено низький вміст кисню: один випадок на рівні ЕВЗ та один випадок на рівні ВЗ.

Радіаційний стан поверхневих вод.

Спостереження за забрудненням поверхневих вод радіонуклідами (цезієм-137, стронцієм-90)

проводився на 8 водних об'єктах у 9 створах річок Дніпро, Десна, Південний Буг, Дунай, дніпровських водосховищ: Київському, Канівському і Каховському та Дніпро-Бузькому лимані.

У 2010 році гідрометеорологічні умови, що склались у 30-км зоні відчуження і загалом у басейні р. Дніпра, не призвели до ускладнень радіаційної ситуації на водних об'єктах зони та дніпровської водної системи.

По довжині Дніпровського каскаду водосховищ внаслідок розбавлення більш чистими водами бокових приток, середні концентрації стронцію-90 у воді знижувались від 42Бк/куб. м у Київському водосховищі в створі верхнього б'єфу Київської ГЕС (м. Вишгород) до 27 Бк/куб. м у Каховському водосховищі (м. Нова Каховка), у 2008 році аналогічні показники склали відповідно 51 Бк/куб. м у Київському водосховищі та 33 Бк/куб. м у Каховському водосховищі. Зниження концентрацій цезію-137 вниз по каскаду водосховищ відбувається більш інтенсивно. Так, у 2009 році середньо річна концент-

рація цезію-137 у Київському водосховищі в створі верхнього б'єфу Київської ГЕС (м. Вишгород) становила 7,5 Бк/куб. м, у Каховському водосховищі (м. Нова Каховка) складала 0,50 Бк/куб. м. У 2008 році вміст цезію-137 у воді Київського водосховища становив у середньому 10,2 Бк/куб. м, Каховського водосховища - 1,1 Бк/куб. м.

Вміст стронцію-90 у водах Верхнього Дніпра (с. Неданчичі) та р. Десна (м.Чернігів) в середньому за рік складав, відповідно, 8,1 та 6,6 Бк/куб. м (у 2008 р. - 8,7 Бк/куб. м та 7,2 Бк/куб. м). Концентрації цезію-137 у водах Верхнього Дніпра (с. Неданчичі) та р. Десна (м.Чернігів) в середньому за рік складали, відповідно, 5,7 та 1,0 Бк/куб. м (у 2008 році - 6,1 та 1,2 Бк/куб. м відповідно).

Середньорічний вміст стронцію-90 у воді Дунаю в районі м. Ізмаїла складав 10 Бк/куб. м, цезію-137 - 0,9 Бк/куб. м; у воді Південного Бугу в районі м. Миколаєва концентрація стронцію-90 дорівнювала 9,4 Бк/куб. м, цезію-137 - 1,3 Бк/куб. м; у Дніпро-Бузькому лимані (поблизу м. Очаків) концентрації стронцію-90 та цезію-137 становили, відповідно, 18,3 та 2,7 Бк/куб. м. Загалом протягом звітнього року перевищень допустимих рівнів вмісту радіонуклідів, встановлених ДР-2006 у контрольованих гідрометслужбою водних об'єктах України не зареєстровано.

На вміст залишкової кількості хлорорганічних пестицидів і нітратів були обстежені сільгоспугіддя 35 господарств у 34 районах 17 областей України і АР Крим. Найбільш охопленою спостереженнями була Київська область, площа сільгоспугідь становила 26,5 % загальної обстеженої в Україні. Зонами постійних спостережень в Київській області є Баришівський та Миронівський райони.

Середній вміст залишкових кількостей суми ДДТ в обстежених ґрунтах складав 0,02 ГДК. Максимальний вміст суми ДДТ в межах 0,4-0,8 ГДК було виявлено під садами в Мелітопольському районі Запорізької області, Миколаївському районі Миколаївської області і під виноградниками в Бериславському районі Херсонської області.

Середні концентрації нітратів на рівні 0,8 ГДК були виявлені у ґрунтах Рівненської області. Максимальні концентрації нітратів у межах 1,5 - 4.4 ГДК виявлені у ґрунтах ТзОВ "Агро-21" Рівненського району Рівненської області. В інших областях середні і максимальні концентрації Були значно нижчі від рівня ГДК.

Вміст промислових токсикантів визначався вибірково у ґрунтах 17 населених пунктів дев'яти областей України і АР Крим. Вміст свинцю на рівні екстремально високого забруднення (ЕВЗ) - 88,2 ГДК було виявлено у ґрунтах м. Сімферополя у районі ВАТ "Фурнітура".

Вміст свинцю на рівні високого забруднення (ВЗ) -40,7, ГДК було виявлено у ґрунтах м. Вінниці у районі ВАТ "Вінницький оптико-механічний завод", на рівні 44,5 ГДК - у ґрунтах м. Костянтинівки в районі парку заводу "Укрцинк". У цьому ж місці в м. Костянтинівці зареєстровано вміст кадмію на рівні ВЗ - 25,5 ГДК.

Протягом 2010 року зареєстровано 1 НС, пов'язану з викиданням (загрозою викидання), утворення та розповсюдження НХР під час їх виробництва, переробки або зберігання (захоронення) (у 2008 року - 1 НС).

Зазначену НС місцевого рівня зареєстровано у лютому у Харківській області.

На складі зберігання агрохімікатів ТОВ "Супіна Інтернешнл" у с. Катеринівка Созівського району в одній із секцій складу, де зберігалось 15 т агрохімікатів, розпочалася хімічна реакція, що супроводжувалася виділенням тепла та їдкого токсичного диму. Причиною НС стало порушення умов зберігання непридатних до використання пестицидів.

### **1.5. Висновки.**

Протягом 2011 року зареєстровано 8 НС, пов'язаних із наявністю в навколишньому середовищі шкідливих (забруднювальних) речовин понад гранично допустиму концентрацію (ГДК) (у 2010 році - 10 НС).



Перевищення ГДК зареєстровано в ґрунті - 1 випадок, атмосферному повітрі - 3, у воді - 4.

Зазначені НС зареєстровано в АР Крим, Вінницькій (3 випадки), Київській, Львівській, Тернопільській і Черкаській областях.

Найбільш резонансними були НС:

- у м. Вінниці у під'їзді багатоповерхового житлового будинку по вул. Келецькій, 111, виявлено розлив близько 1,3 кг металевої ртуті (НС об'єктового рівня). У під'їзді перевищення ГДК становило понад 213 разів, в окремих квартирах - більше ніж у 20 разів;

- поблизу смт Гаспра в АР Крим внаслідок горіння полігону твердих побутових відходів на площі 1,5 га небезпечні хімічні речовини (сірководень, сполук фосфору та сірки) потрапили в атмосферне повітря та водні об'єкти м. Ялти та смт Гаспра (2,5 тис. мешканців);

- у смт Рудно Львівської області, виявлено перевищення кількості нітратів на Рудненському водозаборі КП "Теребля". Рішенням районної СЕС було тимчасово заборонено експлуатацію Рудненського водозабору, внаслідок чого без централізованого водопостачання залишилося 58% населення - 3640 мешканців (1237 приватних та 46 комунальних будинків), а також припинено функціонування загальноосвітньої школи, об'єктів побутового обслуговування населення;

- у Золотоніському районі Черкаської області на очисних спорудах Золотоніського ВАТ "Веста" (район Чеховської насосної станції) стався скид недостатньо очищених міських стічних вод обсягом 2,5 тис. куб. м/добу у річки Суха Згар та Золотоноша, що призвело до масової загибелі риби та інших водних живих організмів. Причиною НС стала незадовільна робота очисних споруд. Орієнтовна сума матеріальних збитків - понад 10,0 млн. гривень. Аналіз стану хімічної безпеки в Україні у 2011 році показує, що головними причинами виникнення надзвичайних ситуацій, пов'язаних із небезпечними хімічними речовинами та незадовільною екологічною ситуацією, залишаються:

- зношення основних фондів підприємств, застарілі і недосконалі технології виробництва, що призводить до накопичення значних обсягів відходів;

- експлуатація складів, полігонів твердих та токсичних відходів з порушенням вимог чинного природоохоронного законодавства;

- ігнорування екологічних факторів, вимог державних та галузевих стандартів, техніки безпеки, тощо;

- низький рівень застосування прогресивних ресурсозберігаючих та екологічно безпечних технологій;

- недосконала нормативно-правова база галузі.

Виходячи із вищезазначеного, комплекс заходів щодо забезпечення хімічної та екологічної безпеки в Україні у 2012 році має містити:

- здійснення комплексної структурної перебудови та технічного переозброєння виробничого комплексу на основі впровадження новітніх наукових досягнень, енерго- та ресурсозберігаючих технологій, безвідходних та екологічно безпечних технологічних процесів, застосування відновлювальних джерел енергії, розв'язання проблем знешкодження і використання усіх видів відходів;

- здійснення наглядової діяльності за промисловою безпекою хлор -, аміаковикористовуючих, а також інших виробництв, де використовуються небезпечні хімічні речовини та обладнання з вичерпаним ресурсом експлуатації;

- забезпечення комплексної переробки, утилізації, вивезення і захоронення відходів за умови потужного фінансування з залученням коштів державного і місцевих бюджетів, пільгового кредитування, грантів міжнародних організацій, коштів підприємств, інвестиційних та інноваційних проектів з реконструкції діючих виробничих потужностей та створення нових технологічних комплексів, орієнтованих на цей вид економічної діяльності;

- проведення комплексної структурної перебудови гірничо-металургійної галузі з урахуванням екологічних проблем та запровадження поглибленого екологічного аудиту в цій галузі;
- дотримання вимог безпеки під час виконання ремонтних та регламентних робіт на об'єктах підвищеної небезпеки.

## РОЗДІЛ 2

### АНАЛІЗ ПОШИРЕННЯ НХР ПРИ ВИНИКНЕННІ АВАРІЙ

#### 2.1. Класифікація аварій на об'єктах з наявністю НХР.

Найбільш типові аварії на підприємствах хімічної і нафтохімічної промисловості можна розділити на три групи:

**пожежі і загоряння в технологічних установках**, які не призводять до утворення вибухонебезпечних сумішей не тільки в апаратах, але й в атмосфері виробничих будинків;

**вибухи на відкритих установках і у виробничих приміщеннях**, викликані викидами паливних і вибухонебезпечних продуктів в атмосферу;

**вибухи усередині технологічного устаткування**, що супроводжуються його руйнуванням (розгерметизацією) і викиданням паливних продуктів, що спричиняє вторинні вибухи або пожежі.

Хімічні аварії за масштабом поділяються на наступні категорії:

**цехові** – аварії, у результаті яких взагалі не було викиду НХР або він був незначним, і заражена територія обмежена територією цеху;

**об'єктові** – аварії, пов'язані з витіканням НХР з технологічного устаткування, але заражена територія не перевищує санітарно-захисної зони навколо підприємства;

**місцеві** – аварії, викликані руйнуванням великої ємності або складу НХР, а хмара отруйних речовин досягає житлових кварталів і тому необхідно евакуювати населення з найближчих будинків;

**регіональні** – аварії, що характеризується значним викидом НХР, хмара яких поширюється в глиб житлових кварталів;

**глобальні** – аварії на великому об'єкті з повним руйнуванням усіх сховищ з НХР, що спричиняє необхідність вживання екстрених заходів щодо захисту людей на значній території.

Під час аварії на хімічно-небезпечних, вибухо- і пожежонебезпечних об'єктах в атмосферу за короткий проміжок часу потрапляють отруйні гази і

пари у вигляді хмари зараженого повітря.

Рухаючись в напрямку приземного вітру, хмара НХР може формувати зону зараження до десятків кілометрів, викликаючи небезпеку ураження незахищених людей, тварин і рослин. При цьому під зоною хімічного зараження (ЗХЗ) розуміється територія, що включає місце хімічного забруднення, де фактично розлита НХР, і ділянки місцевості, над якими утворилася хмара НХР.

Зона хімічного зараження є складовою частиною осередку хімічного зараження. Осередок хімічного зараження за наявності обвалування сховища дорівнює площі обвалованої території. За відсутності обвалування заздалегідь можна зробити приблизний розрахунок зазначеної площі з обліком того, що, розливаючись, рідина покриває землю шаром завтовшки не більше 0,05 м. Розміри місця аварії, тобто розливання речовини з ємності, у цьому випадку можна визначити за формулою:

$$S_p = \frac{m}{0,05 \cdot \rho}, \text{ м}^2, \quad (2.1)$$

де  $m$  – маса речовини, що розлилася, т; 0,05 – приблизна товщина шару рідини, що розлилася, при аварії в сховищах, що не мають обвалування, м;  $\rho$  – щільність рідини, т/м<sup>3</sup>.

За допомогою цього рівняння можна вирішувати і зворотну задачу. Добуток площі розливання на товщину шару рідини і її щільність дасть приблизну масу рідини, що вилася:

$$m = S_p \cdot 0,05 \cdot \rho, \text{ т}. \quad (2.2)$$

Розрізняють зону можливого хімічного зараження і зону фактичного хімічного зараження. Вони характеризуються масштабами поширення первинної і вторинної хмар зараження повітря.

## **2.2. Показники НХР, які характеризують їх вплив на людину та навколишнє середовище.**

В даний час з 10 млн. хімічних сполук, застосовуваних у промисловості сільському господарстві і побуті, більше 500 високотоксичні і небезпечні для людини.

Великі запаси отруйних речовин розташовані на підприємствах хімічної, целюлозно-паперової, оборонної, нафтопереробної і нафтохімічної промисловості, чорної і кольорової металургії, промисловості, що випускає добрива.

Значні запаси НХР зосереджені також на об'єктах харчової, м'ясо-молочної промисловості, холодильниках продовольчих баз, житлово-комунальному господарстві.

Небезпечні хімічні речовини транспортуються автомобільним, залізничним, водним транспортом та по трубопроводах.

Спроможність НХР спричиняти ураження організму має назву токсичність. Ступінь впливу НХР на організм проявляється у вигляді токсичної дії або токсичного ефекту. Токсичний ефект може проявлятися у вигляді:

- раптового різкого погіршення здоров'я, включаючи загибель;
- захворювання при систематичному впливі НХР;
- зниження працездатності.

Токсичний ефект може бути разовим за однократного впливу НХР та багатократним, який проявляється за багатократного впливу. Проявлятися токсичний ефект може одразу після впливу НХР, у віддаленні терміни життя одного покоління і в житті наступних поколінь.

Токсичний ефект залежить від:

- фізико-хімічних властивостей НХР;
- концентрації НХР або щільності зараження;
- часу впливу НХР на організм.

Концентрація НХР – це кількість речовини, яка міститься в одиниці об'єму повітря або рідини. Концентрація може бути:

- масова  $C_m$  яка означає масу речовини в одиниці об'єму, вимірюється  $\text{кг}/\text{м}^3$ ,  $\text{кг}/\text{л}$ ;
- молярна  $C_M$ , яка означає кількість речовини в молях в одиниці об'єму, вимірюється  $\text{моль}/\text{м}^3$ ,  $\text{моль}/\text{л}$ ;
- об'ємна  $C_V$ , яка визначає об'єм речовини в долях одиниці або у відсотках.

