

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ УКРАЇНИ

Факультет оперативно-рятувальних сил

Кафедра пожежної тактики та аварійно-рятувальних робіт

ОРГАНІЗАЦІЯ АВАРІЙНО-РЯТУВАЛЬНИХ РОБІТ

Методичні вказівки
до виконання модульної роботи № 1
«Прогнозування та ліквідація наслідків вибуху на відкритих технологічних установках»

Для здобувачів вищої освіти

Харків 2024

Підготовлено до друку за рішенням кафедри пожежної тактики та аварійно-рятувальних робіт
Протокол № 11 від «25» червня
2024 р.

Укладачі: Аветисян В.Г., Грицина І.М., Криворучко Є.М., Остапов К.М.

Рецензент:

Поляков С.В. – заступник начальника Головного управління з реагування на надзвичайні ситуації ГУ ДСНС України у Луганській області.

Собина В.О. – начальник кафедри організації та технічного забезпечення аварійно-рятувальних робіт факультету цивільного захисту

Організація аварійно-рятувальних робіт. Методичні рекомендації по виконанню контрольної роботи «Прогнозування та ліквідація наслідків вибуху на відкритих технологічних установках». Для здобувачів вищої освіти, які навчаються на першому (бакалаврському) рівні вищої освіти за спеціальністю 261 «Пожежна безпека» з навчальної дисципліни «Організація аварійно-рятувальних робіт» / Укладачі: Аветисян В.Г., Грицина І.М., Криворучко Є.М., Остапов К.М. – Харків: НУЦЗУ, 2024 р. – 46 с.

ЗМІСТ

Вступ	4
1. Мета та завдання роботи	5
2. Прогнозування та ліквідація наслідків вибуху на відкритих технологічних установках	7
2.1. Прогноз можливої обстановки при викиді пожежонебезпечних речовин з технологічних установок	7
2.2. Розрахунок сил та засобів для проведення аварійно-рятувальних робіт та гасіння пожеж.....	13
2.3. Розстановка сил та засобів.....	19
2.4. Пропозиції по організації аварійно-рятувальних робіт та гасіння пожежі.....	20
Параметри, що вибираються по другій цифрі залікової книжки	Ошибка!
Закладка не определена.	
4. Вибір варіанту завдання	37
5. Таблиці вихідних даних	42
План нафтохімічного заводу	45
Література	47

ЗАГАЛЬНІ ВКАЗІВКИ

Аналіз причин виникнення аварій та надзвичайних ситуацій техногенного характеру показав, що у 48 % випадків ці причини носять технічний характер через незадовільний технічний стан споруд, конструкцій, обладнання та інженерних мереж, їх значну зношеність внаслідок відпрацювання свого нормативного терміну експлуатації (нормативного ресурсу). Зношення споруд промислового та господарського призначення у різних галузях економіки сягає 70 % і більше і з кожним роком експлуатації зростає далі.

Капітальні, поточні та попереджувальні ремонти споруд, конструкцій та інженерних мереж проводяться нерегулярно. Внаслідок цього ступінь їх небезпеки та імовірність виникнення надзвичайних ситуацій техногенного характеру зростає. Технічний стан споруд, конструкцій та інженерних мереж основних галузей економіки регіону досяг критичної межі.

При виникненні окремих видів НС техногенного та природного характеру (вибух, ураган, підтоплення та ін.) можливе раптове руйнування споруд.

Найбільше число людських жертв, завдання матеріальних збитків та заподіяння шкоди докільню можливо при руйнуванні будівель та споруд громадського призначення, техногенно-небезпечних підприємств, багатоповерхових, аварійних будинків житлового та промислового призначення.

В останній період спостерігається тенденція до скорочення використання окремих видів палива, стан справ щодо енергозабезпечення погіршується, особливо в осінньо-зимовий період, що призводить до нестабільної роботи промислових підприємств, негативних соціальних наслідків внаслідок яких вибухонебезпечність будинків житлового та промислового призначення зростає.

1. Мета та завдання роботи.

Мета: Навчити слухачів (курсантів) методиці прогнозування можливої обстановки на об'єкті при викиді у повітря пожежонебезпечних речовин. А також організації аварійно-рятувальних робіт у разі вибуху та пожежі на цих об'єктах.

Зміст завдання.

Згідно з вихідними даними кожен слухач (курсант) повинен:

1. Провести прогноз можливої обстановки при викиді пожежонебезпечних речовин із технологічних апаратів.
2. Розрахувати сили та засоби потрібні для проведення аварійно-рятувальних робіт.
3. Розрахувати сили та засоби потрібні для гасіння пожеж.
4. Нанести результати прогнозу на план об'єкта.
5. Накреслити на плані об'єкту схему розстановки сил та засобів на час локалізації пожежі.

Слухачі (курсанти) зобов'язані вивчити питання щодо прогнозування аварійної обстановки на пожежонебезпечному об'єкті, розрахунку сил та засобів, організації аварійно-рятувальних робіт. При цьому використовується матеріал підручників, Закону України “Про правові засади цивільного захисту”, відповідні накази, настанови, рекомендації, вказівки, інформаційні листи МНС України. Після цього курсанти (слухачі) починають виконання контрольної роботи.

Для виконання контрольної роботи курсантам (слухачам) надається схема нафтохімічного заводу, а також вихідні дані (речовина, параметри, що характеризують її пожежонебезпечність, № цеху в якому сталася ава-

рія, кількість працюючих, варіант водопостачання).

Контрольна робота повинна бути написана розбірливо, грамотно та охайно. На схему об'єкту повинні бути нанесені:

- Межі вибухонебезпечних зон;
- Види руйнувань будинків;
- Пожежна обстановка;
- Схема розташування сил та засобів на час локалізації пожежі.

Контрольна робота виконується на аркушах формату А4, до якого додається схема об'єкта з нанесеними кресленнями.

Питання для підготовки до захисту контрольної роботи.

1. Зміст та організація аварійно-рятувальних робіт на комунально-енергетичних системах:

- Організація аварійно-рятувальних робіт на системах водопостачання;
- Організація аварійно-рятувальних робіт на системах каналізації;
- Організація аварійно-рятувальних робіт на системах газопостачання;
- Організація аварійно-рятувальних робіт на енергосистемах.

2. Організація аварійно-рятувальних робіт при руйнуванні будинків:

- Пошкодження будинків та споруд;
- Стійкість будинків та споруд;
- Види пошкоджень будинків та споруд;
- Організація аварійно-рятувальних робіт на початковому етапі;
- Дії рятувальників після знаходження постраждалих;
- Організація аварійно-рятувальних робіт при масовому руйнуванні будинків та споруд;
- Техніка безпеки проведення аварійно-рятувальних робіт.

2. Прогнозування та ліквідація наслідків вибуху на відкритих технологічних установках.

2.1. Прогноз можливої обстановки при викиді пожежонебезпечних речовин з технологічних установок.

У ході прогнозу потрібно визначити параметри розвитку відкритої пожежі, вибуху пари газової хмари при запаленні розлитих пальних і легкозаймистих рідин:

$R_{\text{заг}}$ – радіус зони загазованості, з вибухонебезпечною концентрацією при випарі рідини;

$R_{\text{ос}}$ – діаметр вогненної сфери при вибуху парів;

$R_{\text{пд}}$ – радіус вражаючої дії ударної хвилі на людину;

$R_{\text{руйн}}$ – радіус руйнації будівельних конструкцій;

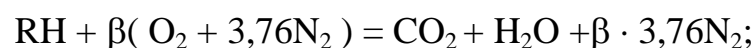
$R_{\text{ож}}$ – радіус вражаючої дії теплового випромінювання при запаленні парів (опіки відкритих ділянок шкіри);

Якщо відома початкова температура середовища, що дорівнює табличному значенню t_0 плюс $t_{\text{сп}}$, швидкість вітру $v_{\text{ветр}}$, площа $S_{\text{вип}}$ і час випаровування $\tau_{\text{вип}}$.

