



**Кафедра пожежної тактики та аварійно-рятувальних робіт
Національного університету цивільного захисту України**

І.М. Грицина, Ю.О. Куліш, В.В. Тригуб

**АВАРІЙНО-РЯТУВАЛЬНІ РОБОТИ
З РАДІАЦІЙНОГО ТА ХІМІЧНОГО
ЗАХИСТУ В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ**

Методичні вказівки до виконання модульної роботи №1

Харків 2013

**Кафедра пожежної тактики та аварійно-рятувальних робіт
Національного університету цивільного захисту України**

І.М. Грицина, Ю.О. Куліш, В.В. Тригуб

**АВАРІЙНО-РЯТУВАЛЬНІ РОБОТИ
З РАДІАЦІЙНОГО ТА ХІМІЧНОГО
ЗАХИСТУ В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ**

Методичні вказівки до виконання модульної роботи №1

Харків 2013

Друкується за рішенням засідання кафедри пожежної тактики та аварійно-рятувальних робіт НУЦЗ України
Протокол від 09.04.13 № 15.

Укладачі: І.М. Грицина, Ю.О. Куліш, В.В. Тригуб

Рецензенти: доктор технічних наук, професор М.І. Адаменко, завідуючий кафедрою безпеки життєдіяльності фізико-енергетичного факультету Національного університету ім. В.Н. Каразіна;
кандидат технічних наук, доцент Б.І. Кривошей, заступник начальника факультету цивільного захисту НУЦЗ України.

Аварійно-рятувальні роботи з радіаційного та хімічного захисту в надзвичайних ситуаціях: методичні вказівки по виконанню модульної роботи № 1 / Укладачі: І.М. Грицина, Ю.О. Куліш, В.В. Тригуб – Х: НУЦЗУ, 2013. – 36 с.

ЗМІСТ

Вступ.....	4
1 Мета та завдання роботи	5
2. Прогнозування хімічної обстановки при аварії на хімічно- небезпечному об'єкті	6
2.1 Постановка задачі і вихідні дані	6
2.2 Визначення еквівалентної кількості хлору	8
2.3 Прогнозування глибини зони зараження.....	12
2.4 Визначення площі хімічного зараження	14
2.5 Прогнозування часу підходу зараженої хмари і тривалості вражаючої дії нхр	15
2.6 Прогнозування можливих утрат людей	15
3 Розрахунок сил і засобів для ізоляції джерела аварії та обмеження зони зараження	17
4 Приклад виконання роботи	23
4.1 Прогноз можливої обстановки.....	23
4.2 Розрахунок сил та засобів.....	27
4.3 Рекомендації по організації робіт з ліквідації аварії	29
4.5 Таблиці вихідних даних.....	32
4.5 Таблиці вихідних даних.....	33
4.6 Вибір варіанту завдання	34
Література	36

ВСТУП

Широке застосування досягнень хімії в промисловості в другій половині ХХ століття привели до різкого збільшення числа надзвичайних ситуацій, які пов'язані з виходом у навколишнє середовище отруйних речовин. По наслідкам ці надзвичайні ситуації можна порівняти з застосуванням зброї масової поразки.

Найбільш небезпечними є аварії і руйнування на хімічно-небезпечних об'єктах (ХНО): підприємствах, що роблять або використовують у технологічних процесах отруйні хімічні речовини, транспортних засобах під час перевезення отруйних хімічних речовин.

Хімічна обстановка при пожежах і аваріях на ХНО постійно змінюється з часом, і на обстановку впливає безліч випадкових факторів, наприклад, висота інверсійного шару або швидкість приземного вітру та його напрямок. Крім того, параметри, що характеризують умови утворення викиду або розлиття небезпечної хімічної речовини (НХР) у навколишнє середовище, площу розлиття НХР у конкретний момент часу тощо. Тому прогнозування хімічної обстановки повинне виконуватись із застосуванням теорії ймовірності; вирішення такої задачі є дуже складним і трудомістким.

Звичайно, розрахунки, які вирішуються працівниками ДСНС України, виконуються в детермінованому плані – для середнього очікуваного або найгіршого варіанта, що дає наближені результати, але дозволяє просто та швидко одержати необхідне рішення.

Метою прогнозування є завчасне й оперативне визначення хімічної обстановки при викиді й розливі НХР, що утворюються в результаті аварій на технологічних ємностях і сховищах, при транспортуванні авто-, залізничним, трубним і іншим видами транспортування, а також при руйнуванні ХНО.

1 МЕТА ТА ЗАВДАННЯ РОБОТИ

По вихідним даним, що вибираються відповідно номеру залікової книжки потрібно:

1. Провести прогноз обстановки яка може скластися на об'єкті та у місті при аварії з викидом НХР, в результаті прогнозу потрібно визначити:

- 1.1 можливу глибину та площу зони хімічного зараження;
- 1.2 можливі втрати серед працівників об'єкту та населення;
- 1.3 час випарювання речовини;
- 1.4 час підходу хмари НХР до будівель;
- 1.5 можливу вибухонебезпечну зону;
- 1.6 фактичну глибину та площу зони хімічного зараження на час ліквідації аварії;
- 1.7 втрати серед працівників об'єкту та населення на початок ліквідації аварії.

2. Розрахувати сили та засоби потрібні для ліквідації аварії.

3. Надати рекомендації по проведенню АРР підрозділами ДСНС України.

4. Нанести на схему формату А-3 в масштабі 1:1000 зону зараження, яка прогнозується та фактичну зону зараження, а також розстановку сил та засобів при проведенні АРР.

2. ПРОГНОЗУВАННЯ ХІМІЧНОЇ ОБСТАНОВКИ ПРИ АВАРІЇ НА ХІМІЧНО-НЕБЕЗПЕЧНОМУ ОБ'ЄКТІ

2.1 Постановка задачі і вихідні дані

Для прогнозування необхідні наступні дані:

- 1) відомості про НХР на об'єкті:
 - кількість НХР у технологічній ємності або сховищі, у трубопроводі, у транспортній ємності, що може перейти в навколишнє середовище при аварії;
 - фізико-хімічні параметри НХР: агрегатний стан речовини, температура кипіння, тиску пару;
 - показники токсичності НХР;
- 2) характер розлиття НХР на поверхні, що підстилає: «вільно», «у піддон» або «обвалування»;
- 3) конструктивні параметри пристроїв огороження: площа горизонтального перетину піддона або площа обвалування;
- 4) метеорологічні умови: температура повітря, швидкість вітру на висоті 10 метрів, наявність хмарності;
- 5) час доби.

Для ХНО, у результаті аварій, на яких можливий викид або розлиття НХР, вирішуються дві задачі:

- оперативне (завчасне) прогнозування хімічної обстановки;
- аварійне прогнозування хімічної обстановки.

Оперативне прогнозування хімічної обстановки виконується при підготовці пожежних підрозділів до можливих пожеж і аварій на ХНО.

Прийнято наступні допущення:

1) ємності, що містять НХР, руйнуються цілком і вся кількість НХР переходить у навколишнє середовище, кількість НХР для розрахунків приймається рівним:

- при аварії - кількості НХР у максимальній по об'єму одиничної ємності (технологічної, складський, транспортної):

$$G = G_{\max}, \quad G_{\max} = \max\{G_1, G_2, \dots, G_n\}, \quad T \quad (2.1)$$

де G_j – кількість НХР у j -ої ємності;

- при руйнуванні – виходу всього запасу НХР на ХНО:

$$G = G\{G_1, G_2, \dots, G_n\}, \quad T \quad (2.2)$$

де $G(\dots)$ – функціональний зв'язок залежить від фізико-хімічних властивостей НХР;

- при аваріях на сховищах стиснутого газу:

$$G = \frac{\rho_p \cdot V_{\text{НХР}}}{1000}, \quad \text{Т} \quad (2.3)$$

де ρ_p – щільність НХР у скрапленому або стиснутому стані, кг/м^3 ;
 $V_{\text{НХР}}$ – об'єм сховища, м^3 ;
 - при аваріях на газо- і продуктопроводах:

$$G = \frac{n \cdot \rho \cdot V_r}{100}, \quad \text{Т} \quad (2.4)$$

де n – кількість НХР у газі, %

V_r – об'єм секції газопроводу між автоматичними відсіками, м^3 , наприклад, для аміакопроводів об'єм секції складає $V_r = 275 \div 500 \text{ м}^3$;

2) товщина шару рідини для НХР – h дорівнює:

- при розливі вільно на поверхні, що підстилає, приймається рівної 0,05 м. По всій площі розливу

$$h = 0,05, \quad \text{м} \quad (2.5)$$

- при розливі з ємностей, що мають піддон або обвалування

$$h = H - 0,2, \quad \text{м} \quad (2.6)$$

де H – висота піддону, обвалування, м;

3) граничний час перебування людей у зоні зараження – 4 години;

4) стан атмосфери – інверсія, $u < 0$;

5) метеорологічні умови – швидкість приземного вітру $V = 1 \text{ м/с}$.