Щільність зараження НХР – це кількість речовини, яка знаходиться на одиниці зараженої поверхні, вимірюється  $\text{кг}/\text{км}^2$ .

Час впливу НХР або експозиція – це час дії НХР на організм, вимірюється у хвилинах.

Доза, токсидоза. Кількість речовини, яка потрапила в організм, називається доза. Доза речовин, яка викликає певну ступінь поразки організму, називається токсидоза. Токсидоза визначається в залежності від шляху потрапляння НХР в організм. Для оцінки токсичності дії НХР встановлені кількісні показники токсичності, такі як:

- показники смертельної дії;
- показники порогової дії;
- показники небезпеки речовини;
- гранично допустима концентрація.

Показники смертельної дії характеризують дію НХР, які мають смертельний наслідок. До показників смертельної дії відносяться:

- абсолютна CL 100 або середня CL 50 смертельна концентрації в повітрі – це концентрації речовини, які призводять до загибелі відповідно 100% або 50% людей у разі 2-, 4-х годинного впливу на органи дихання;
- абсолютна DL 100 або середня DL 50 смертельні дози – це кількість речовини, яка припадає на один кілограм ваги та викликає загибель відповідно 100% або 50% людей, потрапляє в організм через шлунок.

Показники порогової дії характеризують первинну дію НХР на людину.

За результатами впливу поділяються на:

- показники загальної порогової дії – це мінімальна концентрація або доза речовини, яка викликає зміни в організмі;
- показники специфічної дії – це мінімальна концентрація або доза, яка викликає зміни окремих частин організму або органів.

Показники небезпеки речовини. Характеризують небезпеку виникнення негативних ефектів в реальних умовах впливу. Вони поділяються на дві групи:

- показники потенційної небезпеки характеризують потенційну можливість потрапляння НХР в організм;
- показники реальної небезпеки характеризують можливість організму опиратися дії НХР.

Гранично допустима концентрація – концентрація шкідливих речовин в повітрі робочої зони, яка протягом робочого часу не викликає захворювань або відхилень стану здоров'я.

Класифікація НХР. Згідно з ГОСТ 12.1.007-76 «Система стандартів безпеки праці. Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности». За небезпекою усі НХР поділяються на 4 класи небезпеки:

- клас 1 – речовини надзвичайно небезпечні;
- клас 2 – речовини високо небезпечні;
- клас 3 – речовини помірно небезпечні;
- клас 4 – речовини мало небезпечні.

Клас небезпеки речовини встановлюється в залежності від показників таксиметрії, які складаються з наступних складових:

1. Гранично допустима концентрація;
2. Середня смертельна доза при потраплянні в шлунок;
3. Середня смертельна доза при потраплянні на шкіру;
4. Середня смертельна концентрація в повітрі;
5. Зона гострої дії.

За характером впливу на організм НХР поділяються на наступні групи:



I. Речовини задушливої дії:

- 1) з вираженим припікальним ефектом (хлор та ін.)
- 2) зі слабкою припікальною дією (фосген та ін.)

II. Речовини загальноотруйної дії (синильна кислота, ціаніди, чадний газ та ін.).

III. Речовини задушливої загальноотруйної дії.

- 1) з вираженою припікальною дією (акрило нітрил, азотна кислота, сполуки фтору й ін.)
- 2) зі слабкою припікальною дією (сірководень, сірчистий ангідрид, оксиди азоту й ін.).

IV. Нейротропні отрути (фосфороорганічні сполуки, сірковуглець, тетраетилосвинець та ін.).

V. Речовини нейротропної і задушливої дії (аміак, гідразин та ін.).

VI. Метаболічні отрути (дихлоретан, оксид етилену й ін.).

VII. Речовини, що порушують обмін речовин (діоксин, бензофурані й ін.).

Крім того, НХР поділяються на швидкодіючі і повільнодіючі. У разі ураження швидкодіючими НХР картина отруєння розвивається швидко, а у випадку ураження повільнодіючими НХР до прояву картини отруєння проходить кілька годин, так званий латентний або прихований період.

Можливість більш-менш тривалого зараження місцевості залежить від стійкості хімічної речовини.

Стійкість і здатність заражати поверхні залежить від температури кипіння речовини. До нестійких відносяться НХР з температурою кипіння нижче  $130^{\circ}\text{C}$ , а до стійких – речовини з температурою кипіння вище  $130^{\circ}\text{C}$ . Нестійкі НХР заражають місцевість на хвилини або десятки хвилин. Стійкі зберігають властивості, а отже й уражаючу дію, від декількох годин до декількох місяців.

### 2.3. Динаміка розвитку хімічних аварій.

Проаналізувавши фізико-хімічні властивості НХР, можна зробити наступні висновки:

1. якщо речовина буде повільно витікати, глибина буде меншою, а час аварії збільшиться;
2. чим більша кількість речовини перейде в навколишнє середовище, тим більше буде глибина зони хімічного зараження;
3. глибина залежить від вертикальної стійкості атмосфери, тобто зміни температури повітря по висоті;
4. чим більше температура повітря, тим швидше випариться речовина, тобто глибина збільшиться, а час дії зменшиться;
5. чим більша швидкість вітру, тим менша глибина та час дії хмари НХР;
6. чим важча речовина, тим довше зберігається отруйна дія, в залежності від цього НХР поділяються на стійкі та нестійкі;
7. чим більш закрита місцевість, тим глибина зони зараження менша, проте час її зберігання збільшується завдяки застою.

Вертикальна стійкість атмосфери – це зміна температури повітря по висоті

$$u = -\frac{dt(h)}{dh}, \quad (2.4)$$

де  $t(h)$  – температура повітря;  $h$  – висота, на якій вимірюється ця температура.

Розрізняють три види вертикальної стійкості атмосфери:

**Конвекція  $u > 0$ .** Характеризується великою вертикальною нестійкістю повітря, що обумовлена різким спадом температури повітря з висотою і сильним нагріванням ґрунту. Конвекція спостерігається в літні ясні дні, коли при інтенсивному нагріванні нижнього шару повітря воно легшає і підніма-

ється вгору, а верхні шари, більш холодні і важкі, опускаються вниз. При цьому відбувається вертикальне переміщення повітря. Конвекція викликає сильне розсіювання зараженого повітря. Концентрація НХР швидко падає нижче уражаючої. При конвекції створюються самі несприятливі умови для зараження місцевості НХР; переміщення шарів повітря по вертикалі, холодного вниз а теплого в гору. Конвекція спостерігається в ясні сонячні дні (вранці). Глибина зони хімічного зараження при цьому найменша.

**Ізотермія  $u = 0$ .** Характеризується станом вертикальної рівноваги повітря. Ізотермія виникає в ранковий і вечірній час при стійкій погоді, але найбільш типова вона для похмурої погоди. Наявність хмарності порушує добовий хід температури, зменшуючи різницю температури повітря і ґрунту в денний і нічний час; цим усувається порушення вертикальної стійкості повітря. При ізотермії створюються досить сприятливі умови для зараження місцевості НХР; стабільна рівновага повітря в приземному шарі сприяє більш довгому зберіганню зони хімічного зараження. Глибина зони хімічного зараження при цьому середня.

**Інверсія  $u < 0$ .** Характеризується великою вертикальною стійкістю повітря, обумовленою підвищенням температури його шарів з висотою і сильним охолодженням ґрунту. При цьому більш холодне і, відповідно, більш важке повітря знаходиться внизу, а більш тепле – угорі. Інверсія повітря виникає вночі при безхмарному небі. Уночі нижній шар повітря остигає, віддаючи своє тепло землі, що охолоджується швидше. При безхмарному небі випромінювання тепла в повітряний простір йде інтенсивніше і різниця температур поверхні ґрунту і прилеглого шару повітря може досягати декількох градусів. Якщо вітру немає, то шар повітря, що остудився, довгостроково застоюється біля земної поверхні. Узимку інверсія можлива в ясні морозні дні. Інверсія перешкоджає розсіюванню зараженого повітря і сприяє тривалому збереженню високих концентрацій НХР у приземному шарі. Глибина зони хімічного зараження найбільша.

Графік стану атмосфери швидкості вітру та хмарності представлено в

таблиці 2.1.

Таблиця 2.1

Графік оцінки вертикальної стійкості повітря  
за даними прогнозу погоди

Швидкість вітру м/с.	ніч			день		
	ясно	змінна хма- рність	похму- ро	ясно	змінна хмарність	похму- ро
0,5	Інверсія			Конвекція		
0,6–2,0						
2,1–4,0		Ізотермія			Ізотермія	
більше 4,0						

Оскільки вертикальна стійкість приземного шару повітря залежить від градієнта температур, для її характеристики можна користуватися і динамічним критерієм, що дорівнює частці від розподілу градієнта температур на двох стандартних висотах 0,5 і 2,0 м на квадрат швидкості вітру на висоті 1 м від поверхні землі ( $\Delta t/v_1^2$ ). Залежність вертикальної стійкості приземного шару повітря від динамічного критерію наведена в табл. 2.2.

Так, наприклад, якщо градієнт температури  $\Delta t$  дорівнює +0,6, а швидкість вітру на висоті 1 м  $v_1$  дорівнює 2 м/с, та динамічний критерій  $\Delta t/v_1^2$  буде дорівнює  $+0,6/4=+0,15$ , що відповідає третьому ступеню вертикальної стійкості приземного шару повітря – конвекції.

Залежність вертикальної стійкості приземного шару  
повітря від величини динамічного критерію

Величина динамічного критерію	Ступінь вертикальної стійкості приземного шару повітря
$\frac{\Delta t}{v_1^2} \geq +0,1$	Конвекція
$-0,1 < \frac{\Delta t}{v_1^2} \leq +0,1$	Ізотермія
$\frac{\Delta t}{v_1^2} \leq -0,1$	Інверсія

Опади, головним чином дощ, впливають як на концентрацію НХР у зараженому повітрі, так і на тривалість зараження місцевості. Механічний вплив дощу на частки НХР, а також пов'язане з дощем підвищення турбулентності повітря викликають зниження концентрації НХР. Сильний дощ, механічно вимиваючи НХР із ґрунту і змиваючи їх з поверхні, здатний у порівняно короткий термін понизити зараженість ділянки місцевості. Слабкі дощі, що мрячать, впливу на зниження концентрації НХР і тривалість зараження місцевості практично не роблять.

Крім того, слід пам'ятати, що дощ, сприяючи змиванню НХР із заражених об'єктів, приводить до поступового їх скупчення в низьких місцях і зараження джерел водопостачання.

Сніг, що випав після зараження місцевості, при достатній глибині сніжного покриву зменшує глибину зони хімічного зараження та надає можливість долати заражені ділянки без спеціальних засобів захисту.

Важливою характеристикою осередку хімічного зараження і зони зараження НХР є стійкість зараження.

З позицій тривалості уражаючої дії і часу настання уражаючого ефекту НХР умовно поділяються на 4 групи:

- нестійкі, з дією, яка швидко настає (синильна кислота, аміак, оксид вуглецю);
- нестійкі, уповільненої дії (фосген, азотна кислота);
- стійкі, з дією, яка швидко настає (фосфорорганічні сполуки, анілін);
- стійкі, уповільненої дії (сірчана кислота, тетраетилен свинець, діоксин).

Слід зазначити, що на стійкість осередку хімічного ураження, що виникло на території населеного пункту, впливає ряд особливих факторів. Будинки і споруди міської забудови нагріваються сонячними променями швидше, ніж розташовані в сільській місцевості. Внаслідок цього в місті спостерігається інтенсивний рух повітря, пов'язаний з його припливом від периферії до центра по магістральних вулицях. Це сприяє проникненню НХР у двори, тупики, підвальні приміщення і створює підвищену небезпеку ураження населення. Тому вважається, що стійкість НХР у місті вища, ніж на відкритій місцевості.

Осередки хімічного зараження можуть виникати як у результаті хімічних аварій на ХНО, так і під час пожеж. Найбільшу небезпеку в цьому випадку являють собою пожежі, що виникають на великих складах складних хімічних сполук, термічне розкладання яких приводить до виділення токсичних газів (хлору, аміаку, окислів азоту, сірчистого ангідриду і т. ін.).

Виділення отруйних газів в атмосферу може відбуватися і під час горіння синтетичних оздоблювальних матеріалів, що необхідно враховувати при проведенні рятувальних робіт.

Загальна особливість усіх аварій, пов'язаних з викидом НХР – висока швидкість формування і уражаюча дія хмари НХР, що вимагає вживання негайних заходів щодо захисту людей і локалізації джерела зараження.

Оперативне рішення цих завдань може базуватися тільки на результатах своєчасного і достовірного прогнозу показників масштабів зони хімічного зараження з обліком усіх її параметрів і швидкості перенесення.

## **2.4. Прогнозування обстановки при виникненні хімічних аварій та пожеж НХР.**

Міністерством з надзвичайних ситуацій України розроблена і затверджена «Методика прогнозування наслідків розливу (викиду) хімічно небезпечних речовин при аваріях на промислових об'єктах і транспорті» (Наказ № 73/82/64/122 від 27.03.2001 р.).

Ця методика застосовується для речовин, які зберігаються у газоподібному або рідкому стані. Вона передбачає проведення розрахунків для планування заходів щодо захисту населення тільки на висотах до 10 м на поверхню землі (в приземному шарі повітря).

Методика передбачає довгострокове (оперативне) та аварійне прогнозування.

Довгострокове прогнозування здійснюється заздалегідь для визначення можливих масштабів забруднення, сил і засобів, які потрібні для проведення аварійно-рятувальних робіт, для складання оперативно-плануючих та інших документів.

Для довгострокового прогнозування можливої хімічної обстановки під час аварії потрібно мати певні вихідні дані та прийняти певні припущення.

Для здійснення прогнозування хімічної обстановки потрібні наступні вихідні дані:

- кількість НХР на об'єкті;
- обсяг ємностей із НХР;
- фізико-хімічні властивості НХР (агрегатний стан, щільність, температура кипіння, тиск насичених парів, концентраційні межі спалаху тощо);
- характер можливого розлиття НХР на підстилаючу поверхню «вільно» або в «піддон», «обвалування»;
- площа та висота обвалування;
- пануючий напрямок та швидкість вітру для даної місцевості;
- характер місцевості;

– середня щільність населення.

Для прогнозування прийнято наступні допущення:

- руйнується ємність, яка містить найбільшу кількість НХР, при цьому увесь запас цієї ємності переходить в атмосферу. Кількість речовини, яка вийшла, визначається:

- під час аварій на сховищах стиснутого газу:	$G = \rho \cdot V, \text{ т}, \quad (2.5)$ <p>де <math>\rho</math> – щільність парів <math>\text{т}/\text{м}^3</math> ;  <math>V</math> – обсяг ємності, <math>\text{м}^3</math>.</p>
- під час аварій на газо-, продуктопроводах:	$G = \frac{n \cdot \rho \cdot V_{\Gamma}}{100}, \text{ т}, \quad (2.6)$ <p>де <math>n</math> – кількість НХР у газі, %;  <math>V_{\Gamma}</math> – обсяг секції між автоматичними відсіками, <math>\text{м}^3</math>. Наприклад для аміакопроводів обсяг секції складає 275–500 <math>\text{м}^3</math>.</p>

- товщина шару  $h$  розлитого НХР дорівнює:

- при вільному розливі  $h = 0,05$  м;

- при виливанні у піддон або обвалування:	$h = H - 0,2, \text{ м}, \quad (2.7)$ <p>де <math>H</math> – висота піддону, обвалування, м.</p>
---	--

– погодні умови залишаються незмінними продовж 4-х годин;

– стан атмосфери – інверсія;

– швидкість вітру – 1 м/с.