Значення t_0 , $v_{\text{ветр}}$, $S_{\text{вип}}$ і $\tau_{\text{вип}}$ вибираються по таблицям 4 - 5 (додатку 2), відповідно до номера залікової книжки.

2.1.1. Розрахунок температури при вибуху пари на стехіометричній концентрації по наступній методиці:

- складається рівняння реакції горіння;



$$\beta = n_c + n_s + \frac{n_H - n_X}{4} - \frac{n_o + 5n_P}{2}$$

де: n_c , n_s , n_H , n_X , n_o , n_P – число атомів вуглецю, сірки, водню, галогенів,

кисню, фосфору в вихідній речовині.

- визначається теоретичне число молів продуктів горіння $\nu_{\text{пр}}^0$;
- визначається теоретичне число молів початкової суміші $\nu_{\text{ісх}}$;
- визначається нижча теплота згоряння речовини з закону Гессу або по довідковим даним:

$$Q_c = \left| \sum \Delta H_{\text{f}} - \Delta H_{\text{f}} \right|, \text{ кДж/моль}, \quad (2.1)$$

де: $\Delta H_{\text{f}i}$ - теплота утворення простих речовин CO_2 та H_2O кДж/моль;

ΔH_{f} - теплота утворення горючих речовин кДж/моль;

$\Delta H_{\text{fCO}_2} = -393,78$ кДж/моль, $\Delta H_{\text{fH}_2\text{O}} = -241,84$ кДж/моль, ΔH_{f} - таблиця 1 додатку 2.

Для наступних розрахунків потрібна величина $Q_{\text{н}}'$ (кДж/кг) яка зв'язана з $Q_{\text{н}}$ (кДж/моль) співвідношенням.

$$Q_c' = \frac{Q_c \cdot 1000}{M} \text{кДж/кг}.$$

- визначається енергія вибуху:

$$U_{\text{внб}} = Q_{\text{н}} + RT\Delta T; \text{ кДж/моль} \quad (2.2)$$

де: R – універсальна газова стала, $R = 8,314 \cdot 10^{-3}$ кДж/(моль·К);

T – температура початкової суміші, К;

Δn – різниця між числом молів продуктів горіння та початкової суміші, кмоль/кмоль.

$$\Delta n = \nu_{\text{пр}}^0 - \nu_{\text{внх}}.$$

де: $v_{\text{пр}}^0$ – число молів продуктів горіння;

$v_{\text{вих}}$ – число молів початкової суміші.

- визначається середній тепловміст продуктів вибуху $U_{\text{ср}}$:

$$U_{\text{ср}} = \frac{U_{\text{виг}}}{v_{\text{пр}}} ; \text{ кДж/моль} \quad (2.3)$$

- орієнтуючись на внутрішню енергію азоту, визначається температура вибуху T_1 у першому наближенні з використанням даних внутрішньої енергії продуктів горіння при постійному об'ємі, таблиця № 4 додатку 3;

- визначається внутрішня енергія продуктів вибуху $U_{\text{пр1}}$ при температурі вибуху T_1 :

$$U_{\text{пр1}} = \sum U_i \cdot v_{\text{прі}} ; \text{ кДж/моль}; \quad (2.4)$$

де: U_i - внутрішня енергія і-того продукту вибуху, таблиця № 4 додатку 3 кДж/моль;

$v_{\text{прі}}$ - число молів і-того продукту вибуху.

- визначається температура вибуху у другому наближенні виходячи з того, що друге значення T_2 повинно бути менш, якщо теплота вибуху більше внутрішньої енергії продуктів вибуху або більше, якщо внутрішня енергія продуктів вибуху менш внутрішньої енергії;

- визначається внутрішня енергія продуктів вибуху $U_{\text{пр2}}$ при температурі вибуху T_2 :

$$U_{\text{пр2}} = \sum U_i \cdot v_{\text{прі}} ; \text{ кДж/моль} \quad (2.5)$$

- визначається температура вибуху методом лінійної інтерполяції;

$$T_{\text{внб}} = T_1 + \frac{(T_2 - T_1)(U_{\text{внб}} - U_{\text{пр1}})}{(U_{\text{пр2}} - U_{\text{пр1}})}, \text{ К.} \quad (2.6)$$

2.1.2. Розрахунок маси рідини, що випарувалася:

- тиск насичених парів рідини при температурі t ;

$$P_{\text{н.п.}} = 10^{\left(A - \frac{B}{t + C_a} \right)}, \text{ кПа} \quad (2.7)$$

де: A, B, C_a - константи Антуана (таблиця 1 додаток 2);

t - задана температура $^{\circ}\text{C}$.

- визначається інтенсивність випару рідини;

$$I_{\text{вип}} = M \cdot P_{\text{н.п.}} (0,734 + 1,637 v_{\text{віт}}) \cdot 10^{-6}, \text{ кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{с}) \quad (2.8)$$

де: M – мольна маса речовини, $\text{кг}/\text{моль}$;

$v_{\text{віт}}$ – швидкість вітру $\text{м}/\text{с}$.

- визначається маса рідини, що випарувалася;

$$m_{\text{пар}} = I_{\text{вип}} S_{\text{вип}} \tau_{\text{вип.}}, \text{ кг} \quad (2.9)$$

де: $S_{\text{вип}}$ – площа випаровування, м^2 ;

$\tau_{\text{вип}}$ – час випаровування, с .

2.1.3. Розрахувати радіус зони загазованості при випарі рідини:

$$R_{\text{заг}} \approx 3,15\sqrt{K} \left(\frac{P_{\text{н.п.}}}{\varphi_{\text{н}}^{\circ}} \right)^{0,813} \left(\frac{m_{\text{пар}}}{\rho_{\text{пар}} P_{\text{н.п.}}} \right)^{0,333} ; \text{ М} \quad (2.10)$$

де: K – константа випару рівна $K = \tau_{\text{вип}}/60$;

$\rho_{\text{пар}}$ – щільність парів рідини при заданій температурі кг/м^3 ;

$\varphi_{\text{н}}^{\circ}$ – нижча концентраційна межа вибуховості %.

$$\rho_{\text{пар}} = \frac{M}{V_o \cdot (1 + 0,00367t)} ; \quad \text{кг/м}^3 \quad (2.11)$$

де: V_o – обсяг кіломолю газу при нормальних умовах, $V_o = 22,4 \text{ м}^3/\text{кмоль}$.

2.1.4. Розрахувати тротиловій еквівалент вибуху пари газової суміші маса речовини, що бере участь у вибуху визначається як:

$$m_{\text{пр}} = m_{\text{пар}} \cdot Z, \text{ кг} \quad (2.12)$$

де: $m_{\text{пар}}$ – маса речовин, що вийшли за період аварії й утворили вибухонебезпечну суміші, кг ;

Z – коефіцієнт участі парів і газів у вибуху, що приймається в залежності від умов вибуху:

у незамкнутому просторі $Z = 0.1$

у замкнутому просторі:

для водню $Z = 1$

для інших пальних газів $Z = 0.5$

для парів ЛЗР і ГР $Z = 0.3$

2.1.5. Тротиловій еквівалент для пари газових середовищ розраховується як:

$$W_{\text{тнт}} = Q'_n \cdot m_{\text{пр}} \cdot 10^{-5}, \quad \text{кг} \quad (2.13)$$

де: Q'_n - масова теплота згоряння речовини, кДж/кг;
 $m_{\text{пр}}$ - маса речовини, що бере участь у вибуху, кг.