Аварійне прогнозування хімічної обстановки – це поточне прогнозування обстановки. Виконується перед початком бойових дій і при веденні бойових дій на ХНО на основі даних розвідки. Прийнято наступні допущення:

1) метеорологічні умови не змінюються протягом 4 годин;

2) граничний час перебування людей у зоні зараження – 4 години.

При відсутності всіх необхідних даних розвідки, при оперативному прогнозуванні хімічної обстановки можна приймати окремі допущення, прийняті при завчасному прогнозуванні. Відповідно до прийнятих допущень оперативне прогнозування виконується на термін до 4 годин, а після закінчення цього часу прогноз обстановки повинний бути уточнений.

Зони зараження при викиді і розлитті НХР у залежності від їхніх фізичних властивостей і агрегатного стану розраховуються по первинній і вторинній хмарі, а саме для:

- зріджених газів – по первинній і вторинній хмарі;

- стиснутих газів – тільки по первинній хмарі;
- рідин, що киплять вище температури навколишнього середовища – тільки по вторинній хмарі.

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 – Γ , км;
- 2) площа зони зараження – S , км²;
- 3) час підходу хмари НХР до заданого об'єкта – $\tau_{\text{підх}}$, годин;
- 4) тривалість вражаючої дії НХР – $\tau_{\text{НХР}}$, годин;
- 5) можливі втрати людей – $N_{\text{п}}$, осіб. Результати прогнозу хімічної обстановки наносяться на топографічні карти або плани міста об'єкту.

2.2 Визначення еквівалентної кількості хлору

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

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

У зв'язку з утворенням НХР первинної або вторинної хмар еквівалентна кількість хлору при аварії визначається:

- по первинній хмарі:

- 1) для зріджених газів;
- 2) для стиснутих газів.

- по вторинній хмарі:

- 1) для зріджених газів;
- 2) для отруйних рідин, що киплять вище температури навколишнього середовища.

Формули для визначення еквівалентної кількості хлору:

- по первинній хмарі:

$$G_{e1} = k_1 \cdot k_3 \cdot k_5 \cdot k_7 \cdot G_{,T} \quad (2.7)$$

- по вторинній хмарі:

$$G_{e2} = (1 - k_1) \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4 \cdot k_5 \cdot k_6 \cdot k_7 \cdot \frac{G}{n \cdot \rho_{p, T}} \quad (2.8)$$

- при руйнуванні ХНО (одночасний викид усіх НХР на ХНО):

$$G_e = 20 \cdot k_4 \cdot k_5 \sum_{j=1}^n k_{2j} \cdot k_{3j} \cdot k_{6j} \cdot k_{7j} \cdot \frac{G_j}{\rho_j T} \quad (2.9)$$

де j індекс j означає приналежність показника до j -му НХР.

У формулах (2.7 – 2.8) приведені наступні коефіцієнти:

k_1 – коефіцієнт, що залежить від умов збереження НХР:

$$k_1 = \begin{cases} 1 & \text{– для стиснутих газів} \\ k_1 & \text{– для іншого агрегатного стану по таблиці 1} \\ \frac{C_p \cdot d\tau}{H_{\text{вип}}} & \text{– для рідких НХР, яких немає в таблиці 1} \end{cases}$$

де C_p – питома теплоємність НХР, кДж/(кг·К);

$d\tau$ – різниця температур рідкого (НХР) до і після виходу в навколишнє середовище, град.;

$H_{\text{вип}}$ – питома теплота випару рідкого НХР при температурі випару кДж/кг.

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

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

де P – тиск насиченої пари речовини при температурі повітря 20 °С, кПа.;

M – молекулярна маса речовини;

k_3 – коефіцієнт, дорівнює відношенню граничної токсидози хлору до токсидози іншого НХР:

$$k_3 = \begin{cases} k_3 & \text{– по таблиці 3} \\ \frac{0,6}{Cl_{t-50}} & \text{– для НХР, яких немає в таблиці 1} \end{cases}$$

де $Cl_{t,50}$ – гранична токсидоза, визначається по формулі:

$$Cl_{t,50} = 240 \cdot Z_{\text{НХР}} \cdot \text{ГДК}, \quad (2.10)$$

$$Z_{\text{НХР}} = \begin{cases} 5 & \text{– для газів що подразнюють,} \\ 9 & \text{– для усіх інших газів.} \end{cases}$$

k_4 – коефіцієнт, що враховує вплив швидкості вітру:

$$k_4 = 0,3342 \cdot v_{\text{п}} + 0,6658 \quad (2.11)$$

де $v_{\text{п}}$ – швидкість приземного вітру, (м/с).

Для спрощення розрахунків коефіцієнт k_4 визначається по таблиці 2.

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, що пройшов після початку аварії (виходу/викиду НХР) – τ , визначається після розрахунку тривалості випарювання речовини $\tau_{\text{вип}}$ (2.20):

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

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

$$k_7 = \begin{cases} k_7 & \text{– по таблиці 1} \\ 1 & \text{– для НХР, яких немає в таблиці 1} \end{cases}$$

Таблиця 1 – Коефіцієнти для прогнозування зон зараження

Найменування НХР	Порогова токсична доза, мг·хв/л	Значення коефіцієнтів						
		k ₁	k ₂	k ₃	k ₇ для температури			
					- 20 °С	0 °С	20 °С	40 °С
1. Аміак	15	0,18	0,025	0,04	0,3/1	0,6/1	1/1	1,4/1
• під тиском	15	0,01	0,025	0,04	1/1	1/1	1/1	1/1
• ізотермічне збереження								
2. Водень								
• миш'яковистий	0,2	0,17	0,054	0,86	0,5/1	0,8/1	1/1	1,2/1
• фтористий	4	0	0,028	0,15	0,2	0,5	1	1
• хлористий	2	0,28	0,037	0,3	0,6/1	0,8/1	1/1	1,2/1
• бромистий	2,4	0,13	0,055	6	0,5/1	0,8/1	1/1	1,2/1
• ціаністий	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	1,2	0,04	0,039	0,5	0/0,4	0/0,9	1/1	2,3/1
• хлористий	10,8	0,125	0,044	0,06	0,1/1	0,6/1	1/1	1,5/1
5. Метилакрілат	6	0	0,005	0,03	0,2	0,4	1	3,1
6. Нітрил акрилової 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 ангідрид	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 – Значення коефіцієнта k₄

Коефіцієнт	Швидкість вітру, м/с										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	15
k ₄	1	1,3	1,6	2,0	2,3	2,6	3,0	3,3	3,6	4,0	5,6

Коефіцієнти k₁, k₂, k₃, k₆ враховують перехід від хлору до іншому НХР, а коефіцієнти k₄, k₅, k₇ враховують інші, що відрізняються від базових, метеорологічні умови.

2.3 Прогнозування глибини зони зараження

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 по первинній і вторинній хмарах. Вихідні дані:

- прогнозування по первинній хмарі:

1) еквівалентна кількість хлору по первинній хмарі – G_1 ;

2) швидкість приземного вітру – V ;

- прогнозування по вторинній хмарі:

1) еквівалентна кількість хлору по вторинній хмарі – G_2 ;

2) швидкість приземного вітру – V .

По таблиці 3 визначається глибина Γ_1 зони зараження для первинної хмари і глибина Γ_2 зони зараження для вторинної хмари:

$$\Gamma_1 = (G_1, V); \quad \Gamma_2 = (G_2, V), \text{ км} \quad (2.12)$$

Таблиця 3 – 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	52,67	81,91
2	0,26	0,59	0,84	1,92	2,84	7,2	10,83	28,73	44,09
3	0,22	0,48	0,68	1,53	2,17	5,43	7,96	20,59	31,3
4	0,19	0,42	0,59	1,33	1,88	4,36	6,46	16,43	24,8
5	0,17	0,38	0,53	1,19	1,68	3,75	5,53	13,88	20,82
6	0,15	0,34	0,48	1,09	1,53	3,43	4,88	12,14	18,13
7	0,14	0,32	0,45	1	1,42	3,17	4,49	10,87	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 при швидкості вітру 15 м/с.