Зони зараження під час викидання і розливання НХР в залежності від їх фізичних властивостей і агрегатного стану розраховуються за первинною і вторинною хмарами, а саме для:



- зріджених газів – за первинною і вторинною хмарами;
- стиснутих газів – тільки за первинною хмарою;
- рідин, що киплять вище температури навколишнього середовища – тільки за вторинною хмарою.

Базовими при прогнозуванні є:

- отруйна речовина – хлор;
- стан атмосфери – інверсія;
- швидкість приземного вітру – 1 м/с.

При прогнозуванні хімічної обстановки визначаються:

- 1) глибина зони зараження –  $\Gamma$ , км;
- 2) площа зони зараження –  $S$ , км<sup>2</sup>;
- 3) час підходу хмари НХР до заданого об'єкта –  $\tau_{\text{підх}}$ , годин;
- 4) тривалість уражаючої дії НХР –  $\tau_{\text{НХР}}$ , годин;
- 3) можливі втрати людей –  $N_{\text{п}}$ , осіб.

Результати прогнозу хімічної обстановки наносяться на топографічні карти або плани міста, об'єкта.

**Прогнозування починається з визначення еквівалентної кількості хлору.**

Базовою отруйною речовиною прийнято хлор і отримано числові результати з прогнозування зони хімічного зараження хлором. Для використання цих даних для інших НХР необхідно для конкретного НХР визначити еквівалентну кількість хлору.

Еквівалентна для НХР кількість хлору – це така кількість хлору, масштаб зараження якою при інверсії еквівалентний масштабу зараження при цьому ж ступені вертикальної стійкості повітря кількістю НХР, що перейшла в первинну або вторинну хмару.

Формули для визначення еквівалентної кількості хлору:

- за первинною хмарою:

$$G_{\text{e1}} = k_1 \cdot k_3 \cdot k_5 \cdot k_7 \cdot G, \text{ т}; \quad (2.8)$$

- за вторинною хмарою:

$$G_{e2} = (1 - k_1) \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4 \cdot k_5 \cdot k_6 \cdot k_7 \cdot \frac{G}{n \cdot \rho_p}, \text{ т}; \quad (2.9)$$

- у разі руйнування ХНО (одночасний викид усіх НХР на ХНО):

$$G_e = 20 \cdot k_4 \cdot k_5 \sum_{j=1}^n k_{2j} \cdot k_{3j} \cdot k_{6j} \cdot k_{7j} \cdot \frac{G_j}{\rho_j}, \text{ т}, \quad (2.10)$$

де індекс «j» означає належність показника до j-му НХР.

У формулах (4.9–4.10) приведені наступні коефіцієнти:

$k_1$  – коефіцієнт, що залежить від умов зберігання НХР:

1 – для стиснутих газів,

$k_1$  – для іншого агрегатного стану по таблиці 2.3,

$$k_1 = \frac{C_p \cdot dt}{H_{\text{вип}}} \text{ – для рідких НХР, яких немає в таблиці 2.3,}$$

де  $C_p$  – питома теплоємність НХР, кДж/(кг·К);  $dt$  – різниця температур рідкого (НХР) до і після виходу в навколишнє середовище, град.;  $H_{\text{вип}}$  – питома теплота випаровування рідкого НХР при температурі випаровування кДж/кг.

$k_2$  – коефіцієнт, що враховує випаровування НХР при відсутності вітру і температурі 20°C, коефіцієнт залежить від фізико-хімічних властивостей речовини:

$k_2$  – за таблицею 2.3,

$$k_2 = 1 \cdot 10^{-6} \cdot P \cdot \sqrt{M} \text{ – для НХР, яких немає в таблиці 2.3,}$$

де  $P$  – тиск насиченої пари речовини при температурі повітря 20°C, кПа.;  $M$  – молекулярна маса речовини.

$k_3$  – коефіцієнт, дорівнює відношенню граничної токсидози хлору до

токсидози іншого НХР:

$$k_3 = \frac{0,6}{Cl_{t.50}} - \text{для НХР, яких немає в таблиці 2.3,}$$

де  $Cl_{t.50}$  – гранична токсидоза, визначається за формулою:

$$Cl_t \cdot 50 = 240 \cdot Z_{\text{НХР}} \cdot \text{ГДК}, \quad (2.11)$$

де  $Z_{\text{НХР}} = 5$  – для газів що подразнюють,  $9$  – для усіх інших газів.

$k_4$  – коефіцієнт, що враховує вплив швидкості вітру:

$$k_4 = 0,3342 \cdot v_n + 0,6658, \quad (2.12)$$

де  $v_n$  – швидкість приземного вітру, (м/с).

$k_5$  – коефіцієнт, що враховує стан атмосфери – ступінь вертикальної стійкості повітря:

$$k_5 = \begin{cases} 1 & \text{– при інверсії,} \\ 0,23 & \text{– при ізотермії,} \\ 0,08 & \text{– при конвекції.} \end{cases}$$

$k_6$  – коефіцієнт, що залежить від часу, який пройшов після початку аварії (виходу/викиду НХР) –  $\tau$ , визначається після розрахунку тривалості випаровування речовини  $\tau_{\text{вип}}$  (2.21):

$$k_6 = \begin{cases} 1 & \text{– якщо } \tau_{\text{вип}} < 1 \text{ год,} \\ \tau_{\text{вип}}^{0,8} & \text{– якщо } \tau_{\text{вип}} < \tau, \\ \tau^{0,8} & \text{– якщо } \tau_{\text{вип}} > \tau. \end{cases}$$

$k_7$  – коефіцієнт, що враховує вплив температури повітря на швидкість випаровування і поширення НХР:

$k_7$  – за таблицею 2.3,

$k_7 = 1$  – для НХР, яких немає в таблиці 2.3.

Таблиця 2.3

Коефіцієнти для прогнозування зон зараження

Найменування НХР	По- ріг. То-	Значення коефіцієнтів						
		k	k <sub>2</sub>	k <sub>3</sub>	k <sub>7</sub> для температури			
					-20°C	0°C	20°C	40°C
Аміак підтиском ізотермічне збереження	15	0,18	0,025	0,04	0,3/1	0,6/1	1/1	1,4/1
	15	0,01	0,025	0,04	1/1	1/1	1/1	1/1
Водень миш'яковистий фтористий хлористий бромистий ціаністий	0,2	0,17	0,054	0,86	0,5/1	0,8/1	1/1	1,2/1
	4	0	0,028	0,15	0,2	0,5	1	1
	2	0,28	0,037	0,3	0,6/1	0,8/1	1/1	1,2/1
	2,4	0,13	0,055	6	0,5/1	0,8/1	1/1	1,2/1
	0,2	0	0,026	3	0	0,4	1	1,8
3. Метиламін	1,2	0,13	0,034	0,5	0/0,7	0,5/1	1/1	2,5/1
4. Метил бромистий хлористий	1,2	0,04	0,039	0,5	0/0,4	0/0,9	1/1	2,3/1
	10,8	0,12	0,044	0,06	0,1/1	0,6/1	1/1	1,5/1
	5							
5. Метилакрілат	6	0	0,005	0,03	0,2	0,4	1	3,1
6. Нітрил акрило- вої кислоти	0,75	0	0,007	0,8	0,1	0,4	1	2,4
7. Окисли азоту	1,5	0	0,04	0,04	0	0,4	1	1
8. Сірчаний ангід- рид	1,8	0,11	0,49	0,03	0/0,5	0,3/1	1/1	1,7/1
9. Сірководень	16,1	0,27	0,042	0,04	0,5/1	0,8/1	1/1	1,2/1

10. Сірковуглець	45	0	0,021	0,01	0,2	0,4	1	2,1
11. Соляна кислота	2	0	0,021	0,3	0,1	0,3	1	1,6
12. Формальдегід	0,6	0,19	0,034	1	0/1	0,5/1	1/1	1,5/1
13. Фтор	0,2	0,95	0,038	3	0,8/1	0,9/1	1/1	1,1/1
14. Фосген	0,6	0,05	0,061	1	0/0,3	0/0,7	1/1	2,7/1
15. Хлор	0,6	0,18	0,052	1	0,3/1	0,6/1	1/1	1,1/1
16. Хлорпікрин	0,02	0	0,002	30	0,1	0,3	1	2,9
17. Хлорціан	0,75	0,04	0,048	0,8	0/0	0/0,6	1/1	3,9/1

Значення  $k_7$ : у чисельнику – для первинної хмари, у знаменнику – для вторинної хмари.

Таблиця 2.4

Значення коефіцієнта  $k_4$ 

Коефіцієнт	Швидкість вітру, м/с										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	15
$k_4$	1	1,33	1,67	2,0	2,34	2,67	3,0	3,34	3,67	4,0	5,68

Коефіцієнти  $k_1, k_2, k_3, k_6$  враховують перехід від хлору до іншої НХР, а коефіцієнти  $k_4, k_5, k_7$  враховують інші, що відрізняються від базових, метеорологічні умови.

Глибина зони зараження – це основний параметр, що характеризує поширення НХР при викиді або розлитті в навколишнє середовище.

Прогнозування глибини зони хімічного зараження НХР полягає у визначенні глибини зони зараження для еквівалентної кількості хлору за первинною і вторинною хмарами. Вихідні дані:

- прогнозування за первинною хмарою:
  - 1) еквівалентна кількість хлору за первинною хмарою –  $G_j$ ;
  - 2) швидкість приземного вітру –  $V$ .

• прогнозування за вторинною хмарою:

1) еквівалентна кількість хлору по вторинній хмарі –  $G_2$ ;

2) швидкість приземного вітру –  $V$ .

По таблицю 2.5 визначається глибина  $\Gamma_1$  зони зараження для первинної хмари і глибина  $\Gamma_2$  зони зараження для вторинної хмари:

$$\Gamma_1 = (G_1, V); \quad \Gamma_2 = (G_2, V), \text{ км.} \quad (2.13)$$

Таблиця 2.5

Глибини зон можливого зараження НХР, км

Швидкість вітру, м/с	Еквівалентна кількість								
	0,01	0,05	0,1	0,5	1	5	10	50	100
1	0,38	0,85	1,25	3,16	4,75	12,53	19,2	52,6	81,91
2	0,26	0,59	0,84	1,92	2,84	7,2	10,8	28,7	44,09
3	0,22	0,48	0,68	1,53	2,17	5,43	7,96	20,5	31,3
4	0,19	0,42	0,59	1,33	1,88	4,36	6,46	16,4	24,8
5	0,17	0,38	0,53	1,19	1,68	3,75	5,53	13,8	20,82
6	0,15	0,34	0,48	1,09	1,53	3,43	4,88	12,1	18,13
7	0,14	0,32	0,45	1	1,42	3,17	4,49	10,8	16,17
8	0,13	0,3	0,42	0,94	1,33	2,97	4,2	9,9	14,68
9	0,12	0,28	0,4	0,88	1,25	2,8	3,96	9,12	13,5
10	0,12	0,26	0,38	0,84	1,19	2,66	3,76	8,5	12,54
11	0,11	0,25	0,36	0,8	1,13	2,53	3,58	8,01	11,74
12	0,11	0,24	0,34	0,76	1,08	2,42	3,46	7,67	11,06
13	0,10	0,23	0,33	0,74	1,04	2,37	3,29	7,37	10,48
14	0,10	0,22	0,32	0,71	1	2,24	3,17	7,1	10,04
15	0,10	0,22	0,31	0,69	0,97	2,17	3,07	6,86	9,7

Примітка: 1. При швидкості вітру менше 1 м/с розміри зон зараження приймати як при швидкості вітру 1 м/с.

2. При швидкості вітру більше 15 м/с розміри зон зараження приймати як

Глибина зони зараження при спільній дії первинної і вторинної хмар  $\Gamma_0$  визначається:

$$\Gamma_0 = \Gamma' + 0,5\Gamma'', \text{ км}, \quad (2.14)$$

де  $\Gamma'$ ,  $\Gamma''$  - найбільший і найменший з розмірів  $\Gamma_1$  і  $\Gamma_2$ :

$$\Gamma' = \max(\Gamma_1, \Gamma_2); \quad \Gamma'' = \min(\Gamma_1, \Gamma_2). \quad (2.15)$$

Для остаточного рішення про глибину зони зараження необхідно визначити глибину зони зараження  $\Gamma_\tau$  що сформувалася на момент часу, який минув з початку аварії (виходу або викиду НХР):

$$\Gamma_\tau = \tau \cdot V_{\text{пер}}, \text{ км}, \quad (2.16)$$

де  $\tau$  – час від початку аварії (початку виходу НХР), год.;  $V_{\text{пер}}$  – швидкість перенесення переднього фронту зараженого повітря при заданій швидкості вітру  $V$  ступеня вертикальної стійкості повітря, км/год:

$$V_{\text{пер}} = \begin{cases} 2,2 \cdot V & \text{– при інверсії,} \\ 5,81 \cdot V & \text{– при ізотермі,} \\ 7 \cdot V & \text{– при конвекції.} \end{cases}$$

Порівнюючи значення глибини  $\Gamma_0$  зони зараження при дії первинної і вторинної хмар з можливою глибиною зони  $\Gamma_\tau$  сформованої на конкретний момент часу після початку аварії, вибираємо менше з цих значень:

$$\Gamma = \min(\Gamma_0, \Gamma_\tau), \text{ км}, \quad (2.17)$$

яке є остаточною оцінкою глибини зони зараження.

#### **Визначення площі хімічного зараження.**

Зона хімічного зараження являє собою сектор. Площа зони хімічного

зараження  $S$  визначається за формулою:

$$S = 8,72 \cdot 10^{-3} \cdot \Gamma^2 \cdot f^0, \text{ км}, \quad (2.18)$$

де  $f^0$  – кутові розміри зони можливого зараження, град, залежить від швидкості приземного вітру (таблиця 2.6).

Таблиця 2.6

Кутові розміри зони можливого зараження

Швидкість вітру, м/с	менше 0,5	0,6–1,0	1,1–2,0	більш 2,0
Кутові розміри, град., $f^0$	360	180	90	45

Площа  $S$  зони зараження – це площа максимально можливої зони зараження, глибина якої визначається за формулою 5.18. У конкретний момент часу  $\tau$ , що пройшов після початку аварії (виходу або викиду НХР) площа зони – позначимо її  $S_\tau$  – буде меншою, тобто  $S_\tau < S$ . Площа  $S_\tau$  обчислюється по формулі:

$$S_\tau = k_8 \cdot \Gamma^2 \cdot \tau^{0,2}, \text{ км}^2 \text{ при } \tau < \tau_{\text{вип}}, \quad (2.19)$$

де  $k_8$  – коефіцієнт, що залежить від ступеня вертикальної стійкості повітря, приймається рівним:

$$k_8 = \begin{cases} 0,081 & \text{– при інверсії,} \\ 0,133 & \text{– при ізотермі,} \\ 0,233 & \text{– при конвекції.} \end{cases}$$

Розрахована і нанесена на карту (схему) зона зараження є по суті справжньою зоною можливого зараження. Фактична зона зараження має форму еліпса і входить у зону можливого зараження. Але через можливі переміщення хмари НХР під впливом змін напрямку вітру зображення зони фактичного заражен-



ня на карти (схеми) не наноситься.