2.1.6. Розрахувати параметри вибуху:

- визначити радіус вогненної сфери:

$$R_{\text{вс}}^{\phi} = 29,63 \sqrt[3]{\frac{W_{\text{тнт}}}{T_{\text{виб}}}}, \quad \text{м} \quad (2.14)$$

- визначити час життя вогненної сфери:

$$\tau_{\text{вс}}^{\phi} = 4,63 \sqrt[3]{\frac{W_{\text{тнт}}}{T_{\text{виб}}}}, \quad \text{с} \quad (2.15)$$

2.1.7. Розрахувати радіус вражаючої дії ударної хвилі для людей і будівельних споруджень:

$$R_{\text{т}} = \Psi \sqrt[3]{W_{\text{тнт}}}, \quad \text{м} \quad (2.16)$$

Можливі руйнації при вибуху можна оцінити по надлишковому тиску при вибуху ΔP відповідно з даними таблиці № 3 додатку 3 (коефіцієнт Ψ приймається в залежності від значення ΔP).

2.1.8. Визначити радіус поразки відкритих ділянок шкіри та сітківки очей тепловим випромінюванням при запаленні пари газової суміші.

Для шкіряного покриву людини:

$$R_{\text{шп}} = 95 \sqrt[3]{\frac{W_{\text{тнт}}}{T_{\text{виб}}}}, \text{ м} \quad (2.17)$$

Для сітківки очей людини:

$$R_c = 114 \sqrt[3]{\frac{W_{\text{тнт}}}{T_{\text{виб}}}}, \text{ м} \quad (2.18)$$

За результатами прогнозу робиться висновок.

2.2. Розрахунок сил та засобів для проведення аварійно-рятувальних робіт та гасіння пожеж.

2.2.1. Розрахунок сил та засобів для рятування завалених людей (таблиця 1, 2 додатку 3):

$$N_{\text{APP}} = \frac{\Sigma}{10}, \text{ чол} \quad (2.19)$$

де: Σ - сумарна кількість чоловіко-годин потрібних для визволення всіх постраждалих з під уламків.

2.2.2. Розрахунок сил та засобів для гасіння пожеж.

Примітка: для повністю зруйнованих будинків та споруд приймати одне відділення на 50 метрів фронту пожежі (периметру будинку), одне відділення для забезпечення подачі води у кількості 20л/с.

- визначення кількості відділень на основних пожежних автомобілях для протипожежного забезпечення аварійно-рятувальних робіт на зруйнованих будинках:

$$N_{\text{від}} = \frac{P}{50} \quad (2.20)$$

де: P – периметр зруйнованого будинку, м;

50 – фронт пожежі який може обробити одне відділення, м.

- визначення потрібних витрат вогнегасних речовин на гасіння:

$$Q_{\text{потр}}^{\Gamma} = S_{\Gamma} \cdot I_{\text{потр}}^{\Gamma}, \quad \text{л/с} \quad (2.21)$$

де: $I_{\text{потр}}^{\Gamma}$ – потрібна інтенсивність подачі вогнегасних речовин (довідник КГП, стор. 52).

- визначення потрібних витрат вогнегасних речовин на захист об'єкту:

$$Q_{\text{потр}}^3 = P_3 \cdot I_{\text{потр}}^3 \cdot h, \quad \text{л/с} \quad (2.22)$$

де: P_3 – периметр захисту;

$I_{\text{потр}}^3$ – потрібна інтенсивність подачі вогнегасних речовин на захист

$I_{\text{потр}}^3 = 0,25 \cdot I_{\text{потр}}^{\Gamma}$;

h – глибина гасіння стволом.

- визначення потрібних витрат вогнегасних речовин:

$$Q_{\text{потр}} = Q_{\text{потр}}^{\Gamma} + Q_{\text{потр}}^3, \quad \text{л/с} \quad (2.23)$$

- визначення необхідної кількості засобів подачі вогнегасних речовин (водяних та пінних стволів, піногенераторів тощо):

$$N_{\text{приб}}^{\Gamma} = \frac{Q_{\text{потр}}^{\Gamma}}{Q_{\text{приб}}} \quad (2.24)$$

$$N_{\text{приб}}^3 = \frac{Q_{\text{потр}}^3}{Q_{\text{приб}}} \quad (2.25)$$

де: $N_{\text{приб}}^{\Gamma}$, $N_{\text{приб}}^3$ – відповідно кількість технічних засобів подачі вогнегасних речовин (водяних стволів, СПП, ГПС) на гасіння та захист;

$Q_{\text{приб}}$ – витрати вогнегасної речовини з технічного засобу, л/с.

- визначення фактичних витрат вогнегасних речовин:

$$Q_{\text{ф}} = Q_{\text{ф}}^{\Gamma} + Q_{\text{ф}}^3, \text{ л/с} \quad (2.26)$$

де: $Q_{\text{ф}}^{\Gamma}$ – фактичні витрати вогнегасних речовин на гасіння, л/с;

$Q_{\text{ф}}^3$ – фактичні витрати вогнегасних речовин на захист, л/с.

- визначення забезпеченості об'єктів вогнегасними речовинами:

$$Q_{\text{в}} > Q_{\text{потр}} \quad (2.27)$$

де: $Q_{\text{в}}$ – витрати водопровідної мережі об'єкту; л/с (довідник КГП).

- визначення потрібної кількості пожежних машин основного призначення:

$$N_{\text{м}} = \frac{Q_{\text{ф}}}{Q_{\text{н}}}, \text{ або } N_{\text{м}} = \frac{N_{\text{приб}}^{\text{ЗАГ}}}{N_{\text{приб}}^{\text{СХ}}} \quad (2.28)$$

де: $Q_{\text{ф}}$ – фактичні витрати вогнегасних речовин, л/с;

$Q_{\text{н}}$ – продуктивність пожежного насоса, л/с;

$N_{\text{приб}}^{\text{ЗАГ}}$ – загальна кількість стволів;

$N_{\text{ПРИБ}}^{\text{СХ}}$ – кількість стволів, що подаються однією машиною.

- визначення граничної відстані по наданню вогнегасних речовин:

$$l_{\text{ГР}} = \frac{H_{\text{Н}} - (H_{\text{Р}} \pm Z_{\text{М}} \pm Z_{\text{СТВ}})}{S \cdot Q^2} \cdot 20 \quad (2.29)$$

де: $H_{\text{Н}}$ – тиск на насосі пожежної машини, мПа;

$H_{\text{Р}}$ – тиск у прибору (ствола, розгалуження), мПа;

$Z_{\text{М}}$ – висота підйому місцевості, м;

$Z_{\text{СТВ}}$ – висота підйому стволів, м;

S – опір пожежного рукава (довідник КГП);

Q – витрати однієї, найбільш завантаженої рукавної лінії, л/с.

- визначення кількості особового складу для проведення дій по гасінню пожежі, використовуючи емпіричну формулу та орієнтовні нормативи потрібної кількості особового складу, виходячи з виду робіт, що виконуються (довідник КГП):

$$N_{\text{O/C}} = N_{\text{СТ}^{\text{А}}}^{\text{Г}} \cdot 3 + N_{\text{СТ}^{\text{Б}}}^{\text{З}} \cdot 2 + N_{\text{М}} + N_{\text{ПБ}} + N_{\text{Л}} + N_{\text{СВ}} + \dots \quad (2.30)$$

- визначення загальної кількості особового складу для проведення АРР та гасінню пожежі:

$$\Sigma N_{\text{O/C}} = N_{\text{АРР}} + N_{\text{O/C}} \quad (2.31)$$

- визначення потрібної кількості пожежних підрозділів основного призначення:

$$N_{\text{вд}} = \frac{\Sigma N_{O/C}}{4} . \quad (2.32)$$

**Методика розрахунку сил та засобів потрібних для гасіння ЛЗР
по поверхні:**

Для зруйнованих резервуарів з нафтопродуктами площу пожежі прийнято рахувати, як площу дзеркала палаючої рідини в залежності від діаметра РВС.