Глибина зони зараження при спільній дії первинної і вторинної хмар Γ_0 визначається:

$$\Gamma_0 = \Gamma' + 0,5\Gamma'' \text{ , км} \quad (2.13)$$

де Γ' , Γ'' - найбільший і найменший з розмірів Γ_1 і Γ_2 .

$$\Gamma' = \max(\Gamma_1, \Gamma_2); \quad \Gamma'' = \min(\Gamma_1, \Gamma_2) \quad (2.14)$$

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

$$\Gamma_\tau = \tau \cdot V_{\text{пер}} \text{ , км ,} \quad (2.15)$$

де τ – час від початку аварії (початку виходу НХР), год.;

$V_{\text{пер}}$ – швидкість переносу переднього фронту зараженого повітря при заданій швидкості вітру V та ступеня вертикальної стійкості повітря, км/год.:

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

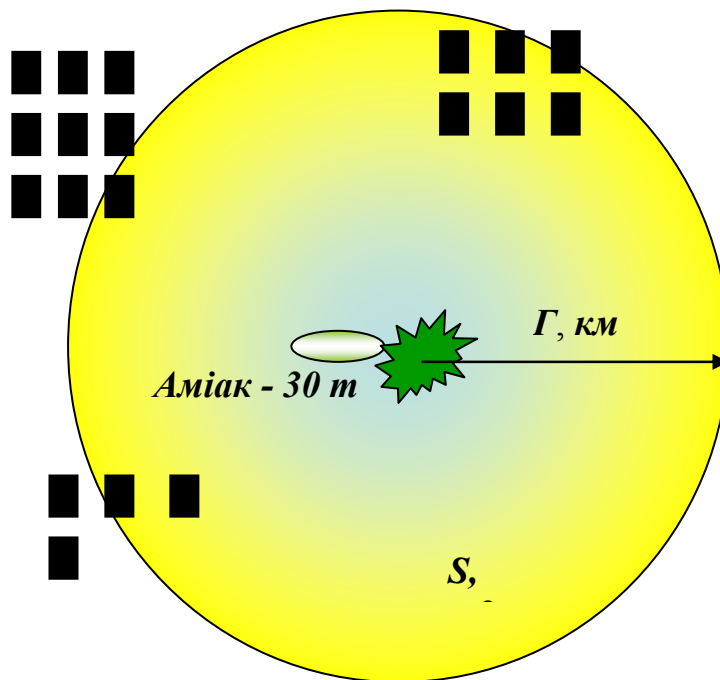


Рис. 1 – Утворення зони хімічного зараження

Порівнюючи значення глибини Γ_0 зони зараження при дії первинної і вторинної хмар з можливою глибиною зони Γ_τ сформованої на конкретний момент часу τ після початку аварії, вибираємо менше з цих значень:

$$\Gamma = \min(\Gamma_0, \Gamma_\tau), \text{ км} \quad (2.16)$$

яке є остаточною оцінкою глибини зони зараження.

2.4 Визначення площі хімічного зараження

Зона хімічного зараження являє собою сектор. Площа зони хімічного зараження S визначається по формулі:

$$S = 8,72 \cdot 10^{-3} \cdot \Gamma^2 \cdot f^0, \text{ км} \quad (2.17)$$

де f^0 – кутові розміри зони можливого зараження, град., залежить від швидкості приземного вітру (див. таблицю 4).

Таблиця 4 – Кутові розміри зони можливого зараження

Швидкість вітру, м/с	менш 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 по формулі (2.16). У конкретний момент часу τ , що пройшло після початку аварії (виходу або викиду НХР) площа зони - позначимо її S_τ – буде менше, тобто $S_\tau < S$. Площа S_τ обчислюється по формулі:

$$S_\tau = k_8 \cdot \Gamma^2 \cdot \tau^{0,2}, \text{ км}^2 \quad \text{при } \tau < \tau_{\text{вип.}} \quad (2.18)$$

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

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

Розрахована і нанесена на карту (схему) зона зараження є 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 зараження на карти (схеми) не наноситься.

2.5 Прогнозування часу підходу зараженої хмари і тривалості вражаючої дії НХР

Час підходу хмари НХР до заданого об'єкта залежить від швидкості переносу хмари повітряним потоком і визначається по формулі:

$$\tau_{\text{підх}} = \frac{L}{V_{\text{пер}}}, \text{ год.} \quad (2.19)$$

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

Тривалість вражаючої дії НХР визначається часом його випару з площі розливу. Час випару НХР $\tau_{\text{вип}}$ із площі розливу визначається по формулі:

$$\tau_{\text{вип}} = \frac{h \cdot \rho_p}{k_2 \cdot k_4 \cdot k_7}, \text{ год.} \quad (2.20)$$

2.6 Прогнозування можливих утрат людей

Для прогнозування можливих втрат людей необхідно визначити зону хімічної поразки. Для цього по нанесеній на карту (схему) обстановці обчислимо графічним або іншим методом можливу площу поразки S_n - площа частини населеного пункту (міста і т.п.), "накритою" зоною можливого зараження.

Очікувані втрати людей залежать, насамперед, від кількості людей N , що знаходяться (проживаючих, працюючих) у зоні поразки. Ця кількість N визначається по формулі:

$$N = \begin{cases} S \cdot P_{\text{нас}} - \text{для територій;} \\ N_{\text{спис}} - \text{для об'єкту.} \end{cases}$$

де S – площа зони зараження, км²;

$P_{\text{нас}}$ – щільність населення в зоні поразки, чол/м²;

$N_{\text{спис}}$ – кількість працюючих на об'єкті згідно списку.

Очікувані втрати людей N_n у зоні поразки дорівнюють:

$$N_n = k_e \cdot k_n \cdot k_3 \cdot N, \text{ чол.} \quad (2.21)$$

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 по таблиці 5.

Таблиця 5

Можливі втрати від НХР, %

Умови перебування людей	Забезпеченість проти газами, %									
	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 осередках поразки:

25% – поразки людей легкого ступеня;

35% – поразки людей середнього і важкого ступеня;

40% – поразки людей зі смертельним результатом.

За результатами прогнозу приймаються рішення по обсягу необхідної медичної допомоги населенню, а також оцінюється індивідуальний і соціальний ризик хімічної поразки.

3 РОЗРАХУНОК СИЛ І ЗАСОБІВ ДЛЯ ІЗОЛЯЦІЇ ДЖЕРЕЛА АВАРІЇ ТА ОБМЕЖЕННЯ ЗОНИ ЗАРАЖЕННЯ

Розрахунок сил і засобів для гасіння пожежі і виконання аварійно-рятувальних робіт на ХНО проводиться до аварії - при розробці оперативних планів гасіння пожеж і розробці карток хімічної небезпеки об'єкта, а також при підготовці навчань і рішень тактичних задач. У процесі гасіння пожежі і виконання аварійно-рятувальних робіт такі розрахунки уточнюються.

Розрахунок сил і засобів проводиться по трьох напрямках:

- для гасіння пожежі;
- для виконання аварійно-рятувальних робіт при витоку НХР;
- для гасіння пожежі в умовах дії НХР.

Розрахунок сил і засобів для виконання аварійно-рятувальних робіт при витоку НХР проводиться з метою визначення кількості особового складу, необхідного для обмеження поширення хмари НХР шляхом постановки водяних перешкод у залежності від обстановки, що склалася в результаті аварій на ХНО, а також визначення типу і кількості технічних засобів, які необхідно застосувати для постановки перешкод. При розрахунку застосовуються прийняті в пожежно-рятувальній службі нормативи виконання робіт.

Водяна перешкода на шляху поширення хмари НХР повинна забезпечити осадження речовини. Для осадження НХР потрібно визначити кількість води, що забезпечують підрозділи ДСНС України. Отже, для визначення необхідних сил і засобів треба знати кількість води, необхідне для осадження НХР, що у свою чергу залежить від:

- питомої витрати води для осаджування НХР;
- швидкості утворення хмари НХР швидкості випару НХР.

Питома витрата води для осадження НХР – це кількість води, необхідна для нейтралізації 1 т отруйної речовини. Питома витрата води залежить від розчинності парів НХР і може бути оцінена по формулі:

$$q = \frac{100}{R_m} \quad \text{або} \quad q = \frac{100}{R_v \cdot \rho_p}, \text{ гр.} \quad (3.1)$$

де R_m – масова розчинність НХР, показує скільки НХР у грамах розчиниться в 100 гр. води (див. таблицю 6);

R_v – об'ємна розчинність НХР, показує скільки НХР у мілілітрах розчиниться в 100 гр. води (див. таблицю 6).

Розчинності R_m , R_v залежать від температури води (див. табл. 6).

Таблиця 6 – Питома витрата води для осадження 1 т НХР при температурі 20 °С

Найменування	Розчинність у 100 гр. води				Витрата води
	Холодна	°С	Гаряча	°С	
1. Аміак	89,9	0	7,4	96	2
2. Сірчаний ангідрид	22,8	0	4,5	50	90
3. Сірковуглець	0,2	0	0,014	50	1100
4. Хлор:					
а) рідина	1,46	0	0,57	30	120
б) газ	310 мол	10	177 мол	30	

ПРИКЛАД: Необхідно оцінити питому витрату води для осадження парів хлору. Щільність хлору (у газоподібному стані) дорівнює $d = 0,0033 \text{ т/м}^3$. Температура води становить 20 °С. Розрахунки виконаємо по об'ємній розчинності парів хлору R_v . По таблиці 8 визначимо розчинність парів хлору:

$R_v(10) = 310 \text{ міл}$ – розчинність при температурі 10 °С;

$R_v(30) = 177 \text{ міл.}$ – розчинність при температурі 30 °С.