Час підходу хмари НХР до заданого об'єкта залежить від швидкості перенесення хмари повітряним потоком і визначається за формулою:

$$\tau_{\text{підх}} = \frac{L}{V_{\text{пер}}}, \text{ год}, \quad (2.20)$$

де  $L$  – відстань від джерела зараження до об'єкта, км.

Тривалість уражаючої дії НХР визначається часом її випаровування з площі розливу. Час випаровування НХР  $\tau_{\text{вип}}$  із площі розливу визначається за формулою:

$$\tau_{\text{вип}} = \frac{h \cdot \rho_p}{k_2 \cdot k_4 \cdot k_7}, \text{ год}. \quad (2.21)$$

Для прогнозування можливих втрат людей необхідно визначити зону хімічного ураження. Для цього за нанесеною на карту (схему) обстановкою обчислимо графічним або іншим методом можливу площу ураження  $S_{\text{п}}$  – частина населеного пункту (міста і т. ін.).

Очікувані втрати людей залежать, насамперед, від кількості людей  $N$ , які перебувають (проживають, працюють) у зоні зараження. Ця кількість  $N$  визначається:

$$N = \begin{cases} S \rho_{\text{нас}} & \text{— для територій,} \\ N_{\text{спис}} & \text{— для об'єкта,} \end{cases}$$

де  $S$  – площа зони зараження, км<sup>2</sup>;  $\rho_{\text{нас}}$  – щільність населення в зоні зараження, чол/м<sup>2</sup>;  $N_{\text{спис}}$  – кількість працюючих на об'єкті згідно із списком.

Очікувані втрати людей  $N_n$  у зоні зараження рівні:

$$N_n = k_e \cdot k_n \cdot k_3 \cdot N, \text{ чол.}, \quad (2.22)$$

де  $k_e$  – коефіцієнт, що враховує евакуацію населення,  $k_e < 1$ ;  $k_n$  – коефіцієнт, що враховує умови перебування людей (відкрито, у квартирах, в укриттях)  $k_n < 1$ ;  $k_3$  – коефіцієнт, що враховує забезпеченість населення (що працюють на об'єкті) індивідуальними засобами захисту,  $k_3 < 1$ .

Максимальні втрати будуть при рівності всіх коефіцієнтів ( $k_e, k_n, k_3$ ) одиниці і при цьому  $N_n = N$ . При інших значеннях коефіцієнтів  $k_e, k_n, k_3$  можливі втрати у відсотках від числа  $N$  (визначається за таблицею 2.7).

Таблиця 2.7

## Можливі втрати від НХР, %

Умови перебування людей	Забезпеченість протигазами, %									
	0	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Відкрито	90-100	75	65	58	50	40	35	25	18	10
Найпростіші укриття, будинки	50	40	35	30	27	22	18	14	9	4

Структура втрат людей в осередку зараження:

- 25% – ураження людей легкого ступеня;
- 35% – ураження людей середнього і важкого ступеня;
- 40% – ураження людей зі смертельним результатом.

За результатами прогнозу приймаються рішення про обсяг необхідної медичної допомоги населенню, а також оцінюється індивідуальний і соціальний ризик хімічного зараження.

Проводиться під час виникнення аварії за даними розвідки для уточнення даних оперативного прогнозування, визначення наслідків аварії та порядку дій в зоні забруднення.

**Для аварійного прогнозування використовуються наступні дані:**

- загальна кількість НХР в ємності на момент аварії;
- характер розливу;
- висота обвалування;
- реальні метеорологічні умови на час аварії;
- середня щільність населення для місцевості, над якою розповсюджується хмара НХР.

Для скорочення часу аварійного прогнозування використовується методика приблизних розрахунків, а саме глибина зони хімічного зараження для деяких НХР надається у вигляді таблиці. Надані дані справедливі для відкритої місцевості, не обвалованих ємностей, швидкості вітру 1 м/с та стану атмосфери (ізотермія).

Таблиця 2.8

Залежність глибини зони зараження від кількості НХР

Назва НХР	Кількість НХР в ємностях, т					
	5	10	25	50	75	100
Хлор, фосген	4,6	7,0	11,5	16,0	19,0	21,0
Аміак	0,7	0,9	1,3	1,9	2,4	3,0
Сірчаний ангідрид	0,8	0,9	1,4	2,0	2,5	3,5
Сірководень	1,1	1,5	2,5	4,0	5,0	8,8

При інверсії глибина розповсюдження хмари збільшується приблизно в 5 разів, при конвекції відповідно зменшується в 5 разів.

В населених пунктах та в лісових масивах глибина зменшується приблизно у 3,5 рази при відповідній стійкості атмосфери.

Для обвалованих ємностей глибина розповсюдження хмари зменшується у 1,5 рази.

При швидкості вітру більше 1 м/с вводяться додаткові коефіцієнти які

наведені в таблиці 2.9.

Таблиця 2.9

Поправочні коефіцієнти які враховують вплив швидкості вітру  
на глибину зони зараження

Ступінь вертика- льної стійкості ат- мосфери	Швидкість вітру, м/с					
	1	2	3	4	5	6
Інверсія	1,00	0,60	0,45	0,38	-	-
Ізотермія	1,00	0,71	0,55	0,50	0,45	0,41
Конвекція	1,00	0,70	0,62	0,55	-	-

Ширина зони хімічного зараження приймається відповідно:

при інверсії  $Ш=0,03 \cdot Г$ ,

при ізотермії  $Ш=0,15 \cdot Г$ ,

при конвекції  $Ш=0,8 \cdot Г$ .

Приблизну площу зони хімічного зараження можна визначити за формулою:

$$S = 0,5 \cdot Г \cdot Ш . \quad (2.23)$$

Час підходу зараженої хмари визначається як в попередньому випадку.

Час випаровування деяких речовин наведено в таблиці 2.10.

Час випаровування деяких НХР, годин  
(швидкість вітру 1м/с)

Вид НХР	Характер виливу	
	Вільно	В обвалування
Хлор	1,3	22
Фосген	1,4	23
Аміак	1,2	20
Сірчаний ангідрид	1,3	20
Сірководень	1,0	19

Таблиця 2.11

Поправочні коефіцієнти, які враховують швидкість вітру  
на час випаровування

Швидкість вітру, м/с	1	2	3	4	5	6
Значення коефіцієнтів	1,00	0,40	0,55	0,43	0,37	0,32

При прогнозуванні можливих зон зараження речовинами, відомості про які відсутні в довідковій літературі, рекомендується підбирати для нього близькі за властивостями речовини. Основним критерієм при їх порівнянні повинна бути температура кипіння.

Для нанесення даних аварійного прогнозування на карти та схеми доцільно використовувати лінійку для визначення розмірів зони зараження.

## РОЗДІЛ 3

### АНАЛІЗ ОРГАНІЗАЦІЇ АВАРІЙНО-РЯТУВАЛЬНИХ РОБІТ НА ОБ'ЄКТАХ З НАЯВНІСТЮ НХР

#### **3.1. Аналіз змісту оперативних дій.**

Виходячи з того, що у разі виходу НХР в атмосферу утворюється зона хімічного зараження, яка може мати значні розміри та призвести до ураження не захищених людей, основними завданнями під час ліквідації аварії на ХНО є:

- локалізація зони хімічного ураження з одночасною евакуацією людей з небезпечного місця;
- припинення виходу НХР в навколишнє середовище.

Для успішного вирішення цих завдань необхідна попередня підготовка пожежно-рятувальних підрозділів, яка включає в себе знання та виконання наступних дій:

1. Розвідка.
2. Пошук та евакуація потерпілих.
3. Локалізація зони зараження.
4. Ліквідація джерела зараження.
5. Дегазація території, техніки та обладнання.
6. Санітарна обробка особового складу.

Схематично процес ліквідації аварії можна представити у наступному вигляді, що показано на рисунку 3.1.

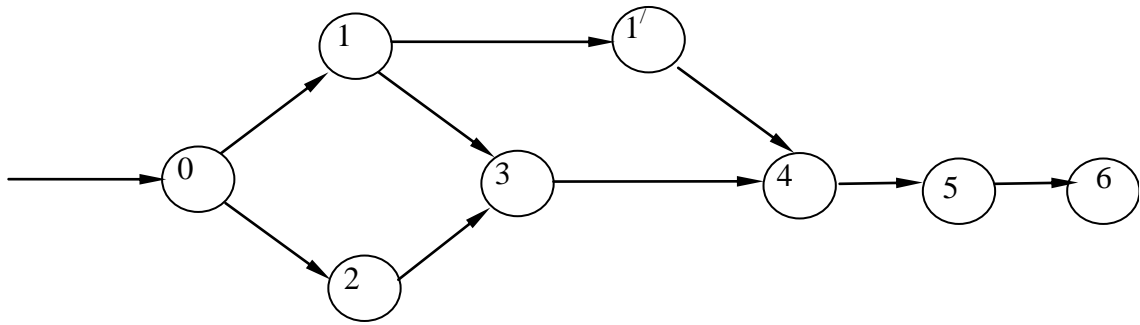


Рис. 3.1. – Послідовність виконання операцій під час ліквідації аварій з викидом НХР

**0-1-1' Розвідка.** 0-1 Загальна розвідка. Завдання:

- встановити вид НХР, місце та характер аварії (викид або витікання);
  - визначити приблизну зону зараження;
  - визначити наявність, кількість та можливі місця перебування людей на об'єкті;
- визначити можливість вибуху або пожежі.

1-1' Хімічна розвідка. Завдання:

- визначити межі зони хімічного зараження, а також межі вибухонебезпечної зони;
- визначити вид та наявність на об'єкті нейтралізуючих речовин.

За результатами розвідки приймаються наступні рішення:

- про необхідність, порядок та напрямок евакуації людей з об'єкта та території, що розташована поруч;
- про необхідну кількість сил та засобів для ліквідації аварії;
- про спосіб захисту особового складу;
- про вид, кількість та спосіб подання нейтралізуючих речовин в осередок ураження;
- про спосіб припинення виходу НХР в навколишнє середовище, а також сили та засоби, що потрібні для цього.

**0-2 Пошук та евакуація потерпілих.**

Під час розшуку потерпілих потрібно керуватися наступними правилами-

ми:

- потерпілих слід шукати на робочих місцях, шляхах евакуації, на території, починаючи з місць, розташованих поблизу джерела аварії за вітром;
- якщо речовина, що вийшла, важча за повітря, то особливу увагу слід надавати нижче розташованим поверхам будівель та підвалам, а також заниженим ділянкам території;
- якщо речовина легша за повітря, то відповідно – верхнім;
- використовувати відомості про кількість робочих, які знаходилися на об'єкті, а також можливі місця їх знаходження;
- в міру відшукування потерпілі евакуюються з небезпечної зони найкоротшим шляхом до пункту прийому.

### **1,2-3 Локалізація зони хімічного зараження.**

Полягає в припиненні розповсюдження отруйної речовини в навколишньому середовищі досягається наступним чином:

- зменшенням швидкості випаровування за рахунок ізоляції шару НХР повітряно-механічною піною (ПМП) середньої кратності (ефективно для тих НХР, які не розчинюються або погано розчинюються у воді), а також зв'язуючих матеріалів (пісок, ґрунт тощо) з наступним видаленням;



Рис. 3.2. – Накриття шаром піни місця розливання НХР



– зменшенням концентрації НХР у вторинній хмарі за допомогою водяних завіс з розпилених струменів, які встановлюються на шляху розповсюдження хмари НХР, як це показано на рис. 3.3.

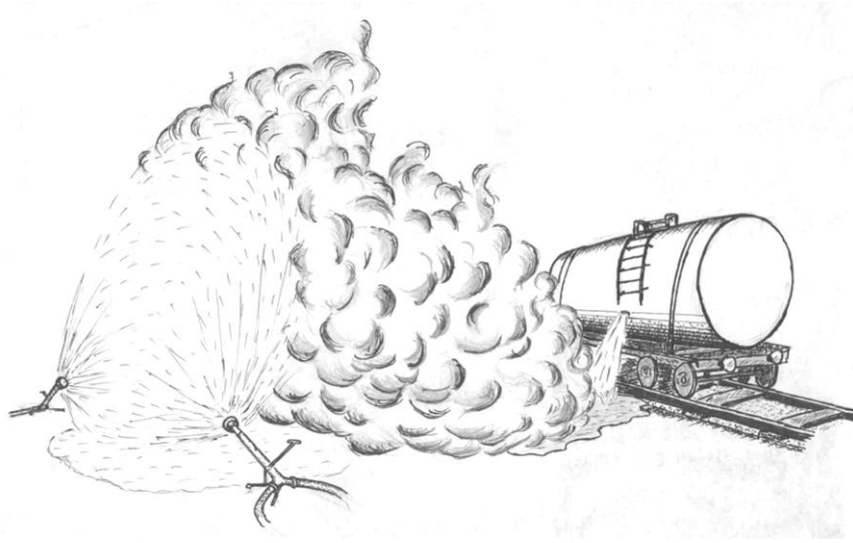


Рис. 3.3. – Встановлення водяної завіси тонко розпиленими струменями води.

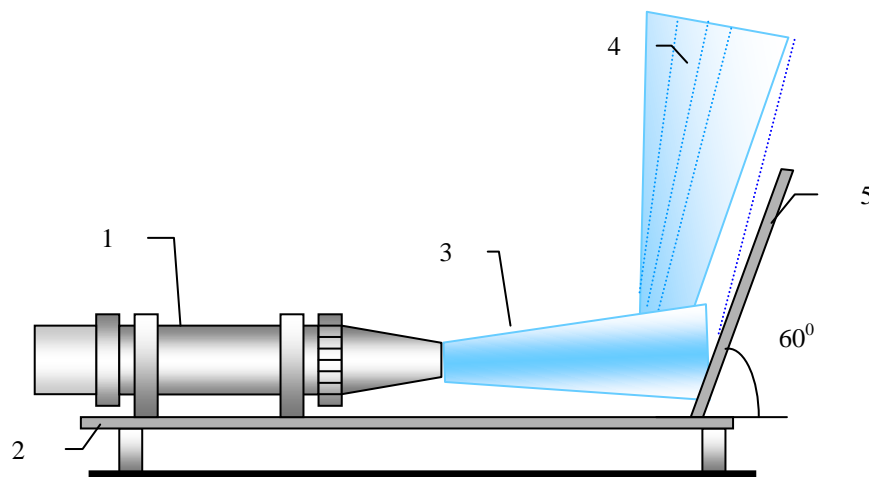


Рис. 3.4. – Прилад для подачі розпиленої води  
1 – пожежний ствол; 2 – платформа; 3 – компактний струмінь;  
4 – розпилений струмінь; 5 – відбійна стінка.