- визначення кількості генераторів піни середньої кратності для гасіння пожежі:

$$N_{\text{ГПС}} = \frac{S_{\text{Г}} \cdot I_{\text{ПОТР}}}{Q_{\text{ГПС}}} = \frac{\pi R^2 \cdot I_{\text{ПОТР}}}{Q_{\text{ГПС}}} ; \quad (2.33)$$

- визначення кількості стволів для охолодження:

$$N^{\text{ПР}}_{\text{СТ}} = \frac{D}{4} \quad (\text{палаючого резервуару}) \quad (2.34)$$

$$N^{\text{СР}}_{\text{СТ}} = \frac{D}{20} \quad (\text{сусіднього резервуару}) \quad (2.35)$$

де: D – діаметр резервуару, м (довідник КГП т.6.14., ст. 196);

$N^{\text{ПР}}_{\text{СТ}}$ – кількість стволів для охолодження палаючого резервуару;

$N^{\text{СР}}_{\text{СТ}}$ – кількість стволів для охолодження сусідніх резервуарів.

- визначення кількості пінопідіймачів:

$$N_{III} = \frac{N_{ГПС}}{2} \quad (2.36)$$

- визначення необхідного запасу вогнегасних речовин (об'єм піноутворювача, з урахування запасу та витрат води на гасіння та захист):

$$V_{ПУ} = Q_{ГПС} \cdot N_{ГПС} \cdot \tau \cdot 60 \cdot K_3 \quad (2.37)$$

де: $Q_{ГПС}$ – витрати піноутворювача, л/с;

$N_{ГПС}$ – кількість ГПС;

τ – розрахунковий час гасіння, хв.;

K_3 – коефіцієнт запасу $K_3=3$.

- визначення фактичних витрат води на гасіння та захист:

$$Q_{Ф}^B = N_{ГПС} \cdot Q_{ГПС}^B + N_{СТ}^3 \cdot Q_{СТ}^3 \quad (2.38)$$

де: $N_{ГПС}$ – кількість ГПС на гасіння;

$Q_{ГПС}^B$ – витрати води ГПС;

$N_{СТ}^3$ – кількість стволів для захисту;

$Q_{СТ}^3$ – витрати води для захисту.

- визначення кількості машин:

$$N_M = \frac{N_{ГПС}}{N_{ГПС}^{CX}} \quad (\text{на гасіння пожежі}) \quad (2.39)$$

$$N_M = \frac{N_{СТ}^{CX}}{N_{СТ}} \quad (\text{для захисту}) \quad (2.40)$$

- визначення кількості особового складу та відділень у відповідності з загальною методикою розрахунку сил та засобів (див. 2.15 – 2.17).

Примітки:

1. При розрахунку сил та засобів для гасіння пожеж та ліквідації аварій на технологічних установках слід надати увагу тому, що палаючі апарати охолоджуються по всій поверхні, а сусідні по половині поверхні, що до зони горіння.
2. Розрахунковий час гасіння пожежі слід приймати: для ЛЗР при гасінні по поверхні – 25 хв., для будівель та споруд – 3 години.
3. Загальна кількість потрібних сил та засобів визначається як сума сил та засобів потрібних для проведення АРР та ліквідації пожеж у будинках, які зазнали повних, сильних та середніх руйнацій.

Після закінчення розрахунку робиться висновок про достатність сил та засобів пожежно-рятувальної частини, на підставі якого приймаються рішення про необхідність залучення додаткових сил та засобів. Проводиться вибір вирішального напрямку бойових дій пожежно-рятувальних підрозділів, а також організуються бойові дії пожежно-рятувальних підрозділів.

2.3. Розстановка сил та засобів.

На схему об'єкту наноситься обстановка, що прогнозується, а також місця установки пожежно-рятувальних автомобілів на вододжерела (або місця знаходження у резерві). Кількість та напрямок прокладки магістральних ліній та від якого автомобіля вони прокладаються: куди, скільки, як, які подаються стволи (типи стволів, чи подаються вони ланками ГДЗС, по драбині, мотузці або іншими способами та ін.), задачі ствольщикам по гасінню пожежі, або захисту конструкцій, апаратів та ін.

2.4. Пропозиції по організації аварійно-рятувальних робіт та гасіння пожежі.

Керівнику гасіння пожежі (КГП):

По проведенню рятувальних робіт:

- для визволення постраждалих з-під уламків використовувати засоби малої механізації;

- при використанні аварійно-рятувального інструменту потрібно користуватися наступними рекомендаціями:

- перед зняттям навантаження з потерпілого прийняти заходів попередження синдрому роздавлювання;
- пневмопідіймач закладати під конструкцію повністю;
- якщо конструкція, яку треба підняти має на поверхні різні виступи (проволоку, арматуру, тощо) потрібно на оболонку пневмопідіймача накладати захисні трапи;
- після підйому вантажу його необхідно надійно закріплювати за допомогою різних підставок, підпорок тощо;
- при підйомі вантажу пневмопідіймачем стежити за процесом підйому та тиском у пневмопідіймачі.

По гасінню пожежі:

- кількість, місця розташування та межі бойових ділянок, задачі та придані їм сили та засоби;

- місця можливого розповсюдження пожежі та вибухів апаратів, руйнування будівель, споруд та ін;

- необхідність та можливість вмикання та вимикання систем вентиляції, насосів підвищувачів, систем пожежогасіння;

- необхідність та можливість залучення для аварійно-рятувальних робіт та гасіння пожежі працівників об'єкту;
- найбільш доцільні шляхи евакуації та засоби транспортування постраждалих;
- необхідність роботи особового складу на пожежі та аварії в засобах індивідуального захисту;
- заходи безпеки виконання аварійно-рятувальних робіт та гасіння пожеж.

Начальнику оперативного штабу (НШ):

- організація зв'язку на пожежі;
- необхідність виклику до місця аварії спеціальних служб міста, адміністрації об'єкту, спеціальної пожежно-рятувальної техніки та додаткової кількості вогнегасних речовин;
- порядок зберігання цінностей, що евакуйовуються;
- створення резерву ланок ГДЗС та пожежно-рятувальної техніки, порядок виклику, залучення необхідної кількості сил та засобів із сусідніх гарнізонів МНС України.

Начальнику тилу (НТ):

- найбільш доцільні шляхи прокладки магістральних ліній та способи подання вогнегасних речовин до місця пожежі;
- місця розташування пунктів зігрівання та прийняття їжі для особового складу, який приймає участь в аварійно-рятувальних роботах;
- місце заправки пожежних машин вогнегасними речовинами, піноутворювачем, порошками та ін. та паливо-мастильними матеріалами;
- способи захисту пожежно-рятувальної техніки від впливу небезпечних чинників пожежі та ін.

Відповідальному за техніку безпеки:

- забезпечення своєчасного виводу рятувальників з небезпечної зони при загрозі руйнування конструкцій будинків, або вибуху установок та апаратів;
- дотримання заходів безпеки від ураження електричним струмом;
- надання сигналів сповіщення на відступ з бойових позицій при небезпеці подальшого руйнування;
- забезпечення безпеки рятувальників при розробці уламків та витягування з них постраждалих.

Представнику об'єкта при штабі пожежогасіння:

- можливість та місця безпечного вимкнення апаратів, що знаходяться під тиском, перекриття трубопроводів та ін;
- можливість перекачування пожежонебезпечних речовин у резервні ємкості;
- можливість застосування стаціонарних систем пожежогасіння;
- можливість підвищення тиску у водопровідній мережі об'єкту;
- залучення до проведення аварійно-рятувальних робіт техніки об'єкту;
- забезпеченість та поповнення пально-мастильними матеріалами працюючої техніки;
- залучення до аварійно-рятувальних робіт та гасіння пожеж працівників об'єкту.

3. Приклад виконання контрольної роботи.

Провести прогноз можливої обстановки яка може скластися при випарі етилацетату у приміщенні цеху №20 із поверхні розливу 350 м^2 , якщо час випару склало 40 хв., швидкість вітру 1,5 м/с, задана температура 18°C . У цеху №20 кількість працюючих – 12 чоловік, у сусідніх будинках: цех №14 – 9 чол., цех №13 – 9 чол., цех №18 – 9 чол. А також провести розрахунок сил та засобів для гасіння пожежі та проведення аварійно-рятувальних робіт. Організувати гасіння пожежі.