Шляхом інтерполяції визначаємо розчинність пар хлору при температурі 20 °С:

$$\begin{aligned} R_v(20) &= R_v(30) + \frac{R_v(10) - R_v(30)}{30 - 10} \cdot (30 - 20) = \\ &= 177 + \frac{310 - 177}{30 - 20} \cdot (30 - 20) = 244 \text{ міл.} \end{aligned}$$

По формулі 2.1 визначаємо питому витрату води q для хлору:

$$q = \frac{100}{R_v(20) \cdot d} = \frac{100}{244 \cdot 0.0033} = 124 \text{ т,}$$

що практично співпадає з більш точним значенням, наданим у таблиці 6.

Швидкість випару НХР залежить від:

- площі випару (площі розливу НХР);
- властивостей НХР;
- швидкості приземного вітру;
- температури повітря.

Відповідно до методики прогнозування хімічної обстановки, швидкість випару $V_{\text{вип}}$ визначається по формулі:

$$V_{\text{вип}} = S_p \cdot k_2 \cdot k_4 \cdot k_7, \quad \text{т/год.} \quad (3.2)$$

де S_p – площа розливу НХР, м^2 ;

Потрібна витрата води на постановку водяної перешкоди $Q_{\text{пот}}$ дорівнює:

$$Q_{\text{пот}} = 2,3 \cdot q \cdot V_{\text{вип}}, \text{ л/с} \quad (3.3)$$

де q – визначається по формулі (3.1) або по таблиці 6.

Необхідна кількість стволів для створення водяної перешкоди дорівнює:

$$N_{\text{ст}} = \frac{Q_{\text{пот}}}{Q_{\text{ст}}}, \quad (3.4)$$

де $Q_{\text{ст}}$ - витрата води з одного ствола, визначається по таблиці 7.

Таблиця 7 – Тактико-технічні дані розпилювачів

Розпилювачі	Кут подачі ствола, град.	Напір, мПа	Витрата води, л/с	Геометричні розміри водяних завіс		
				Висота, м	Площа, м ²	Товщина, м ²
Турбінні:						
НРТ-5	50	0,6	5	10	50	1,2
НРТ-10	50	0,6	10	12	100	1,5
НРТ-20	50	0,6	20	15	200	2,0
РВ-12	-	0,6	8	8	100	1,2

При організації активного захисту стволи розташовуються по периметру розливу НХР. Відстань i , між стволами дорівнює:

$$L = \frac{P}{N_{\text{см}}}, \text{ м} \quad (3.5)$$

де P – периметр розливу НХР.

Забезпеченість водою ХНО здійснюється:

- протипожежним водопроводом;
- пожежними водоймами.

При наявності протипожежного водопроводу необхідно перевірити відповідність можливостей водогінної мережі з необхідною витратою:

$$Q_{\text{пот}} < Q_{\text{водог}}, \quad (3.6)$$

де $Q_{\text{водог}}$ – водовіддача мережі протипожежного водопостачання, л/с, визначається з урахуванням виду мережі діаметра труб і по напорі в мережі (див. довідник КГП).

При наявності пожежних водоймищ або інших джерел з обмеженим запасом води необхідна кількість води $V_{\text{заг}}$ визначається по формулі:

$$V_{\text{заг}} = 3,6 \cdot Q_{\text{пот}} \cdot \tau_{\text{роб}} \cdot K_{\text{зап}}, \text{ м}^3 \quad (3.7)$$

де $\tau_{\text{роб}}$ – тривалість постановки (або тривалість зрошення) водяної перешкоди, година;

$K_{\text{зап}}$ - коефіцієнт запасу води, що враховує вторинне (після осадження) випаровування НХР, $K_{\text{зап}} = 3$.

Тривалість постановки водяної завіси троб залежить від часу випару $\tau_{\text{вип}}$ і часу вільного поширення хмари НХР $\tau_{\text{віль}}$

$$\tau_{\text{роб}} = \tau_{\text{вип}} - \tau_{\text{віль}}, \text{ год.} \quad (3.8)$$

Час вільного поширення хмари НХР – $\tau_{\text{віль}}$ – це час, що минув з початку розливу до подачі першого ствола.

Після визначення необхідної кількості води $V_{\text{заг}}$ необхідно перевірити відповідність з фактичною кількістю води у водоймі $V_{\text{заг}}$:

$$V_{\text{заг}} < 0,9 \cdot V_{\text{вод}}, \quad (3.9)$$

Приймається 10 % запас води у водоймищі.

Для забезпечення виконання робіт необхідні пожежні автомашини основного призначення, кількість M_m яким визначається по формулах:

$$N_m = \frac{Q_{\text{пот}}}{Q_n} \quad \text{або} \quad N_m = K_0 \frac{N_{\text{ст}}}{N_{\text{ст.м.}}}, \quad (3.10)$$

де Q_n – водовіддача пожежного насоса при обраній схемі, л/с;

$N_{\text{ст.м}}$ – кількість стволів, які подаються одним відділенням;

K_0 – коефіцієнт запасу:

$$K_0 = \begin{cases} 1,3 - \text{у літній час} \\ 1,5 - \text{у зимовий час} \end{cases}$$

Гранична відстань $L_{\text{пр}}$ при подачі води (нейтралізуючих речовин) від пожежних автомашин, установлених на вододжерело, дорівнює:

$$L_{\text{пр}} = \frac{[H_{\text{н}} - (H_{\text{р}} \pm Z_{\text{м}} \pm Z_{\text{приб}})]}{S \cdot Q^2} \cdot 20, \quad (3.11)$$

де $H_{\text{н}}$ – напір на насосі, м;
 $H_{\text{приб}}$ – напір у ствола, м;
 $H_{\text{р}}$ – напір у розгалуження, м;
 $Z_{\text{м}}$ – висота підйому місцевості, м;
 $Z_{\text{приб}}$ – найбільша висота підйому приладу подачі, м;
 S – опір пожежних рукавів;
 Q – витрата води в найбільш навантаженій лінії.

Загальна чисельність особового складу визначається шляхом підсумовування числа людей, зайнятих на веденні різних видів бойових дій, з урахуванням обстановки на місці аварії, тактичних умов ліквідації аварії (рельєф місцевості, забудова, наявність людей на об'єкті, що можуть сказатися в зоні зараження, хімічною обстановкою в зоні зараження, що постраждали в зоні зараження і т.п.). Формула для визначення чисельності складу буде мати такий вигляд:

$$N_{\text{о/с}} = N_{\text{ст}} \cdot 3 + N_{\text{м}} + N_{\text{д}} + N_{\text{зв}} + N_{\text{кпп}} + N_{\text{пб}} + \dots, \quad (3.12)$$

де $N_{\text{о/с}}$ – кількість людей, зайнятих на позиціях стволів;
 $N_{\text{м}}$ – кількість людей, зайнятих на контролі за роботою насосно-рукавних систем, дорівнює числу автомашин;
 $N_{\text{д}}$ – кількість страхувальників на висувних драбинах, дорівнює числу висувних драбин;
 $N_{\text{зв}}$ – кількість зв'язкових;
 $N_{\text{кпп}}$ – кількість особового складу, задіяного на контрольно-пропускному пункті;
 $N_{\text{пб}}$ – кількість людей, зайнятих на постах безпеки, дорівнює числу постів безпеки.

Особовий склад може виконувати і інші, не згадані роботи, наприклад, роботи з припинення викиду НХР, роботи з ліквідації розлитої кількості НХР, роботи по евакуації населення з зони хімічної поразки.

При визначенні кількості особового складу, зайнятого на позиціях стволів, необхідно враховувати умови роботи рятувальників у захисних костюмах і вплив температури. Більш точна кількість особового складу ($N_{\text{о/с.ст}}$) на позиції стволів визначається:

$$N_{\text{о/с.ст}} = N_{\text{ст}} \cdot 3 \cdot K_{\text{змін}}, \quad (3.13)$$

де $K_{\text{змін}}$ – коефіцієнт змінності, характеризує тривалість роботи рятувальника на позиції і залежить від температури навколишнього середовища, засобів

індивідуального захисту, що використовуються і фізичного навантаження, $K_{\text{змін}} > 1$.

Необхідна кількість відділень $N_{\text{від}}$ основного призначення визначається по чисельності особового складу $N_{\text{o.c}}$

$$N_{\text{від}} = \frac{N_{\text{o.c}}}{4}, \quad (3.14)$$

де 4 – це оперативний розрахунок пожежної автоцистерни без водія і командира відділення.

Номер виклику на ліквідацію аварії на ХНО призначається відповідно до гарнізонного розкладу по кількості відділень основного призначення.