- розсіюванням хмари за допомогою димовсмоктувачів;
- нейтралізацією розлитого НХР за рахунок подання нейтралізую-

чих речовин (наприклад, кислота нейтралізується лужним розчином).

### 3-4 Ліквідація джерела зараження.

Полягає в припиненні потрапляння НХР в навколишнє середовище. Це досягається:

- перекриттям засувки на трубопроводах, по яких подається речовина;
- перекачуванням НХР з пошкоджених ємностей в резервні. Для цього на місце пошкодження накладається пневматичний пластир зі спеціальної гуми, з-під нього викачується повітря і НХР перетікає в резервну ємність, що показано на рис. 3.5.

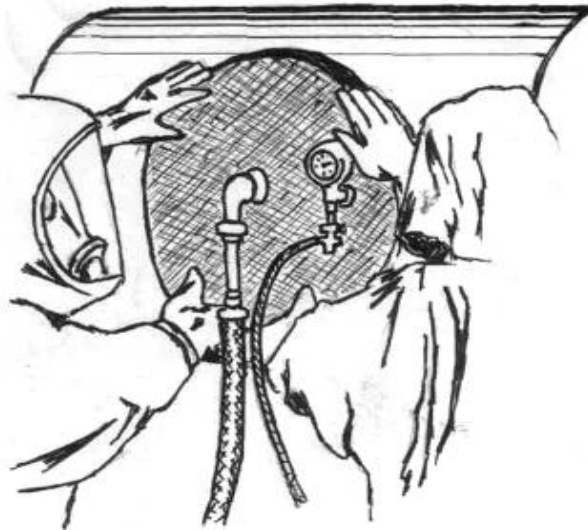


Рис. 3.5. – Перекачування НХР з пошкодженої ємності

- відновленням герметичності трубопроводів за допомогою пневматичних бандажів. Для цього на місце пошкодження накладається пневматичний бандаж зі спеціальної гуми, закріплюється на трубопроводі. В нього подається повітря під тиском, в результаті чого він збільшується в об'ємі і перекриває місце витікання, що показано на рис. 3.6.



Рис. 3.6. – Герметизація трубопроводів

Для відновлення герметичності фланцевих з'єднань трубопроводів використовують різноманітні матеріали, такі як ізолюючі стрічки з хімічно стійкого матеріалу або герметизуючу пасту, яку наносять на стики фланців, як показано на рис. 3.7.



Рис. 3.7. – Герметизація фланцевих з'єднань

– відновленням герметичності ємностей за допомогою пневматичних бандажів та заглушок. Для цього на місце пошкодження накладається пнев-

матичний бандаж зі спеціальної гуми, закріплюється на цистерні. В нього подається повітря під тиском, він збільшується в об'ємі і перекриває місце витікання, що показано на рис. 3.8.

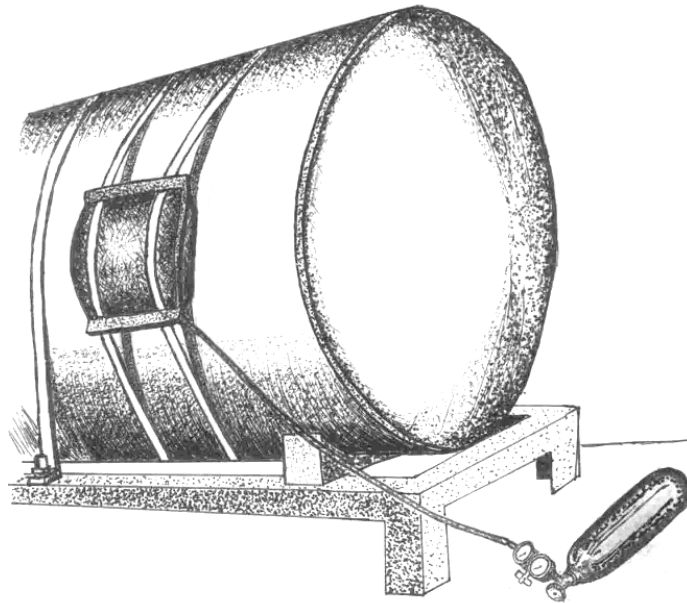


Рис. 3.8. – Накладання пневматичного пластиру на цистерну

Для затискання пошкодженої цистерни заглушкою необхідно ввести гумову заглушку в пробойну та подати в неї повітря під тиском від балона або насоса.



Рис. 3.9. – Затискання пробойни пневматичною заглушкою

### **3.2. Організація та виконання дегазації та санітарної обробки.**

У результаті великих виробничих аварій, катастроф на хімічно небезпечних об'єктах, під час перевезення НХР люди, місцевість, будинки і споруди, транспортні засоби і техніка, вода, продовольство, харчова сировина можуть бути заражені НХР.

Для того щоб виключити їх шкідливий вплив, забезпечити нормальну життєдіяльність, необхідно виконати комплекс робіт із знезаражування (дегазації) території, будівель, техніки та обладнання.

Для провадження робіт із знезараження район аварії умовно поділяється на «чистий», тобто незаражена ділянка місцевості, і «брудний», що включає в себе осередок аварії і зону зараження.

Дегазація може здійснюватися механічним, фізичним і хімічним способами.

**Механічний спосіб** – видалення зараженого шару на глибину проникнення НХР. Дегазація механічним шляхом проводиться в такий спосіб: відділяється заражений шар землі, снігу, фуражу, продукту. Грунт, звичайно, знімають на глибину 10 см, сніг – 20–25 см. В окремих випадках заражену ділянку засипають землею, піском, торфом, роблять настил з колод, дошок, гілок.

**Фізичний спосіб** – розкладання НХР за допомогою високих температур, видалення розчинниками. При фізичному способі верхній шар пропалюють паяльною лампою або спеціальними вогнеутворюючими пристосуваннями. З розчинників використовують дихлоретан, чотирхлористий вуглець, бензин, гас, спирт.

**Хімічний спосіб** – нейтралізація або розкладання НХР хімічними засобами. Різні види НХР знезаражуються різними речовинами.

Дегазуючими – називають речовини, які вступаючи у взаємодію з НХР, руйнують їх та утворюють нетоксичні з'єднання.

З хлористих препаратів застосовують хлорне вапно у вигляді порошку, водної кашки (на 1 л води 2 кг хлорні вапна) або розчину (4% активного хло-

ру); водну кашку гіпохлориду кальцію – ДС–ГК (на 4 л води 1 кг гіпохлориду кальцію ); ДТС–ГК (на 10 л води 1 кг гіпохлориду кальцію); 2–5 % водний розчин хлораміну. Слід пам'ятати, що водні кашки хлорного вапна і 2,3 основної солі гіпохлориду кальцію готують безпосередньо перед застосуванням. У деяких випадках використовують луги: водний розчин гідроксиду калію КОН або гідроксиду натрію NaOH у концентрації до 10%; 20–25% водний розчин аміаку; лужні відходи промислових підприємств.

Узимку застосовують підігріті розчини лугу або 50% розчин хлористого сульфуриту в діхлоретані, аміачно-лужний розчин і 20–25% водний розчин аміаку.

У теплий час року для дегазації можна використовувати місцеві матеріали.

Суха подрібнена глина, якщо неважко у великих кількостях одержати на цегельних та інших заводах, що мають відповідне устаткування, може служити для дегазації твердих дорожніх покриттів при зараженні краплинно-рідкими НХР. Нею посипають дорогу за допомогою машин або вручну, а через 10–15 хвилин скраплюють водою. На 1 м<sup>2</sup> зараженої поверхні потрібно 1–2 кг глини і 1,5 л води. Кашку, що утвориться, ретельно перетирають щітками підмітально-прибиральних машин або звичайних мітел. Потім кашку змивають (зіскрібають) мітлами (лопатами). Використання сухої глини для дегазації засновано на її здатності всмоктувати і поглинати краплі НХР і пари. Краплі НХР вступають у взаємодію з речовинами основного характеру, що містить глина. При перетиранні глини з водою НХР руйнуються швидше, скорочується час дегазації.

Можна використовувати глину й у її звичайному вигляді, наприклад, для проходження через заражену ділянку. Для цього сиру, але не перезволожену глину розсипають шаром завтовшки 5–8 см. Після виведення по ходу людей глину збирають, вивозять за межі населеного пункту і зсипають у визначеному місці для природної дегазації. Звільнений від глини прохід необхідно потім дегазувати, як і всю іншу заражену територію.

Золу, пісок, щебінь, шлак, опилки та інші пористі матеріали можна використовувати для ізоляції зараженої НХР поверхні.

Гашене і негашене вапно – засіб для дегазації різних поверхонь. Перед застосуванням негашене вапно гасять рівною за вагою кількістю води. Потім готують знезаражувальний розчин з розрахунку цебра гашеного вапна на два цебра води. Його наносять на поверхню щітками.

На багатьох промислових підприємствах є рідкі відходи, більшість яких теж можна використовувати для дегазації. Такі відходи, що містять речовини основного характеру, утворюються під час очищення нафтопродуктів від кислот і сполук сірки, під час очищення газів у газовій промисловості, на фабриках з виробництва віскозного волокна, під час переробки бавовни.

Для видалення НХР із заражених поверхонь придатні гас, бензин, органічні розчинники, потрібно тільки дотримуватися обережності адже, розчиняючи НХР, ці рідини самі стають небезпечними. Слід мати на увазі, що за допомогою цих речовин можна видаляти НХР із заражених поверхонь, що не вбирають розчинники, наприклад, з металевих частин машин. Для дегазації дерев'яних кузовів автомобілів їх застосовувати вже не рекомендується. Розчинники, що містять НХР, всмоктуються в дошки, що визначений час будуть становити небезпеку для людей. Тому для дегазації гумових і дерев'яних виробів використовують хлоровапняну кашку, суспензію ДТС–ГК, ДС–ГК, і розчини зазначених препаратів, що дегазують.

Природно, що місцеві знезаражувальні матеріали менш ефективні, ніж табельні, тому що в них утримується менша кількість активних речовин. Наприклад, хлорне вапно, що є продуктом обробки гашеного вапна газоподібним хлором, містить 32–36% активного хлору. Тому норма витрати хлорного вапна на 1 м<sup>2</sup> поверхні складає 0,5 кг, а місцевих вапняних, зольних і ґрунтових матеріалів – 1–2 кг. Однак у місцевих знезаражувальних матеріалів є і переваги, насамперед, – доступність і простота застосування.

Треба пам'ятати, що згодом відбувається самодегазація НХР за рахунок

випаровування, усмоктування в ґрунт і хімічне розкладання. Підвищення температури повітря і збільшення швидкості вітру прискорюють випаровування, а атмосферні опади розкладають деякі НХР.

У першу чергу дегазують під'їзні колії і об'єктові дороги, а потім заражені ділянки місцевості і предмети. Під час дегазації особливу увагу звертають на місця, де можливі затримки парів на території об'єкта і на шляху їх поширення в житловій зоні. Ці ділянки повинні бути виявлені заздалегідь, а в разі аварії – розвідані і ретельно продегазовані. Для знезаражування території застосовують наступні способи: поливання розчинами, що дегазують, розсіпання сухих речовин, що дегазують, зняття і видалення зараженого шару ґрунту або снігу, засипання незараженою землею, улаштування настилів. При цьому використовують поливально-мийні машини, машини що розкидають пісок, підмітально-прибиральні машини, снігоочисники, бульдозери, скрепери, сільськогосподарську і будівельну техніку.

Дегазацію будівель, споруд починають із зовнішніх поверхонь, а потім обробляють внутрішні приміщення. Стіни будинків дегазують кашкою або розчинами. Для нанесення кашки використовують агрегати, що застосовуються в будівництві, рідкі речовини наносять розпилювачами. Спочатку змочують розчином, що дегазує, потім очищають приміщення від сміття. Тільки після цього використовують речовини, що дегазують. Оброблені ними поверхні промивають водою. Приміщення, меблі і предмети домашнього побуту дегазують провітрюванням. При зараженні краплинно-рідкими НХР їх обтирають дрантям, змоченим розчином, що дегазує.

При частковій дегазації транспорту знезаражуються тільки ті місця, з якими найчастіше доводиться стикатися. Повна дегазація автомобілів проводиться на станції знезаражування або на дегазаційних площадках. Місцем їх розгортання, як правило, служать автотранспортні контори, автобази, станції технічного обслуговування, а також спеціально обладнані території. Знезаражування транспортних засобів і техніки проводиться за межами зараженої місцевості.



Після дегазації транспорту обслуговуючий його персонал і водії залишають для знезараження в спеціально відведеному для цього місці одяг, взуття та засоби індивідуального захисту, а самі проходять санітарну обробку.

Основними способами дегазації зараженого одягу є: провітрювання, вимочування, кип'ятіння у воді і прання. Руйнування НХР при дегазації кип'ятінням проходить швидше з додаванням соди й інших мийних речовин. Кип'ятять одяг в місткостях, стирають у пральних машинах.

Слід пам'ятати, що під час обробки техніки, транспорту, місцевості і споруд, крім засобів захисту органів дихання потрібно застосовувати і засоби захисту шкіри. Необхідно також дотримуватися терміну перебування в захисному одязі без вентиляції. Граничні терміни безперервного перебування в захисному одязі, наведені в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1

Допустимі терміни безперервного перебування в захисному одязі

Температура повітря, °С	Час перебування
+ 30 і вище	15–20 хв
+25 – +29	до 30 хв
+20 – +24	40–50 хв
+15 – +19	До 2 год
нижче + 15	Більше 3 год

Зазначені терміни можуть бути збільшені в 1,5–2,0 рази у разі періодичного поливання водою поверхні захисного одягу. Готуючись до роботи при температурах нижче 0°С, необхідно одягати теплі шкарпетки, ватяний або бавовняний одяг.

Не можна забувати, що з виробами з дерева, гуми, шкіри після їх дегазації потрібно поводитися обережно. Просочена всередину НХР може бути небезпечною протягом декількох діб після дегазації за рахунок її «випотіван-

ня».

Під час знезаражування особовому складу забороняється палити, пити, приймати їжу і відпочивати на робочих площадках, розстібати або знімати засоби захисту без команди. На дегазаційних площадках також необхідно організувати хімічний контроль, періодично перевіряти ступінь зараженості устаткування і приладів, не можна допускати переповнення вибірних колодязів і ям, готування знезаражувальних розчинів проводити в засобах індивідуального захисту. Після закінчення робіт на дегазаційній площадці ями для стоку зараженої води і відходи засипають землею. Брудна половина площадки піддається знезаражуванню, а особовий склад, як було зазначено вище, проходить повну санітарну обробку.

### **5-6 Санітарна обробка.**

Санітарна обробка особового складу входить у коло обов'язків СЕС і медичної служби.

Санітарна обробка буває частковою і повною.