Варіант виїзду пожежно-рятувальних підрозділів №1, варіант водопостачання К-150 ($H=0,6 \text{ МПа}$), кількість піноутворювача на об'єкті – 10 т.

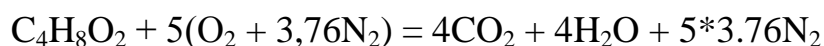
Рішення:

З довідників або з додатків виписуємо такі параметри:

Нижня концентраційна межа поширення полум'я дорівнює $\varphi_{\text{н}}^{\circ} = 2\%$, константи Антуана $A = 6,2267$; $B = 1244,95$; $C_a = 217,88$, температура спалаху рідини $t_{\text{спал}} = -3^\circ\text{C}$ (т.1 додаток 2).

3.1. Проводимо розрахунок температури при вибуху пари.

3.1.1. Складаємо рівняння реакції горіння:



$$\beta = 4 + 2 - 1 = 5$$

3.1.2. Визначаємо теоретичне число молів продуктів горіння $\nu_{\text{пр}}^{\circ}$:

$$\nu_{\text{пр}}^{\circ} = 4 + 4 + 5 \cdot 3,76 = 26,8 \text{ моль/моль.}$$

3.1.3. Визначаємо теоретичне число молів початкової суміші $\nu_{\text{ісх}}$:

$$v_{\text{ісх}} = 1 + 5 \cdot 4,76 = 24,8 \text{ моль/моль.}$$

3.1.4. Визначаємо нижчу теплота згоряння етилацетату:

$$Q_{\text{H}} = |4 \cdot (-393,78) + 4 \cdot (-241,84) - 442,9| = 2099,58 \text{ кДж/моль,}$$

де: $\Delta H_{\text{fCO}_2} = -393,78 \text{ кДж/моль;}$

$\Delta H_{\text{fH}_2\text{O}} = -241,84 \text{ кДж/моль;}$

ΔH_{f} – таблиця 3 додаток 2

$$Q_{\text{H}}' = \frac{Q_{\text{H}} \cdot 1000}{M} = \frac{2099,58 \cdot 1000}{88} = 23865,7 \text{ кДж/кг.}$$

3.1.5. Визначається внутрішня енергія початкової суміші:

$$\Delta n = 26,8 - 24,8 = 2 \text{ моль/моль,}$$

$$\Delta n = v_{\text{пг}}^0 - v_{\text{вих}},$$

$$U_{\text{віб}} = 2099,58 + 2 \cdot 8,314 \cdot 10^{-3} \cdot 293 = 2104,45 \text{ кДж/моль.}$$

3.1.6. Визначаємо середній тепловміст продуктів вибуху $U_{\text{ср}}$:

$$U_{\text{ср}} = \frac{2104,45}{26,8} = 78,52 \text{ кДж/моль.}$$

3.1.7. Орієнтуючись на внутрішню енергію азоту, визначаємо температуру вибуху у першому наближенні $T_1 = 3000 \text{ К}$ (таблиця 4 додаток 3).

3.1.8. Визначаємо внутрішню енергію продуктів вибуху $U_{\text{пр1}}$ при температурі вибуху T_1 :

$$U_{\text{пр1}} = U_{\text{CO}_2} \cdot n_{\text{CO}_2} + U_{\text{H}_2\text{O}} \cdot n_{\text{H}_2\text{O}} + U_{\text{N}_2} \cdot n_{\text{N}_2},$$

$$U_{\text{пр1}} = 137,72 \cdot 4 + 113,18 \cdot 4 + 76,92 \cdot 5 \cdot 3,76 = 2449,7 \text{ кДж/моль.}$$

Так як $U_{\text{пр1}}$ опинилося більше ніж $U_{\text{виб}}$, приймаємо друге значення температури T_2 менше ніж T_1 .

3.1.9. Визначаємо температуру вибуху у другому наближенні виходячи з того, що друге значення $T_2 = 2600 \text{ К}$.

3.1.10. Визначаємо внутрішню енергію продуктів вибуху $U_{\text{пр2}}$ при температурі вибуху T_2 :

$$U_{\text{пр2}} = 116,19 \cdot 4 + 93,95 \cdot 4 + 65,44 \cdot 5 \cdot 3,76 = 2070,8 \text{ кДж/моль.}$$

Так як $U_{\text{пр2}}$ опинилося менше ніж $U_{\text{виб}}$, температуру вибуху можна визначити методом лінійної інтерполяції.

3.1.11. Визначаємо температуру вибуху методом лінійної інтерполяції;

$$T_{\text{виб}} = 3000 + \frac{(2600 - 3000)(2104,45 - 2449,7)}{(2070,8 - 2449,7)} = 2635,5 \text{ К.}$$

3.2. Проводимо розрахунок маси рідини, що випарувалася.

3.2.1. Визначаємо тиск насичених парів рідини по рівнянню Антуана:

$$t = 18 \text{ }^\circ\text{C},$$

$$P_{\text{н.п.}} = 10^{\left(A - \frac{B}{t + C_a}\right)} = 10^{\left(6,2267 - \frac{1244,95}{15 + 217,88}\right)} = 7,6 \text{ кПа.}$$

3.2.2. Визначаємо інтенсивність випару етилацетату:

$$I_{\text{вип}} = M \cdot P_{\text{н.п.}} (0,734 + 1,637 \cdot v_{\text{ветр}}) \cdot 10^{-6}$$

де: M – мольна маса речовини, кг/кмоль,

$$M = 12 \cdot 4 + 1 \cdot 8 + 16 \cdot 2 = 88 \text{ кг/кмоль}$$

$$I_{\text{вип}} = 88 \cdot 7,6 \cdot (0,734 + 1,637 \cdot 1,5) \cdot 10^{-6} = 2,13 \cdot 10^{-3} \text{ кг/(м}^2 \cdot \text{с).}$$

3.2.3. Визначаємо масу рідини, що випарувалася:

$$m_{\text{пар}} = I_{\text{вип}} \cdot S_{\text{вип}} \cdot \tau_{\text{вип}} = 2,13 \cdot 10^{-3} \cdot 350 \cdot 40 \cdot 60 = 1789 \text{ кг.}$$

3.3. Визначаємо радіус зони загазованості при випарі рідини.

3.3.1. Щільність парів:

$$\rho_{\text{пар}} = \frac{88}{22,4 \cdot (1 + 0,00367 \cdot 15)} = 3,72, \text{ кг/м}^3.$$

3.3.2. Константа випару:

$$K = 40/60 = 0,67.$$

3.3.3. Радіус зони загазованості:

$$R_{\text{зар}} \approx 3,15 \sqrt{0,67} \left(\frac{7,6}{2} \right)^{0,813} \left(\frac{1789}{3,72 \cdot 7,6} \right)^{0,333} = 30,3 \text{ м}$$

3.4. Визначаємо тротиловий еквівалент вибуху пари газової суміші.

3.4.1. Маса речовини, що бере участь у вибуху визначаємо при умовах, що Z – приймається рівним 0,3:

$$m_{\text{пр}} = 1789 \cdot 0,3 = 536,7 \text{ кг.}$$

3.4.2. Тротиловий еквівалент вибуху:

$$W_{\text{ТНТ}} = 23865,7 \cdot 536,7 \cdot 10^{-5} = 128,08 \text{ кг.}$$

3.5. Визначаються параметри вибуху.