Необхідність залучення спеціальних пожежних автомобілів, допоміжної і господарської техніки визначається по реальній обстановці на ХНО і з урахуванням тактичних можливостей пожежно-рятувальних підрозділів.

Розрахунок сил і засобів для гасіння пожежі в умовах дії НХР проводиться на випадок, коли на ХНО:

- у результаті вибуху або з іншої причини виникає пожежа та одночасно відбувся вихід НХР з утворенням зони хімічного зараження;
- пожежа, що виникла, може привести до руйнування ємностей, технологічних апаратів і трубопроводів з наступним виходом НХР;
- викид або розлиття НХР можуть запалитися і спричинити пожежу (утворенню вогневої кулі).

При одночасному виникненні пожежі і викиду (або розлиття) НХР виконуються 2 розрахунки сил і засобів:

- 1) для гасіння пожеж;
- 2) для аварійно-рятувальних робіт.

У зв'язку з неможливістю прогнозування достовірної обстановки при пожежі в зоні хімічного зараження варто застосувати метод найгіршого випадку. Для найгіршого випадку (пожежа і хімічне зараження) розрахунки сил і засобів розглядаються незалежно і загальна кількість сил і засобів визначається їх підсумовуванням. Однак, у залежності від конкретних умов одночасної пожежі і викиду (розлиття) НХР необхідні фактично сили і засоби можуть бути меншими, ніж розраховані простим об'єднанням двох розрахунків. Наприклад, при загорянні розлитої НХР утворення хмари НХР може припинитися і варто організувати тільки захист від температурного впливу полум'я і дати можливість НХР вигоріти (ліквідація НХР шляхом випалювання). Тому:

- при завчасній підготовці – потрібно окремо розраховувати сили і засоби для гасіння пожежі і для виконання аварійно-рятувальних робіт;
- при виникненні аварії або руйнування – за результатами розвідки кількість сил і засобів треба уточнювати в залежності від конкретних умов аварії (руйнування) на ХНО.

4 ПРИКЛАД ВИКОНАННЯ РОБОТИ

Вихідні дані

Об'єкт: радіозавод, який розташовано у місті N, кількість працюючих на заводі 200 осіб, на час аварії 90 % працюючих знаходилося у цехах 10 % на території. На заводі сталася аварія з руйнацією ізотермічної ємності 100 м³ в якій знаходився рідинний аміак. Аміак витік в обвалування розміром 12×12×1м. Працівники об'єкту забезпечені протигазами на 50 %.

Місто: густина населення 200 чол/км². На час аварії вдома знаходилося 70 %, на вулицях 30%.

Погода: температура повітря +20 °С, швидкість вітру 1м/с, напрямок вітру 0°. Час доби – вечір, стан атмосфери – інверсія.

Протипожежне водопостачання: пожежні гідранти по вул. Радгоспній через 150 метрів, водопровідна мережа кільцева діаметром 200 мм, тиск 0,6 МПа, по вул. Польовій через 100 метрів, водопровідна мережа діаметром 150 мм, тиск 0,4 МПа.

4.1 Прогноз можливої обстановки

Метою прогнозування є попереднє та оперативне визначення хімічної обстановки при викидах та розливу НХР, яка утворюється у наслідку аварій на технологічних ємностях та сховищах при транспортуванні автомобільним, залізничним, трубопровідним та іншими видами транспорту, а також при руйнуванні хімічно - небезпечних об'єктів (ХНО).

В результаті прогнозу визначаються:

- глибина зони зараження – Г, км.;
- площа зони хімічного зараження – S, км²;
- час випарювання розлитих НХР – $\tau_{\text{вип}}$, год.;
- час підходу хмари НХР до жилих будинків – $\tau_{\text{підх}}$, год.;
- можливі втрати серед працівників об'єкту та населення міста – N_{чол}.

1. Визначаємо властивості речовини з довідникової літератури [8]. Аміак NH₃ молярна маса – 17,03 кг/кмоль; густина в скрапленому стані 681,4 кг/м³; граничнодопустима концентрація 0,02 мг/л; летальна концентрація при вдиханні на протязі 5-10 хв. – 3,5 мг/л; концентраційні межі поширення полум'я 15-28 %; температура самоспалахування 650 °С.

2. Визначаємо кількості аміаку, що витік з ємності по формулі (2.3)

$$G = \frac{\rho_p \cdot V_{\text{НХР}}}{1000} = \frac{681,4 \cdot 100}{1000} = 68,1 \text{ т}$$

3. Визначаємо товщину шару розлитого аміаку по формулі (2.5)

$$h = H - 0,2 = 1 - 0,2 = 0,8 \text{ м}$$

4. Визначаємо еквівалентну кількість газу у первинній хмарі по формулі (3.7):

$k_1 = 0,01$ коефіцієнт який залежить від умов зберігання НХР;

$k_3 = 0,04$ коефіцієнт який дорівнює відношенню порогової токсодози хлору до порогової токсодози іншого НХР;

$k_5 = 1$ коефіцієнт враховуючий ступінь вертикальної стійкості атмосфери.

$k_7 = 1$ коефіцієнт враховуючий вплив температури повітря швидкість випарювання та розповсюдження НХР;

G – кількість розлитої речовини.

$$G_{e1} = k_1 \cdot k_3 \cdot k_5 \cdot k_7 \cdot G = 0,01 \cdot 0,04 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 68,1 = 0,027 \text{ т}$$

5. Визначаємо еквівалентну кількість газу у вторинній хмарі по формулі (3.8):

$k_2 = 0,025$ коефіцієнт, який враховує випарювання НХР при відсутності вітру та температурі $+20^\circ\text{C}$;

$k_4 = 1$ коефіцієнт, який враховує швидкість вітру;

$k_6 = 1$ коефіцієнт який залежить від часу, що минув від початку аварії;

h – товщина шару розлитої рідини;

ρ – густина пару

$$G_{e2} = (1 - 0,01) \cdot 0,025 \cdot 0,04 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot \frac{68,1}{0,8 \cdot 0,681} = 0,126 \text{ т}$$

6. Визначаємо час випарювання розлитого аміаку по формулі (2.20):

$$\tau_{\text{вип}} = \frac{0,8 \cdot 681}{0,025 \cdot 1 \cdot 1} = 21792 \text{ с або } 6,05 \text{ години}$$

7. Визначаємо глибину зони хімічного зараження первинною хмарою.

Глибину зони хімічного зараження первинною хмарою визначаємо методом лінійної інтерполяції з використанням даних по табл. 3. Визначаємо глибину зони можливого зараження НХР при фіксованій еквівалентній кількості НХР, близьких до еквівалентної кількості газу у первинній хмарі G_{e1} :

$G_{e1} = 0,027 \text{ т}$;

$G_1 = 0,01 \text{ т}$ – для якої $\Gamma_{(0,01)} = 0,38 \text{ км.}$;

$G_2 = 0,05 \text{ т}$ – для якої $\Gamma_{(0,05)} = 0,85 \text{ км.}$;

$$\begin{aligned} \Gamma_1 &= \Gamma_{(0,01)} + \frac{(\Gamma_{(0,05)} - \Gamma_{(0,01)}) \cdot (G_{e1} - G_1)}{G_2 - G_1} = \\ &= 0,38 + \frac{(0,85 - 0,38) \cdot (0,027 - 0,01)}{0,05 - 0,01} = 0,57 \quad \text{км} \end{aligned}$$

8. Визначаємо глибину зони хімічного зараження вторинною хмарою.

По табл. 3 визначаємо глибину зони можливого зараження НХР при фіксованій еквівалентній кількості НХР, близьких до еквівалентної кількості газу у вторинній хмарі G_{e2} :

$$G_{e2} = 0,126 \text{ т};$$

$$G_1 = 0,1 \text{ т} - \text{для якої } \Gamma_{(0,1)} = 1,25 \text{ км.};$$

$$G_2 = 0,5 \text{ т} - \text{для якої } \Gamma_{(0,5)} = 3,16 \text{ км.};$$

$$\begin{aligned} \Gamma_2 &= \Gamma_{(0,1)} + \frac{(\Gamma_{(0,5)} - \Gamma_{(0,1)}) \cdot (G_{e2} - G_1)}{G_2 - G_1} = \\ &= 1,25 + \frac{(3,16 - 1,25) \cdot (0,126 - 0,1)}{0,5 - 0,1} = 1,37 \quad \text{км} \end{aligned}$$

9. Визначаємо глибину зони зараження при спільній дії первинної та вторинної хмари:

$$\Gamma_0 = \Gamma' + 0,5\Gamma'' = 1,37 + 0,5 \cdot 0,57 = 1,66 \quad \text{км}$$

де Γ' та Γ'' відповідно найбільший та найменший з розмірів Γ_1 та Γ_2 .