**Часткову** обробку особового складу проводять негайно і самостійно у разі потрапляння НХР на відкриті ділянки тіла в осередках зараження або відразу ж після виходу з них. Дана обробка полягає в знешкодженні НХР, що потрапили на відкриті ділянки шкірних покривів. Крім того, вона містить у собі дегазацію заражених НХР невеликих поверхонь одягу, взуття і засобів захисту шляхом обмітання, витрушування або вибивання.

У випадку зараження рідкими НХР часткова санітарна обробка може проводитися з використанням індивідуальних протихімічних пакетів або сумок протихімічних засобів.

При цьому спочатку обробляють відкриті ділянки шкірних покривів, а потім заражені місця одягу, взуття і лицьову частину протигаза.

У разі зараження НХР, незважаючи на негайне проведення часткової санітарної обробки, особовий склад підлягає повній санітарній обробці з метою попередження наслідків зараження НХР, а також для видалення зі шкірних покривів надлишку речовин, що дегазують, і продуктів взаємодії з ними

НХР.

**Повна** санітарна обробка полягає в обмиванні всього тіла, як правило, теплою водою з милом на пунктах спеціальної обробки або безпосередньо в підрозділах, а також у лазнях, санітарних пропускниках або шляхом купання (обмивання) у незаражених водоймах з обов'язковою зміною білизни, а за необхідності й обмундирування (одягу).

Звичайно площадка санітарної обробки (санітарний пропускник) розгортається у водойми. Планування санітарно-обмивального пункту повинні вирішуватися таким чином, щоб під час санітарної обробки не було зустрічних потоків, що перетинаються.

Кожен санітарний пропускник має три відділення: роздягальне, обмивальне й вдягальне. У холодну і прохолодну погоду для них встановлюються спеціальні намети. У теплий час роздягання, миття і вдягання можуть проводитися на відкритому повітрі. Для відведення води відриваються стоки і вибірні колодязі. Територія площадки розбивається на брудну і чисту половини. Душові установки розміщуються на межі між ними.

Під час проведення санітарної обробки з використанням незараженої водойми поблизу неї вибирається площадка, що також розбивається на брудну і чисту половини, намічаються місця для роздягання і одягання. Місце для роздягання вибирається за течією води нижче, ніж місця для купання.

Якщо санітарна обробка проводиться з використанням лазні, то необхідно передбачити роздільні приміщення для роздягання зараженого особового складу й одягання його після обробки.

Тривалість санітарної обробки знаходиться звичайно в межах 30–40 хвилин, і залежить від ступеня зараження НХР.

### **3.3. Засоби захисту при ліквідації аварій.**

Під час виробничих аварій і пожеж на хімічно небезпечних об'єктах рятувальники повинні застосовувати засоби індивідуального захисту від впливу хімічних факторів.

Засоби індивідуального захисту в залежності від призначення поділяються на: костюми ізолюючі; засоби захисту органів дихання; засоби захисту рук, ніг, голови, очей, обличчя і т. ін.

### **Засоби індивідуального захисту органів дихання (ЗІЗОД).**

ЗІЗОД поділяються на фільтруючі, що забезпечують захист в умовах достатнього вмісту вільного кисню в повітрі (не менше 16%) і обмеженого вмісту шкідливих речовин, та ізолюючі, що забезпечують захист в умовах недостатнього вмісту кисню і необмеженого вмісту шкідливих речовин.

Фільтруючі ЗІЗОД розділяються на три типи:

- протипиллові, для захисту від аерозолів;
- протигазові, для захисту від пароподібних шкідливих речовин;
- газопилозахисні, для захисту від парогазоподібних шкідливих речовин і аерозолів, які знаходяться у повітрі одночасно.

Ізолюючі ЗІЗОД поділяються на два типи:

- шлангові, що забезпечують подачу повітря, придатного для дихання, з чистої зони;
- автономні, що забезпечують подачу дихальних сумішей з індивідуального джерела повітропостачання.

Для захисту рятувальників від високих концентрацій парів НХР, а також в умовах високої димозагазованої атмосфери після пожеж, вибухів і заpalення речовин, використовуються ізолюючі ЗІЗОД. Вони застосовуються, коли склад і концентрація речовин невідомі; за вмісту вільного кисню в повітрі менше 16% (об'ємної частки); коли час захисної дії інших ЗІЗОД недостатній для виконання завдань у зоні зараження.

Автономні ЗІЗОД забезпечують людину дихальною сумішшю з балонів (зі стиснутим повітрям або киснем) або за допомогою кисневмісних продуктів за рахунок регенерації повітря, що видихається.

У шлангових ЗІЗОД чисте повітря подається до органів дихання по шлангу від повітродувок або компресорів.

Під час ліквідації наслідків аварій, пов'язаних з викидом (протокою)

НХР, основними засобами для забезпечення захисту рятувальників є автономні ЗІЗОД.

Дихальні апарати оснащені металевими балонами з запасом стиснутого повітря (кисню) і клапанами для регулювання його подачі до органів дихання.

Ізолюючі протигази оснащені регенеративними патронами, у яких кисень знаходиться в гранульованому продукті (надперекису лужних металів – натрію і калію) і виділяється при реакції поглинання двоокису вуглецю і водяної пари, що видихуються людиною.

Для ведення рятувальних робіт у осередку ураження НХР можуть бути використані наступні дихальні апарати й ізолюючі протигази: АСП-2 (на стисненому повітрі), КІП-8, Р-30 (на стиснутому кисні) і ІП-4 (на хімічно зв'язаному кисні).

Ізолюючий дихальний апарат АСП-2 призначений для захисту органів дихання в атмосфері високих концентрацій НХР. Він складається з маски, системи шлангів, що подають повітря з балонів до органів дихання, балонів (2 шт.) із запірним вентилям, редуктора, манометра, легеневого автомата для відключення і включення надлишкового тиску. Обсяг повітря 1600 л. Маса 16,4 кг, робочий інтервал температур – від  $-40^{\circ}\text{C}$  до  $40^{\circ}\text{C}$ , час захисної дії за середнього навантаження 30 л/хв – 45 хвилин.

Дихальні апарати серії РА-90 і РА-940 Plus фірми «Дрегер», серії ВД-96 і AirMaxx MSAAUER, російські АП-98-7к, АП-96м, АП-2000 – працюють за тим же принципом, що й АСП-2, відрізняючись один від іншого деякими конструктивними особливостями, дизайном, кількістю й обсягом балонів з повітрям (4, 6, 8 літрів при тиску 30 мПа).

Ізолюючий дихальний апарат КІП-8 призначений для захисту органів дихання в атмосфері високих концентрацій НХР. Він складається з маски МІП-1, кисневого балону, сигнального пристрою, який показує час роботи, що залишився. Запас кисню 200 л, маса 10 кг, час захисної дії за середнього навантаження 120 хв.

Ізолюючий протигаз ПП-4М призначений для захисту органів дихання від шкідливих домішок високих концентрацій ХНР, а також для захисту в умовах недостатності або відсутності кисню. Він складається з лицевої частини (маска МІА-1) зі з'єднувальною трубкою, дихального мішка з клапаном надлишкового тиску, переговорної мембрани й утеплювальних манжет. Маса 3,4 кг, температура повітря, що видихається до 50°C, час захисної дії при легкому, середньому і важкому навантаженнях складає відповідно 180, 75 і 40 хв, дихальний мішок, сумка і з'єднувальні трубки виготовлені зі спеціальної тканини, стійкої до агресивних рідин.

Ізолюючі дихальні апарати є засобами багаторазової дії з можливістю кількаразової заміни балонів або регенеративних патронів.

Фізичне навантаження, температура навколишнього середовища і запас повітря (кисню) або кисневмісних речовин є основними факторами, що визначають показник часу захисної дії дихальних апаратів (протигазів) при безперервній роботі в них.

Фільтруючі протигазу надійно захищають органи дихання, очі й обличчя від ураження ХНР. Однак забороняється застосовувати їх при недостатній кількості кисню в повітрі (наприклад, в ємностях, цистернах колодязях та інших ізольованих приміщеннях). Їх використовують тільки там, де в повітрі міститься не менше 16 об'ємних відсотків кисню, сумарна об'ємна частка пари газоподібних шкідливих домішок не перевищує 0,5%, фосфіну – не більш 0,2%, арсину – 0,3%.

Недопустимо застосовувати фільтруючі протигазу для захисту від низькокиплячих органічних речовин, що погано сорбуються (метану, етилену, ацетилену і т.д.). Не рекомендується також працювати в таких протигазу, якщо склад газів і пари не відомий.

Фільтруючий промисловий протигаз складається зі спорядженої коробки, лицевої частини (маски) зі з'єднувальною трубкою і сумки. Фільтруюча коробка призначена для очищення повітря, що вдихається людиною, від отруйних речовин і шкідливих домішок. У залежності від складу цих домішок

вона може містити один або кілька спеціальних поглиначів або поглинач і аерозольний фільтр.

При цьому принцип захисної дії заснований на очищенні забрудненого повітря, що вихається шляхом сорбції, хемосорбції, каталітичного окислювання або фільтрації при проходженні його під час вдихання через фільтр.

У залежності від застосовуваної системи очищення призначення і класу фільтруючі коробки в європейських стандартах позначають:

P1G1 – низькоефективні, клас 1;

P2G2 – середньоефективні, клас 2;

P3G3 – високоефективні, клас 3,

де P – протипилові, G – протигазові фільтри.

У ДСТ Росії і країн СНД фільтри позначають відповідно: протипилові/протиаерозольні – ФП/ФЕ; протигазові – ФГ/ФГ; протипило захисні/протигазоаерозольні – ФГП/ФГЕ.

За захисною ефективністю фільтри поділяють на три ступені з аерозолів:

1 – є вищою; коефіцієнт захисту більше 100;

2 – середньої; коефіцієнт захисту менше 100 – більше 10;

3 – нижчої; коефіцієнт захисту менш 10.

**Коефіцієнт захисту** – кратність зниження концентрації шкідливих речовин що забезпечується ЗІЗОД, визначає умови за яких гарантується надійний захист людини від впливу шкідливих речовин.

Коефіцієнт захисту ( $K_3$ ) з аерозолів визначається за коефіцієнтом проникання ( $K_{пр}$ ) тест-аерозолів (діаметром часток 0,28–0,34 мкм) з наступної формули:  $K_3 = 100/K_{пр} \%$ , де  $K_{пр}$  – це показник, що визначає частку тест-аерозоля в %, яка пройшла через ЗІЗОД або його елементи (фільтр, клапан і т. ін.) за певних умов випробувань (на випробуваному, на лійці при постійному або пульсуючому потоці повітря). Значення коефіцієнтів проникання фільтруючих ЗІЗОД наведені в таблиці 3.2.

Таблиця 3.2

Значення ступенів захисту фільтруючих ЗІЗОД у залежності від коефіцієнтів проникання тест-аерозолів

Показники	Значення ступеня захисту		
	1	2	3
Коефіцієнт проникання через ЗІЗОД %	Менше 1	Менше 10	Від 10 до 20
Коефіцієнт проникання тест-аерозолів через протиаерозольний фільтр ЗІЗОД при 30 л/хв, %	Менше 0,1	Менше 1,0	Понад 1
Діаметр часток 0,28–0,34 мкм	-----	-----	Менше 10
Діаметр часток до 2 мкм			
Коефіцієнт підсмоктування через лицьову частину ЗІЗОД при 30 л/хв.	0,05	1.00	5,00

Крім того, в залежності від призначення, як імпортовані фільтруючі коробки, так і вітчизняні підрозділяються на марки в залежності від класу шкідливих речовин. Кожна марка фільтруючої коробки позначається відповідним кольором.

Що стосується класів шкідливих речовин, що знаходяться в повітрі робочої зони у вигляді пари, газу, аерозолів, то їх у європейських стандартах умовно поділяють на класи, що позначають наступними буквами:

- **органічні речовини** (гази і пари органічних речовин з температурою кипіння вище 65°C) – **клас А**;

- **неорганічні речовини**, що у залежності від дисоціації молекул у воді на іони поділяють на:

- **нейтральні** (неорганічні гази, такі як хлор, фтор, бром, сірководень, сірковуглець, хлорциан, галогени) – **клас В**;

- **кислі** (кислі гази, як двоокис сірки, водень бромистий, кислоти мурашина, оцтова, пари азотної кислоти) – **клас Е**;



- **основні** (аміак і аміни) – **клас К**;

- **аерозолі** (високо-, середньо-, низькодисперсні) – **клас Р**.

Фільтруючі коробки (патрони), призначені для захисту від суміші шкідливих речовин різних класів, називають комбінованими і позначають сполученням цих же 5 букв, наприклад: **АВЕК-Р, А-Р, АВ-Р, В-Р** і т. ін.

Марки фільтруючих коробок (патронів) у залежності від класів шкідливих речовин представлені в таблиці 3.3.

Таблиця 3.3

Маркування фільтруючих коробок (патронів) по Європейських нормах (ЕН)

Класи шкідливих речовин	Клас	Марка фільтруючої коробки	Маркування кольором
Аерозолі у вигляді часток пилу, диму, туману, пари, а також бактерії і віруси	Протипилові фільтри	Р	Білий
Органічні гази і пари розчинників з температурою кипіння вище 65°C	Протигазові фільтри	А	Коричневий
Неорганічні гази, такі як хлор, фтор, бром, сірководень, сірковуглець, хлорціан, галогени		В	Сірий
Кислі гази, такі як двоокис сірки, водень бромистий, кислоти мурашина, оцтова, пари азотної кислоти		Е	Жовтий
Аміак і аміни		К	Зелений

Пари органічних розчинників із точкою кипіння нижче 65°C		АХ	Коричневий
Пари розчинників, хлор, двоокис сірки, аміак і забруднення у вигляді часток	Комбіновані Газопилозахисні фільтри	АВЕК-Р	Коричневий, Сірий, Жовтий, Зелений, Білий

У Росії й у країнах ближнього зарубіжжя класифікація і маркування проводиться відповідно до ДСТ 12.4.034-86. Наприклад, умовна позначка ЗІЗОД ФГП-В-110 означає, що ЗІЗОД – це протигаз або респіратор, Ф – фільтруючий, Г – протигазовий, П – протиаерозольний (протипиловий, пилозахисний), В – марка ЗІЗОД, що вказує на захист від визначеного класу шкідливих речовин. Марка ЗІЗОД відповідає марці фільтруючих коробок (патронів), далі йдуть цифрові позначення ступеня захисту, конструкції лицевої частини і способу подачі повітря під лицеву частину.

У таблиці 3.4 наведені марки фільтруючих коробок (патронів), область їх застосування і маркування кольором.