3.5.1. Визначаємо радіус вогненної сфери:

$$R_{\text{ос}}^{\phi} = 29,6 \sqrt[3]{\frac{128,08}{2635,5}} = 10,8 \text{ м.}$$

3.5.2. Визначаємо час життя вогненної сфери:

$$\tau_{\text{ос}}^{\phi} = 4,6 \sqrt[3]{\frac{128,08}{2635,5}} = 1,62 \text{ с.}$$

3.5.3. Визначаємо радіус вражаючої дії ударної хвилі для людей $\Delta P = 12$ кПа:

$$R_{\text{вд}} = 9,8 \sqrt[3]{128,08} = 49,3 \text{ м,}$$

і для будівельних споруджень $\Delta P = 50$ кПа (зона повних руйнацій)

$$R = 4,1\sqrt[3]{128,08} = 20,6\text{м},$$

$\Delta P = 30$ кПа (зона сильних руйнацій)

$$R = 5,4\sqrt[3]{128,08} = 27,2\text{м},$$

$\Delta P = 20$ кПа (зона середніх руйнацій)

$$R = 6,9\sqrt[3]{128,08} = 34,7\text{м},$$

$\Delta P = 10$ кПа (зона слабких руйнацій)

$$R = 11,2\sqrt[3]{128,08} = 56,3\text{м}.$$

3.6. Визначаємо радіус поразки відкритих ділянок шкіри та сітківки очей тепловим випромінюванням при заpalенні пари газової суміші.

3.6.1. Для шкіряного покриву людини:

$$R = 95\sqrt[3]{\frac{128,08}{2635,5}} = 34,7\text{м}.$$

3.6.2. Для сітківки очей людини:

$$R = 114\sqrt[3]{\frac{128,08}{2635,5}} = 41,6\text{м}.$$

3.6.3. Визначаємо кількість втрат серед робітників об'єкту (таблиця 1 до-

датку 3):

- цех №20 – 20 чоловік, з них:
 - 60% – тобто 12 чоловік – безповоротні;
 - 40% – тобто 8 чоловік – санітарні;
- цех №14 – 5% - тобто одна особа.

Висновки:

На підставі проведеного розрахунку встановлено, що при випаруванні етилацетату радіус зони, у якій концентрація буде перевищувати нижню концентраційну межу поширення полум'я, складе 30,3 метра.

При вибуху парів руйнації та пошкодження будинків і споруджень відбудуться в радіусі 56 метрів. При цьому цех №20 може бути повністю зруйновано, руйнувань середнього ступеню можуть зазнати два резервуара з сирою нафтою, а також цех №14. На відстані 34,5 метра можливі опіки відкритих ділянок шкіри людини, на відстані 41,6 метра можлива уразка сітківки очей, а ударна хвиля може заподіяти травми на відстані 49,3 метри. В наслідку вибуху під уламками цехів №20 та №14 можуть залишитися люди, в завалах можливе виникнення пожеж, у наслідку руйнування резервуарів можливо витікання сирої нафти в обвалування та її спалахування. Для ліквідації наслідків аварії потрібно визначити необхідну кількість сил та засобів.

3.7. Розрахунок сил та засобів для проведення аварійно-рятувальних робіт та гасіння пожеж.

3.7.1. Розрахунок сил та засобів для рятування завалених людей (таблиця 2 додатку 3):

в цеху №14 2 години на 1 особу = 2 чол. год.

в цех №20 20 годин на 1 особу = 20 · 20 = 400 чол. год

$$N_{APP} = \frac{\Sigma}{10} = \frac{2+400}{10} \approx 41 \text{ рятівник}$$

3.7.2. Розрахунок сил та засобів для гасіння пожеж:

Резервуарний парк (висота обвалування резервуарів 1,5 м.)

3.7.2.1. Визначаємо можливу площу пожежі (приймаємо як площу обвалування зруйнованих резервуарів):

$$S_{\Pi} = \frac{V_{\text{нафти}}}{h_{\text{обв}}} = \frac{1500}{1,5} = 1000 \text{ м}^2.$$

3.7.2.2. Визначаємо кількість пінних стволів ГПС-600 для гасіння в обвалуванні:

$$N_{\text{ГПС}} = \frac{S_{\Gamma}}{S_{\Gamma \text{ ГПС}}} = \frac{1000}{120} \cdot 8,3 \approx 9 \text{ стволів ГПС-600}$$

3.7.2.3. Визначаємо кількість водяних стволів для охолодження сусідніх резервуарів:

$$N_{\text{СТ}} = \frac{7,1 \cdot 3}{20} = 1 \text{ ствол "А"}$$

Враховуючи обстановку на охолодження кожного сусіднього резервуару потрібно подати не менше одного ствола "А" всього $N_{\text{СТ}} = 3$ ствола "А".

3.7.2.4. Визначаємо кількість піноутворювача, потрібного для гасіння нафти:

$$V_{\text{ПУ}} = Q_{\text{ПУ}} \cdot \tau_{\Gamma} \cdot 60 \cdot K \cdot N_{\text{ГПС}} = 0,36 \cdot 10 \cdot 60 \cdot 3 \cdot 9 = 5832 \text{ л.}$$

3.7.2.5. Визначаємо витрати води для роботи ГПС та захисту резервуарів:

$$Q_B = N_{\text{ГПС}} \cdot Q_{\text{ГПС}} + N_{\text{СТ}} \cdot Q_{\text{СТ}} = 9 \cdot 5,64 + 3 \cdot 7,4 = 72,96 \text{ л/с.}$$

3.7.2.6. Визначаємо кількість пожежних машин для подачі стволів:

$$\text{ГПС- 600} \quad N_M = \frac{Q_{\text{ПОТР}}}{Q_M} = \frac{54}{35} = 1,4 \approx 2$$

$$\text{стволів "А"} \quad N_M = \frac{Q_{\text{ПОТР}}}{Q_M} = \frac{22,2}{35} = 0,6 \approx 1 \text{ АЦ}$$

3.7.2.7. Визначаємо кількість особового складу для гасіння пожежі в обслуванні:

$$N_{\text{О/С}} = N_{\text{ГПС}} \cdot 2 + N_{\text{СТ}} \cdot 2 + N_M + N_{\text{ЗВ}} = 9 \cdot 2 + 3 \cdot 2 + 4 + 2 = 30 \text{ чол.}$$

3.7.2.8. Визначаємо кількість відділень на АЦ:

$$N_{\text{ВІД}} = \frac{N_{\text{О/С}}}{N_{\text{ВІД}}} = \frac{30}{4} \approx 7 \text{ відділень.}$$

3.7.3. Визначаємо кількість відділень для ліквідації горіння у завалах (розрахунковий час гасіння пожежі у зруйнованих будинках – 3 год.):

$$N_{\text{ВІД}} = \frac{P_{\text{цеху}}}{50} = \frac{240}{50} \approx 5 \text{ відділень.}$$

3.7.4. Визначаємо фактичні витрати води на гасіння завалів (одне відділення може подати ~15л/с води):

$$Q = N_{\text{ВІД}} \cdot 15 = 5 \cdot 15 = 75 \text{ л/с.}$$

3.7.5. Визначаємо загальні фактичні витрати води;

$$Q_{\text{Ф}} = 72,96 + 75 = 148 \text{ л/с,}$$

$$Q_{\text{ВОДОПР}} = 110 \text{ л/с (т. 4.1. довідник КГП).}$$

У зв'язку з тим, що водопровідна мережа не забезпечує потрібні витрати води, потрібно один пожежний автомобіль встановити на градирню. Відстань від якої до цеху №20 складає 230 м.

3.7.6. Визначаємо граничну відстань по поданню піни на пожежу:

$$l_{\text{ПР}} = \frac{H_{\text{Н}} - (H_{\text{Р}} \pm Z_{\text{М}} \pm Z_{\text{СТ}})}{S \cdot Q^2} \cdot 20,$$

$$l_{\text{ПР}} = \frac{90 - (70 + 0 + 1)}{0,015 \cdot (2 \cdot 6)^2} \cdot 20 = 160 \text{ м.}$$

3.7.7. Визначаємо граничну відстань по поданню води на пожежу:

$$l_{\text{ПР}} = \frac{90 - (50 + 0 + 7)}{0,015 \cdot 14,8^2} \cdot 20 = 200 \text{ м.}$$

Бачимо, що $l_{\text{ПР}}$ по поданню води на пожежу менше, ніж відстань до градирні, тому визначаємо кількість машин, потрібних для надання води перекачуванням.