10. Визначаємо глибину переносу хмари аміаку за 4 години, виходячи з стану інверсії. Швидкість вітру $V = 1 \text{ м/с}$ або $3,6 \text{ км/год}$. Швидкість переносу переднього фронту зараженого повітря

$$V_{\text{пер}} = 2,2 \cdot V = 2,2 \cdot 3,6 = 7,92 \quad \text{км/ГОД}$$

$$\Gamma_{\tau} = \tau \cdot V_{\text{пер}} = 4 \cdot 7,92 = 31,7 \quad \text{км}$$

При введенні водяної завіси через 0,3 години:

$$\Gamma_{\tau} = 0,3 \cdot 7,92 = 2,4 \text{ км}$$

11. Остання глибина

$$\Gamma = \min(\Gamma_0, \Gamma_{\tau}) = 1,66 \quad \text{км}$$

12. Визначення можливої площі зони хімічного ураження;

$$S = 8,72 \cdot 10^{-3} \cdot \Gamma^2 \cdot f_0 = 8,72 \cdot 10^{-3} \cdot 1,66^2 \cdot 180 = 2,6 \text{ км}^2,$$

де f_0 – кутові розміри зони можливого ураження $f_0 = 180$.

При введенні водяної завіси через 0,3 години:

$$S_\tau = K_8 \cdot \Gamma^2 \cdot \tau^{0,2} = 0,081 \cdot 2,6^2 \cdot 0,3^{0,2} = 0,43 \text{ км}^2$$

де K_8 – коефіцієнт, який залежить від ступеню вертикальної стійкості повітря, при інверсії дорівнює 0,081.

13. Визначаємо глибину поширення вибухонебезпечної концентрації:

$$R = K \cdot \Gamma;$$

де Γ – глибина зони зараження;

K – коефіцієнт:

$$K = 3 \sqrt{\frac{C_v^2}{C_{\text{зап. н.}}}}$$

де C_v – об'ємна концентрація аміаку, що відповідає вражаючій токсидозі, і складає 0,25 %.

$C_{\text{зап. н.}}$ – нижня концентраційна межа запалення аміаку в повітрі.

$$K = 3 \sqrt{\frac{(0,25)^2}{15^2}} = 0,067;$$

$$R = 0,067 \cdot 1,66 = 0,111 \text{ км.}$$

14. Визначаємо час підходу зараженої хмари до найближчих будинків:

$$\tau_{\text{підх}} = \frac{L}{V_{\text{пер}}} = \frac{0,2}{7,92} = 0,025 \text{ год.,}$$

що приблизно дорівнюється 2 хвилинам.

15. Прогнозування можливих втрат людей:

На об'єкті:

$$N = N_{\text{спис}} = 200 \text{ осіб}$$

Оскільки у цехах знаходилося 90 % працівників заводу, тобто 180 осіб. З них отруєння можуть отримати 27 % що складає 49 осіб. На території заводу знаходиться 10 % тобто 20 чоловік з них 50 % або 10 чоловік можуть отримати отруєння різного ступеню. Всього отруєння легкого ступеню можуть отримати 15 чол. Отруєння середнього та важкого ступеню (яким потрібна госпіталізація) можуть отримати 24 чол. Отруєння, що приведе до загибелі людей, можуть отримати 21 чоловік.

В місті:

$$N = S_{\phi} \cdot P_{\text{нас}} = 0,14 \cdot 200 = 28 \text{ чол.}$$

З них: отруєння легкого ступеню може отримати 7 чол., отруєння середнього та важкого ступеню може отримати 12 чол., отруєння, що приведуть до загибелі – 9 чол.

4.2 Розрахунок сил та засобів

Завданням підрозділів ДСНС України під час ліквідації аварій з викидом НХР є обмеження зони хімічного зараження за допомогою водяних завіс, які встановлюються на шляху розповсюдження хмари отруйних речовин. Визначаємо необхідну кількість сил та засобів для ліквідації аварії:

1. Визначаємо витрати води для нейтралізації 1 тони аміаку по формулі (3.1). Об'ємну розчинність (R_v) при заданій температурі визначаємо методом лінійної інтерполяції з використанням даних по табл. 6. Приймаємо температуру води у водопровідній мережі 10°C . Визначаємо розчинність аміаку при температурі 0 та 96°C .

$$t_{\phi} = 10^{\circ}\text{C};$$

$$t_1 = 0^{\circ}\text{C} \text{ – для якої } R_1 = 89,9;$$

$$t_2 = 96^{\circ}\text{C} \text{ – для якої } R_2 = 7,4;$$

$$\begin{aligned} R_v &= R_2 + \frac{(R_1 - R_2) \cdot (t_2 - t_{\phi})}{t_2 - t_1} = \\ &= 7,4 + \frac{(89,9 - 7,4) \cdot (96 - 10)}{96 - 0} = 81,3 \text{ мл} \end{aligned}$$

Витрати води для нейтралізації 1 тони аміаку

$$q = \frac{100}{R_v \cdot \rho_p} = \frac{100}{81,6 \cdot 0,681} = 1,8 \approx 2$$

Тобто для розчинення до безпечної концентрації 1т аміаку потрібно 2т води.

2. Визначаємо швидкість випарювання:

$$V_{\text{вип}} = S_o \cdot k_2 \cdot k_4 \cdot k_7 = 144 \cdot 0,025 \cdot 1 \cdot 1 = 3,6 \text{ кг/с}$$

3. Визначаємо потрібні витрати води для нейтралізації аміаку, якій випаровується

$$Q_{\text{потр}} = q \cdot V_{\text{вип}} = 2 \cdot 3,6 = 7,2 \text{ л/с}$$

4. Визначаємо потрібну кількість стволів для створення водної завіси:

$$N_{\text{ст}} = \frac{Q_{\text{потр}}}{Q_{\text{ст}}} = \frac{7,2}{10} \approx 1$$

таким чином для постановки водної завіси на шляху розповсюдження хмари аміаку достатньо подати один ствол “А” з турбінною насадкою НРТ-10. Для зменшення необхідності додаткових маневрів стволом приймаємо два стволи “А” з насадками НРТ-10, які розташовуємо симетрично обвалуванню.

5. Визначаємо тривалість постановки водної завіси:

$$\tau_{\text{роб}} = \tau_{\text{вип}} - \tau_{\text{вільн}} = 6,05 - 0,3 = 5,75 \text{ год.}$$

$$\tau_{\text{вільн}} = \tau_{\text{віл}} + \tau_{\text{спов}} + \tau_{\text{зб}} + \tau_{\text{сл}} + \tau_{\text{бр}} = 2 + 1 + 1 + 10 + 6 = 20 \text{ хв} = 0,3 \text{ год.}$$

6. Визначаємо потрібну кількість особового складу:

$$\begin{aligned} N_{\text{о/с}} &= N_{\text{ст}} \cdot 3 \cdot K_{\text{змін}} + N_{\text{пб}} + N_{\text{кпп}} + N_{\text{м}} + N_{\text{з}} = \\ &= 2 \cdot 3 \cdot 3 + 2 + 1 + 1 + 3 = 25 \text{ осіб} \end{aligned}$$

7. Визначаємо потрібну кількість відділень на основних пожежних машинах:

$$N_{\text{в}} = \frac{N_{\text{о/с}}}{4} = \frac{25}{4} \approx 7 \text{ від.}$$

Таким чином для ліквідації аварії потрібно зосередження сил та засобів гарнізону по виклику №2.

Висновки: Для постановки водної завіси потрібно подати 2 стволи “А”

з насадками розпилювачами НРТ-10, для забезпечення їх роботи потрібно 7 відділень на основних пожежних машинах, що відповідає виклику №2 згідно з розкладом виїздів гарнізону.

4.3 Рекомендації по організації робіт з ліквідації аварії

Керівник ліквідації аварії (КГП)

Організація розвідки

Загальна розвідка:	Задачі: встановити вид НХР, місце та характер аварії (випадок, або витікання); визначити в приблизну зону зараження; визначити наявність, кількість та можливі місця знаходження людей на об'єкті; визначити можливість вибуху, або пожежі
Хімічна розвідка	Задачі: визначити межі зони хімічного зараження, а також межі вибухонебезпечної зони; визначити вид та наявність на об'єкті нейтралізуючих речовин;

Організація пошуку та евакуації постраждалих

При розшуку постраждалих потрібно керуватися наступними правилами:

- постраждалих слід шукати на робочих місцях, шляхах евакуації, на території, починаючи з місць, розташованих поблизу від джерела аварії за вітром;
- якщо речовина, що вийшла, важче повітря, то особливу увагу слід надавати нижче розташованим поверхам будівель та підвалам, а також заниженим ділянкам території;
- якщо речовина легше за повітря, то відповідно верхнім;
- використовувати відомості про кількість робочих, які знаходилися на об'єкті, а також можливим місцям їх знаходження;
- по мірі знаходження постраждалих евакуюються з небезпечної зони найкоротшим шляхом до пункту прийому.