## Маркування фільтруючих коробок (патронів) у РФ

Марка фільтруючої коробки	Маркірування кольором	Класи шкідливих речовин
1	2	3
А	Коричнева	Пари органічних сполук (бензин, гас, ацетон, бензол, толуол, ксилол, сірковуглець, спирти, ефіри, анілін, галоїдомістки органічні сполуки, нітросполуки бензолу і його гомологів, тетраетилосвинець, фосфор- і хлорорганічні отрутохімікати)
В	Жовта	Кислі газу і пари (сірчистий ангідрид, хлор, сірководень, синильна кислота, хлористий і фтористий водень, фосген, фосфор- і хлороорганічні отруйні хімікати)
КД	Сіра	Аміак, аміни, сірководень
Г	Чорно-жовта	Пари ртуті, ртутьорганічні отрутохімікати
Е	Чорна	Фосфористий і миш'яковистий водень, а також кислі газу і пари, органічні сполуки
С	Біла	Оксид вуглецю
М	Червона	Оксид вуглецю в присутності парів органічних сполук, кислих газів, аміаку
БКФ, МКФ	Хакі з білою смугою	Кислі газу, пари органічних речовин, миш'яковистий і фосфористий водень
К	Зелена	Аміак, аміни
Н	Блакитна	Оксиди азоту в присутності кислих газів, органічних сполук
І	Жовтогаряча	Пари радіоактивних речовин у присутності

		ті парів органічних сполук, кислих газів, аміаку
ФОС	Зелена з білою смугою*	Фтор-, хлоропохідні неорганічних вуглеводів, фреони
П-2у	Червона з білою смугою	Карбоніли металів, оксид вуглецю
Б	Синя з білою смугою	Бороводороди (диборан, пентаборан, етиленитаборан, диетилдекаборан, декаборан) і їх аерозолі
ГФ	Блакитна	Гексафторид урану, фтор, фтористий водень
УМ	Хакі з білою смугою	Пари гептилу, амілу, саміну, нітромеланжу, амідолу
С	Сіра з білою смугою	Оксиди азоту і сірчистий ангідрид
Т	Зелена з білою смугою	Оксиди азоту, аміак, пари органічних сполук

\* Біла смуга – наявність протиаерозольного фільтра

Засоби індивідуального захисту шкіри (ЗІЗШ).

За типом захисної дії ЗІЗШ підрозділяться на ізолюючі і фільтруючі. Матеріал ізолюючих засобів покритий спеціальними плівками, непроникними для газів і рідин.

Під час роботи в ізолюючому захисному одязі в літніх умовах щоб уникнути перегрівання тіла, необхідно дотримуватися допустимих термінів безперервного перебування в ньому, що зазначено в таблиці 3.5.

Допустимі терміни безперервної роботи у засобах  
індивідуального захисту

Тип засобів захисту	Фізичне навантаження	Тривалість роботи на сонці при температурі повітря, °С, хв.			
		15–19	20–24	25–29	30 і вище
Захисний одяг ізолюючого типу	Легке	Не >180	90–120	60–90	40–60
	Середнє	90–120	40–60	20–35	15–20
	Важке	40–60	15–30	15–20	10–15
Фільтруючий протигаз	480–600				

Максимальні значення допустимих термінів безперервного перебування в ЗІЗШ можуть бути застосовані тільки підготовленими рятувальниками.

Під час роботи в тіні, в похмуру і вітряну погоду терміни перебування в засобах захисту можуть бути збільшені в двічі.

Повторне перебування в засобах захисту понад установлений час при даній температурі повітря можливе після 30 хв відпочинку.

Для збільшення термінів безперервної роботи рекомендується періодично прохолоджувати засоби захисту, поливаючи їх холодною водою, а також одягати поверх захисного одягу зволожені бавовняні екрани, маскувальні халати, що у процесі робіт також повинні періодично змочуватися водою.

Під час роботи в захисному одязі узимку необхідно вживати заходів для запобігання обмороженню: одягати на ноги теплі онучі чи носки, підкласти в чоботи устілки із сукна, соломи, папера т. ін.; одягати під захисний одяг ватяні куртки, штани; одягати на голову під каптури захисних костюмів підшоломники.

Фільтруючі захисні засоби являють собою одяг з матеріалу, що просочується спеціальною технічною сумішшю для нейтралізації або сорбції парів

НХР.

Рятувальниками використовуються десятки видів спеціального одягу. З погляду захисту від НХР найбільший інтерес являють собою наступні групи:

- спецодяг для захисту від токсичних речовин (емблема жовтогарячого кольору з чорною крапкою). Маркування: ЯЖ, ЯТ, ЯА (для захисту від рідких, твердих речовин і аерозолів відповідно);

- спецодяг для захисту від розчинів кислот (емблема червоного кольору з зображенням яскраво-жовтої реторти);

- спецодяг для захисту від лугів (емблема яскраво-жовтого кольору з білою крапкою).

Конструктивно засоби захисту шкіри, як правило, виконуються у вигляді повних захисних костюмів або курток з каптуром і напівкомбінезоном.

Прикладом повних захисних костюмів можуть бути:

ІК-АЖ, КІО-3У (Україна);

КІХ-4 М, КІХ-5 М, КІХ-6М, Ч-20 (Росія);

«Vautex Elite» і Chempion Elite (MSAAVER), серія Team master («Дрегер»);

більш легкі костюми «Кондор», Л-1, «Метанол», ОЗК (Росія); КІО-2, КІО-2У (Україна);

Work Star PVC («Дрегер») та інші.

Усі ці ЗІЗШ у даний час використовуються для проведення аварійно-рятувальних робіт і ліквідації наслідків аварій з викидом НХР.

#### **3.4. Висновки.**

На вибір режиму захисту впливають результати прогнозу можливої обстановки на об'єкті яка може скластися при аварії. результати прогнозу уточнюються в залежності від метеорологічних умов, а також обстановки яка склалася на конкретний на місці аварії. При ліквідації аварії обов'язковою умовою є виставлення постів газової безпеки перед входом в заражену зону. Які повинні контролювати кількість працюючих в небезпечній зоні та слід-

кувати за часом знаходження в ній підрозділів.

Весь особовий склад якій залучається до ведення АРР повинен бути екіповано у засоби індивідуального захисту. Засоби індивідуального захисту вибираються в залежності від виду НХР та його концентрації.

Зміст АРР на ХНО – це послідовне виконання розглянутого переліку робіт, які виконуються на підставі виконаного прогнозу можливої обстановки. Чіткість виконання цих робіт буде залежати від попередньої підготовки рятувальних підрозділів, а також їх взаємодії з обслуговуючим персоналом об'єкту та іншими службами. Суттєвість взаємодії полягає в тому, що всі дії по ліквідації аварії рятувальники повинні узгоджувати з персоналом об'єкту.

## РОЗДІЛ 4

### АНАЛІЗ ШЛЯХІВ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ОПЕРАТИВНИХ ДІЙ

#### 4.1. Вихідні дані.

Локалізація зони хімічного зараження полягає у припиненні розповсюдження отруйної речовини в навколишньому середовищі, що досягається декількома способами:

- ізоляція поверхні розливу НХР із подальшим її вилученням;
- зменшенням концентрації НХР у вторинній хмарі з використанням водяних завіс з розпилених струменів, які встановлюються на шляху поширення хмари НХР;
- розсіюванням хмари НХР з використанням димовсмоктувачів;
- нейтралізація розливів НХР спеціальними нейтралізуючими розчинами.

Локалізація зони хімічного ураження полягає у припиненні розповсюдження отруйної речовини у навколишньому середовищі. При цьому відновлення герметичності апаратів передбачається виконувати шляхом накладання на поверхню апарату пневматичних бандажів та пластирів. Для незначних пробоїн чи ушкоджень передбачається використовувати пневматичні заглушки та чопи. Проте, досвід ліквідації аварій апаратів свідчить про низьку ефективність використання наведених технічних засобів в умовах ліквідації НС, що можна пояснити різними причинами та характером ушкоджень. У сучасних літературних джерелах наведена загальна класифікація ушкоджень корпусів, за якою вирізняють три види пошкоджень корпусів: пробоїни; тріщини; роз'єднання швів. Тріщини та роз'єднання швів можуть бути різними за розмірами, але по ширині вони невеликі, що полегшує їх усунення. Пробоїни можуть мати різноманітну форму та конфігурацію. Для пробоїн є характерною наявність рваних та загнутих країв, а також вм'ятин навколо них, що заважає відновленню герметичності та вимагає накладання пластирів різної



форми. До того ж місце та складний рельєф пошкодження не завжди дозволяють накласти систему ременів для встановлення пневматичного пластиру або це займає значний час. Тому є необхідним розглянути можливість використання альтернативних пристроїв, наприклад напівжорстких пластирів. Для визначення їх придатності для використання в умовах ліквідації НС необхідно сформулювати ряд вимог:

- можливість використання пристрою для різних розмірів та конфігурацій пробоїн, а також підгонка пристрою для конкретної конфігурації отвору;
- легкість монтажу та зняття із мінімальним залученням особового складу;
- порівняно невеликий час встановлення;
- забезпечення герметичності апарату впродовж виконання усього комплексу аварійно-рятувальних робіт.

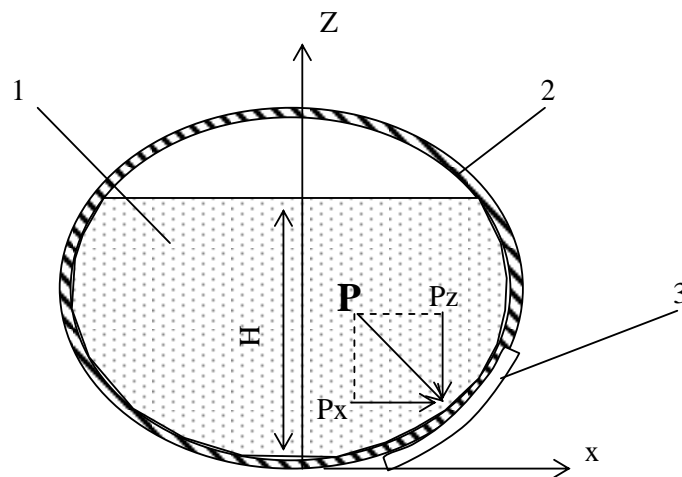


Рис. 4.1. – Розрахункова схема для визначення гідростатичного тиску на криволінійну поверхню: 1 – рідина у цистерні; 2 – корпус апарату; 3 – напівжорсткий пластир.

Для формалізації наведеної задачі можна представити у вигляді ємності із малим по відношенню до її перерізу отвором, крізь який відбувається витікання рідини. При цьому вважаємо, що на поверхню рідини діє атмосферний

тиск. Для визначення конструктивних особливостей пристрою необхідно визначити тиск, що діє на пристрій як на криволінійну поверхню (див. рис. 4.1.).

Горизонтальна складова дорівнює силі гідростатичного тиску на вертикальну проекцію криволінійної фігури та визначається за формулою:

$$P_x = \rho \cdot g \cdot h_c \cdot w_z, \quad (4.1)$$

де:  $h_c$  - глибина занурення центра ваги проекції криволінійної фігури на вертикальну площину;  $w_z$  - площа проекції криволінійної фігури на вертикальну площину.

Вертикальна складова сили гідростатичного тиску визначається за формулою:

$$P_z = \rho \cdot g \cdot V, \quad (4.2)$$

де:  $V$  - об'єм тіла тиску, що обмежений криволінійною поверхнею, вертикальними поверхнями, що проходять крізь крайні точки криволінійної поверхні та вільною поверхнею рідини чи її продовженням.

Дана схема дозволяє розраховувати значення гідростатичного тиску при переміщенні місця пошкодження по периметру апарату. Розраховане значення гідростатичного тиску при накладанні напівжорсткого пластиру розмірами  $1 \times 1$  м на залізничну цистерну діаметром 2 м та довжиною 8 м із соляною кислотою густиною  $1,198 \text{ г/см}^3$ , яка залита на рівень 1,8 м при куті  $\gamma = 30^\circ$ , (кут  $\gamma$  - кут між віссю  $x$ , яка співпадає із горизонтальною віссю симетрії поперечного перерізу апарату, та геометричним центром пластиру) становить 108 Па та свідчить про можливість заведення пластиру однією люди-

ною. Якщо до того ж додати, що пластир легко встановлюється на загнуті болти та утримується за краї отвору, його використання дозволить скоротити час монтажу.

Таким чином, використання технологій відновлення герметичності корпусів суден при ліквідації аварій на апаратах з НХР дозволить скоротити час локалізації зони хімічного ураження за рахунок скорочення часу потрапляння НХР у навколишнє середовище та скоротити час роботи і кількість особового складу, що залучається для роботи у безпосередньому контакті з НХР.

#### **4.2. Обґрунтування та розробка дослідного зразка пристрою для оперативного відновлення герметичності ємності з НХР (ПОВГ).**

Аналіз наведених прикладів свідчить, що для забезпечення швидкої ліквідації аварійної ситуації необхідно: зосередження великої кількості особового складу у безпосередній близькості від джерела виходу НХР для її герметизації та осадження; наявність складного обладнання, яке повинно містити джерело високого тиску шлангові та ремінні системи; наявність індивідуальних засобів захисту, що відповідають ситуації. Все це робить процес ліквідації аварії тривалим та небезпечним. Проте, оперативність відновлення герметичності апарату є вирішальним фактором, що впливає на ефективність дій з створення умов локалізації зон хімічного зараження та ліквідації розповсюдження пожежі. Аналіз літературних джерел свідчить, що питанню удосконалення та розробки технічних засобів для оперативної ліквідації пошкоджень апаратів з НХР та інших ємкісних апаратів на сьогоднішній день приділяється недостатньо уваги.

Локалізація аварії, пов'язаної з пошкодженням хімічного апарату, полягає у припиненні виходу речовини у навколишнє середовище шляхом оперативного відновлення її герметичності. На сьогоднішній день відновлення герметичності апаратів пропонується виконувати шляхом накладання на верхню цистерни пневматичних бандажів та пластирів Не дивлячись на такі

позитивні якості даних засобів як автономність та легкість транспортування, вони мають ряд недоліків та обмежень використання:

- використання розрахунком рятувальників  $4 \div 6$  осіб;
- наявність балону з стисненим повітрям та системи шлангів для наповнення пневматичної подушки;
- необхідність розгортання системи ременів для фіксації бандажу на поверхні цистерни;
- можливість використання лише для порівняно рівних ділянок цистерни;
- постійний контроль стану бандажу;
- можливість пошкодження подушки гострими краями пошкодженого апарату.

Для незначних пробоїн чи пошкоджень передбачається використовувати пневматичні заглушки та чопи. Дані засоби мають недоліки, до яких можна віднести:

- неможливість використання для ємностей із надлишковим тиском більше 0,3 МПа;
- неможливість відновлення повної цілісності апарату внаслідок перекосів заглушок;
- обмеження використання для різних розмірів та конфігурацій пошкоджень.

Таким чином, на основі проведеного аналізу можна зробити висновок про низьку ефективність використання наведених технічних засобів в умовах ліквідації НС, що можна пояснити обмеженнями їх використання та специфічними умовами використання.

Задачею, що розглядається у даній роботі є підвищення ефективності ліквідації аварій, пов'язаних з пошкодженням апаратів з НХР. Розв'язання поставленої задачі пропонується здійснити шляхом створення нового технічного зразка, який відповідатиме наступним вимогам:

- можливість використання пристрою для різних розмірів та конфігурацій пробоїн, а також підгонка пристрою для конкретної конфігурації отвору;
- легкість монтажу та зняття із мінімальним залученням особового складу;
- порівняно невеликий час встановлення;
- забезпечення герметичності цистерни впродовж виконання усього комплексу аварійно-рятувальних робіт.