По таблиці 4.16 Довідника КГП визначаємо відстань між машинами при перекачуванні. По таблиці нам підходить схема надання води – 4 ст.

“Б”, 2 ст. “А” по двом рукавам $d=77$ мм., напір на насосі 90м., кількість рукавів між машинами – 26, тобто у метрах $26 \cdot 1,2 \cdot 20 = 624$ м. Таким чином досить однієї машини.

Одна машина встановлюється на градирню, а друга – у місця пожежі.

3.7.8. Визначаємо потрібну кількість особового складу:

$$N_{OC} = N_{CT} \cdot 3 + N_M + N_{ЗВ} = 9 \cdot 3 + 6 + 3 = 36 \text{ чол.}$$

3.7.9. Визначаємо загальну кількість особового складу:

$$N_{OC} = N_{OC}^{APP} + N_{OC}^{PBC} + N_{OC}^Ц = 41 + 30 + 36 = 107 \text{ чол.}$$

3.7.10. Визначаємо загальну кількість відділень для ліквідації аварії:

$$N_{ВІД} = \frac{N_{OC}}{4} = \frac{107}{4} \approx 26 \text{ відділень.}$$

Висновки:

Для гасіння пожежі та ліквідації аварії потрібно 26 відділень на основних пожежних автомобілях. У гарнізоні по виклику №3 на цей об'єкт прибуває лише 10 відділень на основних пожежних автомобілях, тому потрібно:

1. Оголосити команду “Збір” особовому складу гарнізону, ввести в бойовий розрахунок резервну техніку.
2. Задіяти міжобласний план залучення сил та засобів сусідніх ГУ (У) МНС України.
3. Створити на місці аварії (пожежі) оперативний штаб до складу якого залучити представників об'єкту.

4. Забезпечити доставку на місце пожежі будівельної техніки (автокранів, екскаваторів, вантажівок та ін.), додаткову кількість (пожежних рукавів, стволів та ін.)
5. Викликати на місце аварії медичну службу.

3.8. Пропозиції по організації аварійно-рятувальних робіт та гасінню пожежі.

Керівнику гасіння пожежі (КГП):

- на місці пожежі відзначити три сектори: сектор 1 – резервуарний парк: дві бойові ділянки. БД-1 гасіння нафти в обвалуванні – подати 9 стволів ГПС-600, БД-2 захист сусідніх резервуарів – подати 2 стволи “А”. Сектор 2 – цех №20: чотири бойові ділянки. БД-1 північна сторона цеху – подати 2 стволи “А”: задача ліквідація горіння у завалах, БД-2 східна сторона цеху – подати 3 стволи “А”: задача ліквідація горіння у завалах, БД-3 південна сторона цеху – подати 2 стволи “А”: задача ліквідація горіння у завалах, БД-4 західна сторона цеху – подати 3 стволи “А”: задача ліквідація горіння у завалах. Сектор 3 – цех №14: одна бойова ділянка – північна сторона цеху – подати 2 стволи “Б”: задача захист цеху №14;
- створити штаб пожежогасіння до складу якого залучити представника об’єкту;
- призначити відповідальних за безпеку праці та пінну атаку;
- через представника об’єкту викликати на місце пожежі робітників у кількості 70 чоловік для надання допомоги пожежно-рятувальним підрозділам;
- викликати на місце пожежі відповідні служби об’єкту;
- довести до особового складу заходи безпеки виконання аварійно-рятувальних робіт та гасіння пожеж.

Начальнику оперативного штабу (НШ):

- організувати зв'язок на пожежі;
- викликати до місця аварії спеціальні служби міста та ін. згідно планом взаємодії;
- визначити місця розташування аварійних служб, що прибувають на аварію та встановити з ними зв'язок;
- створити резерв ланок ГДЗС та пожежно-рятувальної техніки, визначити порядок виклику, залучення необхідної кількості сил та засобів із сусідніх ГУ(У) МНС України.

Начальнику тилу (НТ):

- найбільш доцільні шляхи прокладки магістральних ліній та способи подання вогнегасних речовин до місця пожежі;
- місця розташування пунктів зігрівання та прийняття їжі для особового складу, який приймає участь в аварійно-рятувальних роботах;
- місце заправки пожежних машин вогнегасними речовинами, піноутворювачем, порошками та ін. та паливомасильними матеріалами;
- способи захисту пожежно-рятувальної техніки від впливу небезпечних чинників пожежі та ін.

Відповідальному за техніку безпеки:

- забезпечення своєчасного виводу рятувальників із небезпечної зони при загрозі руйнування конструкцій будинків або вибуху установок та апаратів;
- дотримання заходів безпеки від ураження електричним струмом;
- надання сигналів сповіщення на відступ з бойових позицій при небезпеці подальшого руйнування;
- забезпечення безпеки рятувальників при розробці уламків та витягнення з них постраждалих.

Представнику об'єкта при штабі пожежогасіння:

- можливість та місця безпечного вимкнення апаратів що знаходяться під тиском , перекриття трубопроводів та ін.;
- можливість перекачування пожежонебезпечних речовин у резервні ємкості;
- можливість застосування стаціонарних систем пожежогасіння;
- можливість підвищення тиску у водопровідній мережі об'єкту;
- залучення до проведення аварійно-рятувальних робіт техніки об'єкту;
- забезпеченість та поповнення пально-мастильними матеріалами працюючої техніки;
- залучення до аварійно-рятувальних робіт та гасіння пожеж працівників об'єкту.

4. Вибір варіанту завдання.

Таблиця №4.1.

Деякі параметри для горючих речовин
(остання цифра за списком у групі)

№ п/п	Речовина	Формула	$t_{\text{СПАЛ}}$ $^{\circ}\text{C}$	ΔH_f кДж/м оль	Константи Антуана			φ_H , %	$t_{\text{КИП}}$, $^{\circ}\text{C}$
					A	B	Ca		
0	Гексан	C_7H_{16}	-4	-187,7	6,076	1295,405	219,82	1,07	98,4
1	Акролеїн	$\text{C}_3\text{H}_4\text{O}$	-26	-58,5	6,190	1156,947	230,6	2,8	52,2
2	Алліловий спирт	$\text{C}_3\text{H}_6\text{O}$	21	-131,8	7,0594	1944,765	247,6	2,5	96,6
3	Октан	C_8H_{18}	14	-208	6,0939	1379,356	211,896	0,9	125,7
4	Ацетон	$\text{C}_3\text{H}_6\text{O}$	-18	-217,5	6,3755	1281,721	237,09	2,7	56,5
5	Ацетонит- рил	$\text{C}_2\text{H}_3\text{N}$	2	-25,62	7,27	1838	273,00	3,8	80
6	Бензол	C_6H_6	-11	82,9	5,6139	902,275	187,1	1,43	80,1
7	Бутаналь	$\text{C}_4\text{H}_8\text{O}$	-7	-205	7,0839	1768,4	273,00	1,8	75,2
8	Бутанон	$\text{C}_4\text{H}_8\text{O}$	-6	-238,3	6,1494	1292,791	232,34	1,9	79,6
9	Бутилаце- тат	$\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}$	29	-526	6,2520	1430,418	210,75	1,35	118,0

Таблиця №4.2.

Перша цифра списку групи (може змінюватися викладачем для групи)

Передостання цифра № зал. книжки	№ цеху	Площа розливу, м ²	Кількість пра- цюючих
0	8	250	12/10
1	9	300	17/9
2	11	290	10/12
3	12	240	9/12
4	14	260	11/17
5	16	280	13/15
6	18	310	10/10
7	25	240	11/11
8	13	320	12/13
9	15	270	11/9

Примітка: у графі кількість працюючих: чисельник – кількість працюючих у даному цеху, знаменник – кількість працюючих у всіх сусідніх спорудах.

Таблиця №4.3.