Начальник штабу:

Локалізація зони хімічного зараження

Локалізація полягає в припиненні розповсюдження отруйної речовини в навколишньому середовищі. Це досягається:

- зменшенням швидкості випарювання за рахунок ізоляції шару НХР ПМП (рис. 2) (ефективно для тих НХР, які не розчинюються або погано розчинюються водою), а також зв'язуючими матеріалами (піском, ґрунтом тощо) з наступним видаленням;



Рис. 2 – Накриття шаром піни місця розливу НХР

- зменшення концентрації НХР у вторинній хмарі за допомогою водяних завіс з розпилених струменів (рис. 3), які встановлюються на шляху розповсюдження хмари або розпиленням за допомогою димовсмоктувачів;
- нейтралізацією розлитого НХР за рахунок подання нейтралізуючих речовин (наприклад кислота нейтралізується лужним розчином).

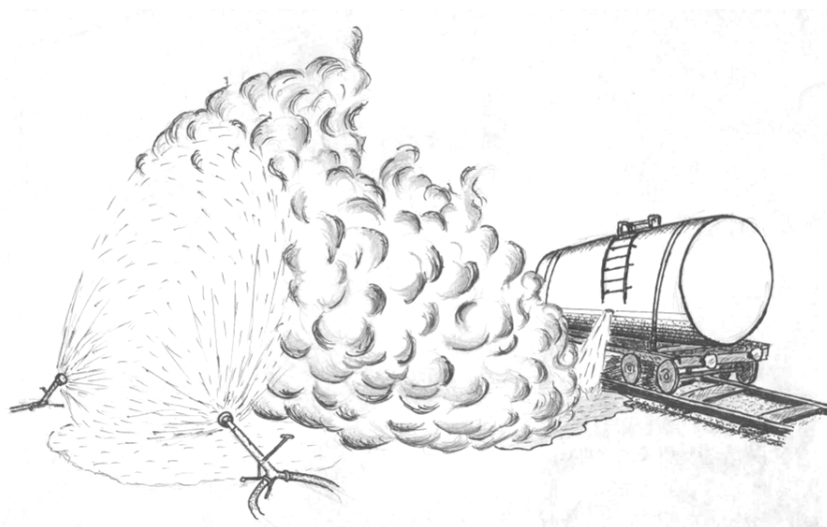


Рис. 3 – Постановка водяної завіси тонко розпиленими струменями води

Ліквідація джерела зараження

Ліквідація полягає в припиненні потрапляння НХР в навколишнє середовище. Це досягається:

- * перекриттям засувки на трубопроводах по яким подається речовина;
- * перекачуванням НХР з пошкоджених ємностей в резервні (рис. 4);
- * відновленням герметичності пошкоджених ємностей за допомогою бандажів (рис. 5), затискачів (рис. 6), пробок та ін.

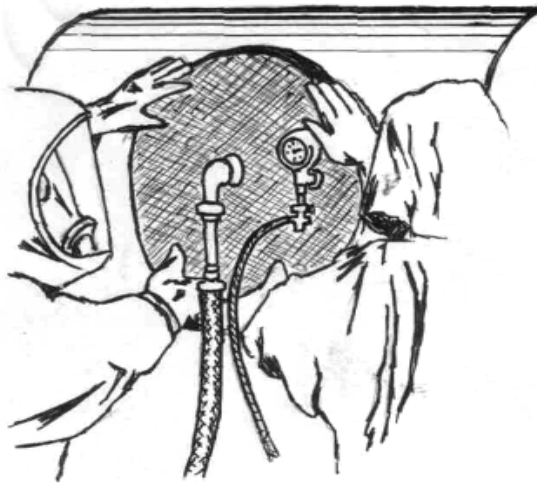


Рис. 4 – Перекачування НХР з пошкодженої ємності

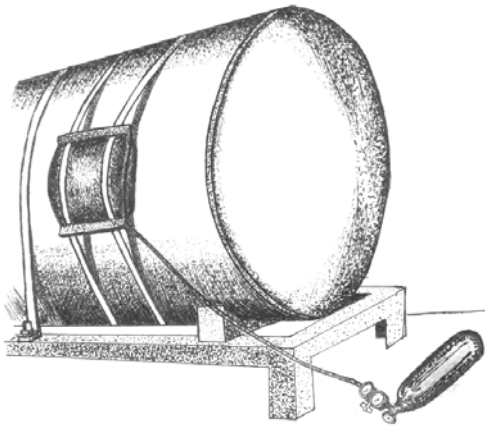


Рис. 5 – Накладання пневматичного пластиру на цистерну



Рис. 6 – Затискання пробійни пневматичною заглушкою

Начальник штабу також відповідає за:

- організацію безперервного зв'язку;
- облік особового складу, якій працює в небезпечній зоні;
- визначення припустимого часу роботи в небезпечній зоні особового складу та організація своєчасної заміни.

Начальник тилу:

Забезпечення безперервної подачі води для осадження хмари НХР.

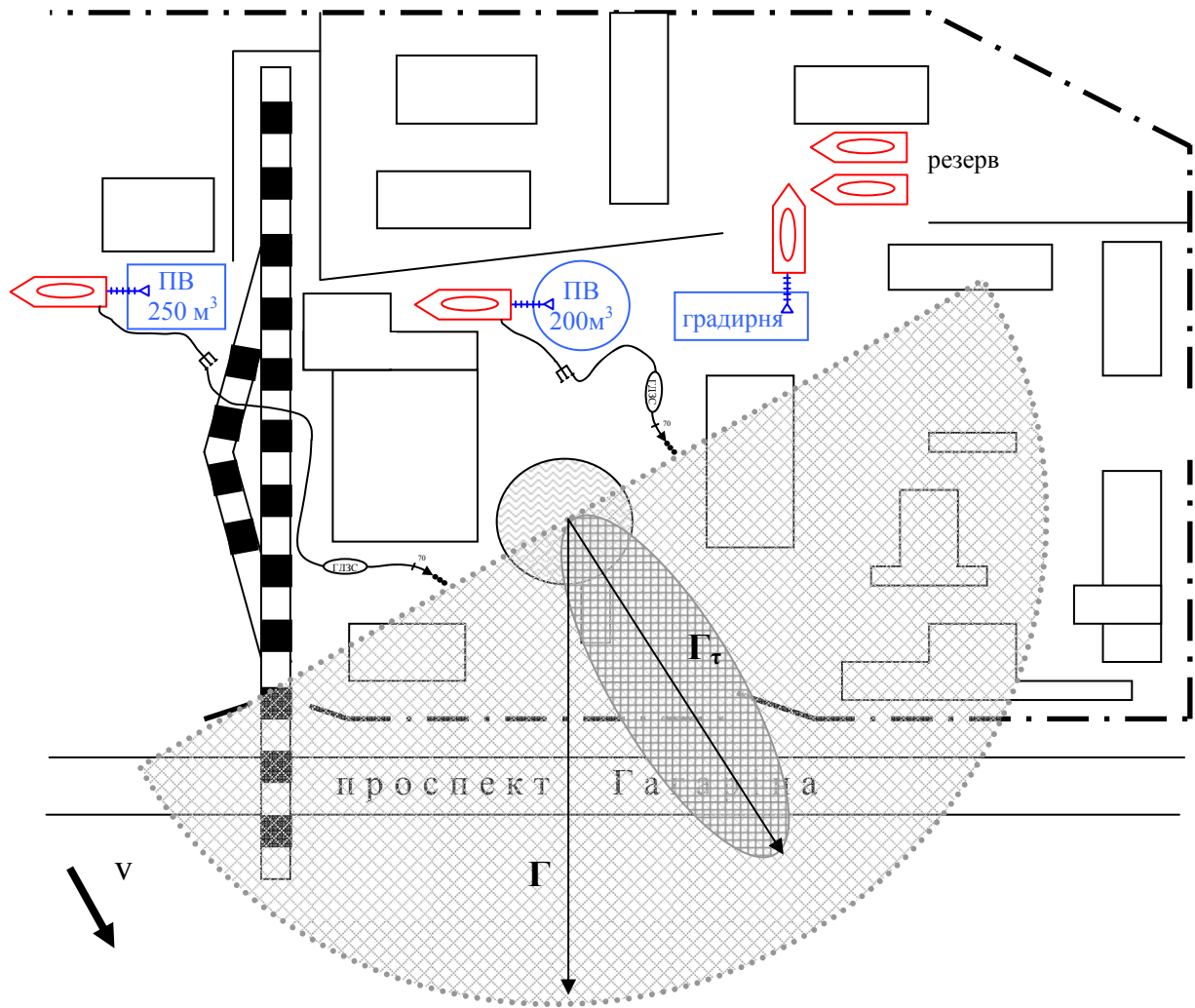
Забезпечення у разі необхідності подачі нейтралізуючих речовин у місце розливу.

Організація санітарної обробки особового складу та дегазації техніки та території.