Виходячи з умов задачі та на основі аналізу науково-технічних джерел на кафедрі пожежної тактики та аварійно-рятувальних робіт був розроблений та виготовлений дослідний зразок пристрою для оперативної ліквідації пошкоджень ємкісних апаратів, схема якого наведена на рисунку 4.2.

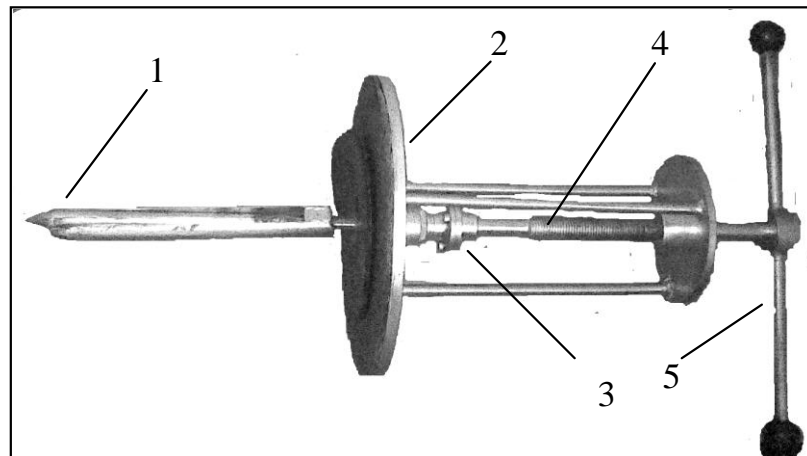


Рис. 4.2. – Зовнішній вигляд та устрій пристрою для оперативної ліквідації пошкодження хімічних апаратів (ПОВГ): 1 – пробійник із коромислом; 2 – опірня пластина; 3 – ущільнена муфта; 4 – силовий гвинт; 5 – рукоять.

### 4.3. Тактичні аспекти використання ПОВГ.

Пристрій призначений для герметизації апаратів із рідинами, які знаходяться під тиском до 3,0 МПа. Робота пристрою полягає у наступному. Рятувальники вставляють пробійник із коромислом у отвір хімічного апарату. Після чого повертаючи опірну пластину просувають пристрій до моменту повороту коромисла навколо своєї вісі.

Після чого за допомогою силового гвинта пристрій кріпиться на поверхні ємності та утримується на ній протягом часу виконання робіт. Конструктивно пристрій виконаний таким чином, що виключається протікання рідини крізь опірну пластину. Для цього використана ущільнена муфта із сальниками.

Для забезпечення щільності прилягання пристрою до поверхні на опірній пластині закріплена прокладка з хімічно стійкої гуми товщиною 30 мм.

Для визначення тактико технічних характеристик запропонованого пристрою були проведені його випробування. Результати випробувань наведені у таблиці 4.1.

Таблиця 4.1

Тактико-технічні характеристики пристрою для оперативної ліквідації пошкоджень ємкісних апаратів.

№ з/п	Найменування показника	Кількісна характеристика
1.	Мінімальний діаметр отвору, мм	12
2.	Максимальний діаметр отвору, мм	230
3.	Максимальне значення тиску у апаратів, МПа	3,0
4.	Вага, кг	12±0,2
5.	Мінімальний діаметр (глибина) апарату, мм	500
6.	Довжина пристрою, мм	750
7.	Діаметр опірної пластини, мм	300

Даний пристрій може бути використаний для ліквідації практично всіх відомих типів ушкоджень апаратів, до яких можна віднести: пробоїни, тріщини, роз'єднання швів. Тріщини та роз'єднання швів можуть бути додатково розширені пробійником та ліквідовані.

Для ліквідації пробоїн різноманітної форми та конфігурації доцільно використовувати додаткові підкладки, що встановлюватимуться під опірну

пластину. Підкладки можуть бути виготовлені безпосередньо під час виконання оперативних дій або заздалегідь. Даний тактичний прийом дозволить розширити межі використання запропонованого пристрою.

Приклад герметизації цистерни, що має рвану пробоїну діаметром 200 мм і розташована під кутом приблизно  $45^{\circ}$  по відношенню до горизонталі, наведений на рисунку 4.3.

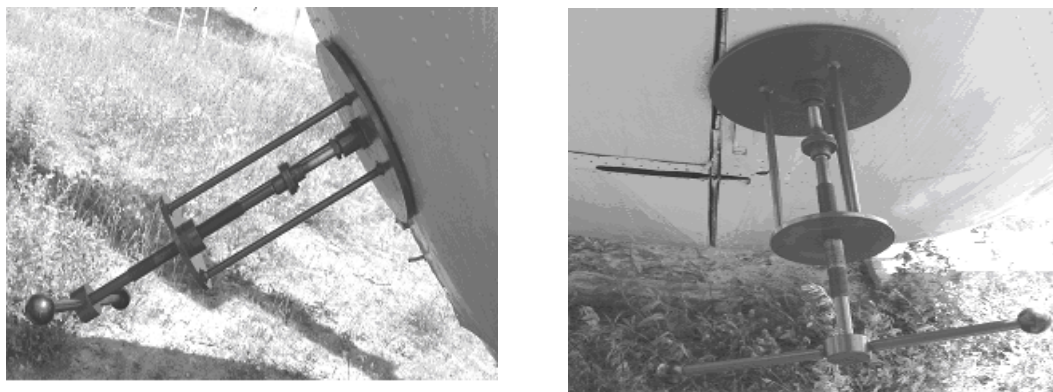


Рис. 4.3. – Приклад використання пристрою для ліквідації пошкоджень цистерни у важкодоступному місці.

Зважаючи на те, що пробоїни можуть мати рвані та загнуті кромки, а також вм'ятини навколо, у якості ущільнюючої прокладки між поверхнею апарату та опірною пластиною може бути використаний всмоктувальний пожежний рукав, який попередньо згинається у формі кільця.

#### **4.4. Випробування ПОВГ та аналіз їх результатів.**

Проведені випробування свідчать про порівняно високу ефективність запропонованого пристрою при ліквідації пошкоджень як циліндричних апаратів так і апаратів складної форми.

При проведенні випробувань проводилось порівняння запропонованого пристрою та найбільш поширеного у підрозділах МНС України засобу – комплекту пневматичного бандажу фірми „Vetter”. Порівняння проводилось за такими показниками: час встановлення; потрібна кількість особового складу; вага; необхідність контролю після встановлення. Для кожного техні-

чного засобу було проведено три серії випробувань. Результати випробувань наведені у таблиці 2.

Таблиця 4.2.

Порівняння тактичних показників технічних засобів при проведенні випробувань

№ з/п	Найменування показника	Запропонований пристрій	Пневматичний бандаж
1.	Вага комплекту, кг	12	35
2.	Мінімальна кількість особового складу для встановлення, чол.	2	5
3.	Середній час встановлення, с	40	150

Слід зауважити, що при використанні пневматичного комплекту можливі відмови окремих частин внаслідок погодних умов, або необхідності роботи у віддалених місцях.

Тактичні прийоми та умови використання запропонованого пристрою потребують проведення подальших прикладних досліджень. Використання викладеного вище підходу дозволить скоротити час ліквідації аварій, пов'язаних з руйнуванням ємкісних апаратів, при одночасному зменшенні кількості особового складу підрозділів МНС, що залучатимуться до робіт у безпосередньому контакті з НХР.

#### **4.5. Висновки.**

Обґрунтований у роботі пристрій є принципово відмінним технічних рішенням, яке дозволяє суттєво підвищити ефективність проведення оперативних дій при ліквідації хімічних аварій та гасіння пожеж на хімічних об'єктах.



Підвищення ефективності передбачається за рахунок зменшення часу локалізації осередку хімічного забруднення, а також зниження кількості НХР, яке потрапляє у навколишнє середовище.

До того ж запропонований пристрій відповідає підвищеним умовам безпеки, адже дозволяє зменшити кількість особового складу у зоні безпосереднього впливу НХР при загальному зниженні експозиції.

Таким чином, запропонований підхід є досить перспективним та потребує проведення додаткових досліджень та розробки відповідної технічної документації.

## ВИСНОВКИ

У даній науково-дослідній роботі проведений аналіз сучасного стану хімічних підприємств та їх основні небезпеки для населення та навколишнього середовища. З проведеного аналізу слідує, що питання розробки новітніх технологій ліквідації аварій на об'єктах з наявністю НХР є вкрай актуальним.

На підставі ретельного аналізу дії деяких найбільш поширених НХР у роботі проведений аналіз існуючих захисних засобів, критеріїв їхнього вибору та випадків використання. Для систематизації існуючих випадків виникнення аварійних ситуацій у роботі наведена класифікація аварій на об'єктах з наявністю НХР. Зауважено, що найбільш складним випадком є випадок руйнування хімічного апарату під надлишкових тиском з надходженням НХР з високою токсичною дією у навколишнє середовище.

Наведені основні етапи прогнозування розмірів зони хімічної аварії. Зроблений висновок, що найбільш небезпечними умовами поширення зони забруднення є інверсія при невеликій силі вітру.

У роботі наведені параметри поширення зони хімічного забруднення, а також проаналізовані межі їх варіювання в залежності від зміни зовнішніх умов.

На підставі відомих параметрів поширення зони хімічного забруднення проаналізований повний комплекс оперативних дій від моменту прибуття оперативно-рятувальних підрозділів до проведення дегазації та санітарної обробки. Схема проведення оперативних дій при цьому представлена у вигляді графа.

Зроблений висновок про те, що на час ліквідації хімічної аварії найбільший вплив чинить етап локалізації аварії, який у свою чергу залежить від вибору способу локалізації та вчасного зосередження необхідної кількості сил та засобів для реалізації обраної тактики проведення оперативних робіт.

На підставі проведення детального та всебічного аналізу існуючих способів локалізації хімічних аварій сформульовані вимоги до новітніх технічних зразків для ліквідації хімічних аварій. До вимог віднесені:

- можливість використання для різних розмірів та конфігурацій пробоїн, а також підгонка пристрою для конкретної конфігурації отвору;
- легкість монтажу та зняття із мінімальним залученням особового складу;
- порівняно невеликий час встановлення;
- забезпечення герметичності цистерни впродовж виконання усього комплексу аварійно-рятувальних робіт.

На підставі сформульованих вимог у роботі наведена конструкція пристрою, який був розроблений на кафедрі пожежної тактики та аварійно-рятувальних робіт Національного університету цивільного захисту України.

Робота містить обґрунтування доцільного використання даного та аналогічних пристроїв, а також результати проведення порівняльних випробувань. За результатами порівняння випробувань запропонованого пристрою та найбільш поширеного у підрозділах МНС України засобу – комплекту пневматичного бандажу фірми „Vetter” зроблено висновок про підвищення ефективності (яка є відношенням часу підготовки та монтажу пристроїв при подібних умовах) на 73,3%, що є значним результатом, для забезпечення розв’язання поставленої у роботі задачі.

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. [http://ura-inform.com/society/2007/07/24/opyat\\_po/](http://ura-inform.com/society/2007/07/24/opyat_po/).
2. <http://focus.in.ua/article/17310.html>.
3. Рекомендації УГПО МВС України щодо захисту особового складу підрозділів пожежної охорони під час гасіння пожеж з наявністю хлору. – Київ, 2000. – 41 с.
4. Аветисян В.Г., Палюх В.Г., Сыровой В.В., Хянникяйнен А.И. Тушение пожаров и выполнение спасательных работ при химических заражениях. Учебное пособие. – Харьков: ХИПБ МВД Украины, 1998. – 123 р.
5. Рятувальні роботи під час ліквідації надзвичайних ситуацій. Частина 1: Посібник. За загальною редакцією В.Н. Пшеничного / Аветисян В.Г., Сенчихін Ю.М. та інші. – К.: Основа, 2006. С 104 – 113.
6. Рекомендації щодо захисту особового складу підрозділів пожежної охорони під час гасіння пожеж із наявністю мінеральних кислот. Київ: ДДПБ МНС України, 2002. – 49 с.
7. Водолазные работы. Меренов И.В. Изд-во «Транспорт», 1971 г. С. 116 – 122.
8. Водолазное дело. Максименко В., Нехорошев А., Суровикин В./Изд-во ДОССАФ, Москва, 1971 г. С 220 – 224.
9. Цистерны с фосфором опять горят?: УРА-інформ. Незалежне інформаційно-аналітичне видання [Електронний ресурс] / К.О. Кулакова. Режим доступу до журналу: [http://ura-inform.com/society/2007/07/24/opyat\\_po/](http://ura-inform.com/society/2007/07/24/opyat_po/).
10. Химические аварии и их последствия для экологии Украины: Фокус. Электронная аналитическая газета [Електронний ресурс] / Д.И. Варинов, О.С. Озлобин. Режим доступу до журналу: <http://focus.in.ua/article/17310.html>.
11. Закон України “Про пожежну безпеку” від 17 грудня 1993 року № 3745–ХІІ.
12. Частина II Тимчасового Статуту дій у надзвичайних ситуаціях (Гасіння пожеж. Органи управління, пожежно-рятувальні підрозділи Оперативно-рятувальної служби цивільного захисту) (наказ №96 від 07 лютого 2008

року).

13. Закон України „Про правові засади цивільного захисту” від 24 червня 2004 року № 1859-IV.

14. ДБН 360–92\*. Планування і забудова міських і сільських поселень. – К., 1997.

15. Правила технической эксплуатации резервуаров и инструкции по их ремонту. Государственный комитет СССР по обеспечению нефтепродуктами. - М., Недра, 1988, - 269 с.

16. ВБН В.2.2-58.2-94 Резервуари вертикальні сталеві для зберігання нафти і нафтопродуктів з тиском насичених парів не вище 93,3 кПа.

17. Bersten Künftig die Kraft stoffbehalter nicht mehr ? Brennpunkt, 1988, 40, № 6, 29.

18. Маршалл В. Основные опасности химических производств: Пер. с англ. – М., Мир, 1989. –672 с.

19. Тараканов Н.Д., Овчинников В.В. Комплексная механизация спасательных и неотложных аварийно – восстановительных работ.- М.: Энергоатомиздат, 1984. – 225 с.

20. Терещнев В.В., Терещнев А.В. Управление силами и средствами на пожаре // Под редакцией Мешалкина Е.А. – М.: Академия ГПС МЧС России, 2003. – 262 с.

21. Бондаренко М.В. Совершенствование деятельности дежурной службы пожаротушения // Диссертация на соискание учёной степени кандидата технических наук. – М.: Академия ГПС МЧС России, 2002. – 175 с.

22. Терещнев В.В., Терещнев А.В., Подгрушный А.В., Грачёв А.В. Тактическая подготовка должностных лиц органов управления силами и средствами на пожаре. – М.: Академия ГПС МЧС России, 2004. – 288 с.

23. Терещнев А.В. Совершенствование нормирования боевых действия пожарных подразделений на основе проектирования трудовых процессов с использованием микроэлементных нормативов: Диссертация кандидата технических наук. – М.: Академия ГПС МЧС России, 2000. – 202 с.