Створення резерву засобів захисту органів дихання та шкіри.

Створення резерву пожежно-технічного обладнання.

РОЗТАШУВАННЯ СИЛ ТА ЗАСОБІВ ПРИ ЛІКВІДАЦІЇ АВАРІЇ



4.5 Таблиці вихідних даних

Таблиця 8 – Тривалість перебування людини в ізолюючих засобах захисту шкіри

Температура навколишнього повітря, °С	Тривалість перебування людини	
	Без комбінезону, що екранує, хв.	З комбінезоном, що екранує, хв.
Більш +30	Від 15 до 20	Від 1 до 1,5
Від 25 до 29	До 30	Від 1,5 до 2
Від 20 до 24	До 45	Від 2 до 2,5
Від 15 до 19	До 120	Більш 3
Менш +15	Більш 180	-

Таблиця 9 – Розчинність деяких речовин у воді

№ п/п	Речовина	Щільність	Агрегатний стан	Розчинність у 100 гр. води	
				холодна 0 °С	гаряча 50 °С
1	Водень				
	• миш'яковистий	2,692	газ	20	слабо розчин, 56,1
	• фтористий	0,987	газ	∞	469 розчин.
	• хлористий	1,268	газ	83,4	
	• бромистий	2,71	газ	∞	
	• ціаністий	0,697	рідина або газ		
2	Метиламін	0,7691	рідина	959	
3	Метил				
	• бромистий	1,732	газ	важко розчин	
	• хлористий	0,877	газ	166	
4	Нітрил акрилової кислоти	0,811	рідина	важко розчин	
5	Окисі азоту	1,0367	газ	7,34	2,37
6	Сірчаний ангідрид		газ	22,8	4,5
7	Сірководень	1,19	газ	437	186
8	Сірковуглець	1,24	рідина	0,2	0,014
9	Соляна кислота	1,48	рідина	00	-
10	Формальдегід	1,17	рідина	21	00
11	Фтор	1,31	газ	розклад.	не розчин
12	Фосген	1,392	газ	розклад.	не розчин
13	Хлорціан	1,22	рідина	важко розчин	-

Таблиця 10 – Розклад виїздів

Час прямування, (хв)	Виклик №1	Час прямування, (хв)	Виклик №2	Час прямування, (хв)	Виклик №3	Резерв
1	2	3	4	5	6	7
5	<i>СДПЧ -1</i> АЦ-40(130)63Б АЦ-40(131)181	10	<i>СДПЧ -2</i> АЦ-40(130)63Б АЦ-40(130)63Б АР-5	22	<i>СДПЧ -5</i> АЦ-40(130)63Б АЦ-40(131)181	<i>СДПЧ -3</i> АЦ-40(130) <i>СДПЧ -5</i> ПНС-110
		13	<i>СДПЧ -3</i> АЦ-40(130)63Б АЦ-40(130)63Б АЛ-30(ІЗІ)	25	<i>СДПЧ -3</i> АЦ-40(130)63Б	<i>СДПЧ -4</i> АР-2(131) АЦ-40(131)
		18	<i>СДПЧ -4</i> АЦ-40(130)63Б АГДЗС-12(672)	28	<i>СДПЧ-6</i> АЦ-40(130)63Б АЦ-40(130)63А	<i>СДПЧ -8</i> АЦ-40(130)
				29	<i>СДПЧ -8</i> АЦ-40(130)63Б	

4.6 Вибір варіанту завдання

Приклад вибору варіанту: індивідуальний план № 12-025

Остання цифра 5 по таблиці 11 – речовина сірковуглець, кількість – 90 т. кількість працюючих на об'єкті 150 осіб, забезпеченість працівників об'єкту протигазами 30%, густина населення в місті 180 осіб на 1 км².

Передостання цифра 2 по таблиці 12 – швидкість вітру 2 м/с, напрямок вітру 40⁰, температура повітря + 35 °С.

Третя цифра 0 по таблиці 18 – стан атмосфери інверсія.

Таблиця 11 – Остання цифра індивідуального плану

П'ята цифра залікової книжки	Речовина	Кількість (т)	Кількість працюючих (осіб)	Забезпеченість засобами захисту (%)	Густина населення осіб/км ²
1	Аміак (під тиском)	60	120	30	100
2	Ціаністий водень	10	60	40	200
3	Метиламін	30	100	50	250
4	Нітрил акрилової кислоти	70	200	40	300
5	Сірковуглець	90	150	30	180
6	Хлор	25	90	20	250
7	Бромистий водень	40	130	10	400
8	Водень хлористий	35	70	5	120
9	Сірчаний ангідрид	60	180	20	140
0	Формальдегід	45	110	10	190

Таблиця 12 – Передостання цифра індивідуального плану

Четверта цифра залікової книжки	Швидкість вітру (м/с)	Напрямок вітру (°)	Температура (°С)	Характер розливу
1	1	90	10	Вільно
2	2	40	35	обвалування 15x15x1
3	3	0	25	Вільно
4	4	10	5	обвалування 10x10x1
5	1	150	15	обвалування 12x12x1
6	4	240	0	Вільно
7	5	180	40	обвалування 14x14x1
8	3	60	25	обвалування 10x10x1
9	4	160	15	вільно
0	2	270	35	вільно

Таблиця 13 – Третя цифра індивідуального плану

Третя цифра залікової книжки	Стан атмосфери
0	інверсія
1	ізотермія
2	конвекція

ЛІТЕРАТУРА

1. Закон України “Про правові засади цивільного захисту”, № 1859-IV, 24 червня 2004 року.
2. Статут дій у надзвичайних ситуаціях органів управління та підрозділів Оперативно-рятувальної служби цивільного захисту. Наказ МНС №575 від 13.03.2012.
3. Правила безпеки праці в органах і підрозділах МНС України. Наказ МНС України 07.05.2007 р. № 312.
4. Рекомендації щодо захисту особового складу підрозділів оперативно-рятувальної служби цивільного захисту МНС України під час гасіння пожеж та ліквідації наслідків аварій за наявності небезпечних хімічних речовин (аміак, хлор, азотна, сірчана, соляна та фосфорна кислоти). Наказ МНС України 13.10.2008 р. № 733.
5. Рятувальні роботи при надзвичайних ситуаціях. Частина 1: Навчальний посібник / Аветисян В.Г., Сенчихін Ю.М., Куліш Ю.О. и др. – К: Основа, 2006. – 296 с.
6. Иванников В.П, Ключ П.П. Справочник руководителя тушения пожара. – М.: Стройиздат, 1987. - 288 с.
7. Методика прогнозирования масштабов заражения сильнодействующими ядовитыми веществами при авариях (разрушениях) на химически опасных объектах и транспорте. – М.: ВЦК ГО, 1990. – 28 с.
8. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов и средства их тушения. Справ. Изд.: в двух книгах; А.Н.Баратов, А.Я.Корольченко, Г.Н. Кравчук и др.- М., Химия, 1990. – 496с.
9. Ю.А. Иванов , И. И. Стижевский. Хранение и транспортировка жидкого аммиака. М.: Химия, 1991. – 70 с.
10. Учебник спасателя, Под общ. ред. Ю.Л. Воробьева . - 2-е изд., перераб. и доп. . - Краснодар : Сов. Кубань, 2002 . - 528 с.
11. В.А. Владимиров, А. Г. Лукьянченко Методические рекомендации по ликвидации последствий радиационных и химических аварий. М.: МЧС РФ Департамент гражданской защиты, 2004. – 335 с.
12. Рекомендації ГУДПО МВС України щодо захисту особового складу підрозділів пожежної охорони під час гасіння пожеж з наявністю хлору. – Київ: 2000, 41 с.
13. Рекомендації з захисту особового складу під час гасіння пожеж, що пов'язані з наявністю аміаку. – К.: УкрНДІПБ, 1997. - 42 с.
14. В.К. Воробьев, А.В. Врублевский. Сильнодействующие ядовитые вещества. Ликвидация аварий и тушение пожаров. – Минск.: ВИПТУ МВД РБ, 1997. – 197 с.
15. Справочник Средства индивидуальной защиты под ред. С.Л. Каминского. Ленинград.: Химия, 1989. – 398 с.

Навчальне видання

Укладачі:

Грицина Ігор Миколайович

Куліш Юрій Олексійович

Тригуб Володимир Віталійович

**АВАРІЙНО-РЯТУВАЛЬНІ РОБОТИ З РАДІАЦІЙНОГО
ТА ХІМІЧНОГО ЗАХИСТУ В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ**

Методичні вказівки по виконанню модульної роботи №1

Підп. до друк 10.07.13. Формат 60x84 1/16.

Умовн.-друк. арк. 2,25.

Вид. № 27/13.

Відділення редакційно-видавничої діяльності
Національного університету цивільного захисту України
61023 м. Харків, вул. Чернишевська, 94.