Додаткові варіанти

Третя цифра залікової книжки	Варіант водопостачання	Кількість піноутворювача на об'єкті, т.
0	К-150 мм Н = 0,6 МПа	15
1	К-250 мм Н = 0,8 МПа	10
2	К-200 мм Н = 0,6 МПа	12

Таблиця №4.4

Параметр	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$t_0, ^\circ\text{C}$	18	15	20	25	16	18	25	20	19	21
$v_{\text{вет}}, \text{м/с}$	1,5	2,6	2,3	1,8	3,1	2,6	2,1	1,7	1,3	2,4

Таблиця №4.5

Параметр	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$\tau_{\text{вип.}}, \text{хв}$	20	18	22	17	15	21	18	16	19	23

Приклад: *Номер за списком 17*

Остання цифра – 7:

По таблиці 4.1: речовина бутаналь.

Передостання цифра – 1.

По таблиці 4.2: цех №9 – цех піролізу, кількість речовини, яка випарувалася $S = 400 \text{ м}^2$, кількість працюючих в цеху №9 – 17 чоловік, у сусідніх цехах по 9 у кожному.

Якщо додаткові варіанти не задано, відомості з таблиць 4.3-4.5 обираються здобувачем самостійно

5. Таблиці вихідних даних.

Таблиця №5.1.

Розподілення втрат в уражених будівлях, %

Структура уражень	Форма руйнувань			
	слабкі руйнування	середні руйнування	сильні руйнування	повні руйнування
Загальні	0	5	30	100
Безповоротні	0	0	20	60
Санітарні	0	5	10	40

Таблиця №5.2.

Попередня оцінка часу потрібного для надання допомоги ураженим

Форма руйнувань	Затрати часу на одного ураженого	Кількість уражених, Чол.	Загальні затрати, чол.год.
середні	2	n_1	$2n_1$
сильні	8	n_2	$8n_2$
повні	20	n_3	$20n_3$
		Всього:	“СУММА” Σ

Примітка: 1. Загальна тривалість надання допомоги - не більш 10 годин.

Таблиця №5.3.

Наслідки впливу надлишкового тиску на організм людини та будівельні
конструкції

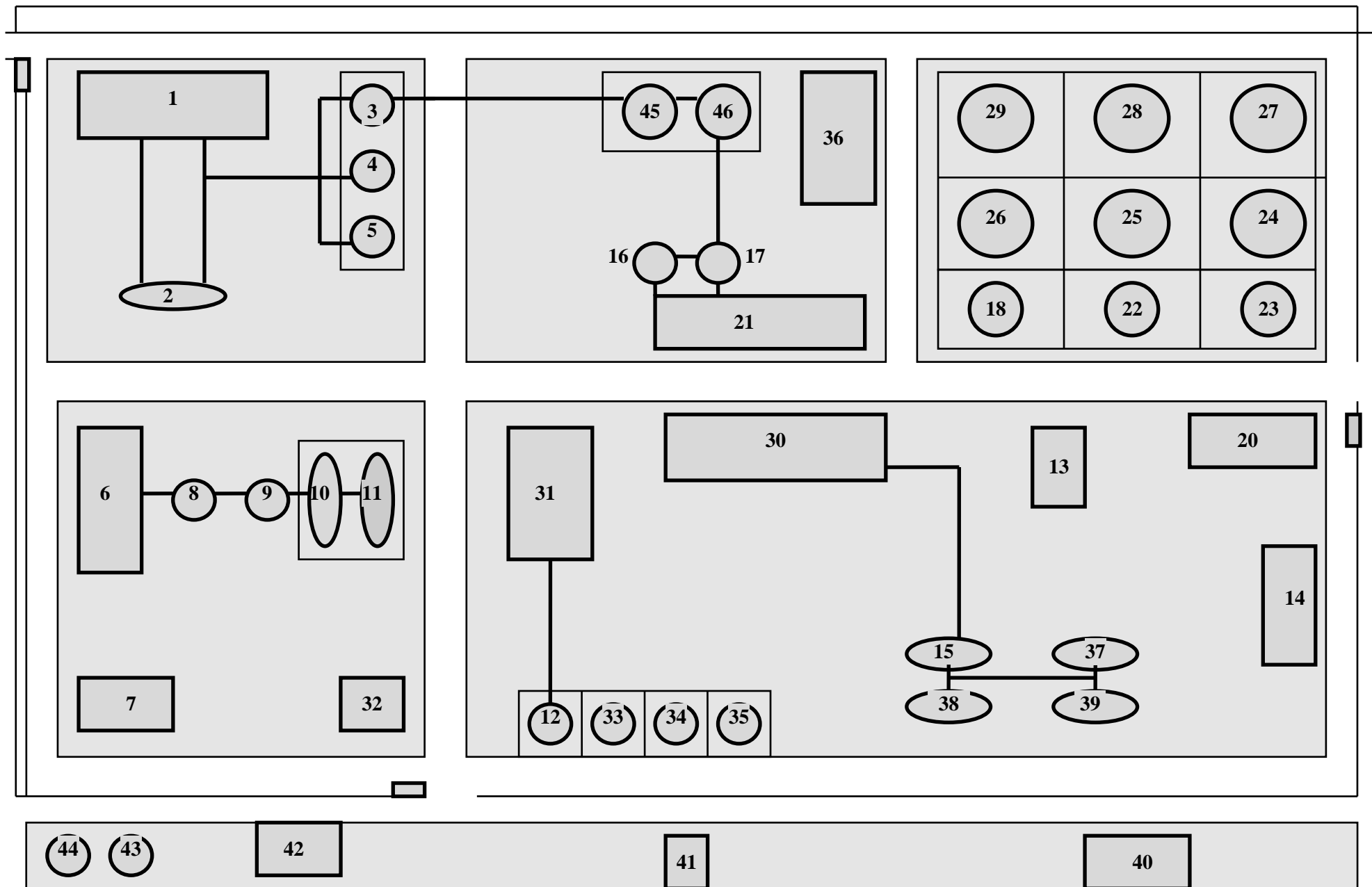
Надлишковий тиск ΔP , кПа	Наслідки	Коефіцієнт Ψ для розрахунку
Для організму людини		
70	Летальний наслідок від розірвання легких	3.5
35	Розрив барабанних перетинок	4,9
12	Легкі травми і контузії	9.8
Для будинків і споруджень		
50	Повні руйнації будинків і споруджень	4.1
30	Сильні руйнації і пожежі	5.4
20	Середні руйнації і можливі пожежі	6.9
10	Слабкі руйнації будинків і споруджень, можливі окремі пожежі	11.2
5	Граничне значення надлишкового тиску	18.5
2	Руйнації віконного скла	34

Таблиця №5.4.

Внутрішня енергія продуктів вибуху, кДж/моль

Температура, К	Внутрішня енергія продуктів вибуху, кДж/моль.						
	CO ₂	H ₂ O	N ₂	HF	HCl	HBr	SO ₂
1	3	4	5	6	7	8	9
0	0,00	0,00	0,00	0,00	27,35	67,90	64,06
298,15	6,93	7,49	6,25	6,18	33,57	74,10	42,19
400	10,11	10,11	8,39	8,31	35,71	76,20	75,61
600	17,37	15,53	12,68	12,52	39,96	80,50	83,28
800	25,64	21,43	17,21	16,78	44,32	85,00	91,83
1000	34,59	27,81	22,00	21,12	48,91	89,70	100,92
1200	44,02	34,73	27,03	25,61	53,73	94,70	110,33
1400	53,81	42,13	32,23	30,25	58,74	99,80	119,98
1600	63,87	49,97	37,58	35,08	63,94	105,10	129,77
1800	74,07	58,19	43,02	40,07	69,27	110,60	139,69
2000	84,46	66,77	48,55	45,19	74,74	116,20	149,70
2200	94,94	75,53	54,09	50,39	80,20	121,70	159,68
2400	105,54	84,64	59,75	55,75	85,84	127,50	169,77
2600	116,19	93,95	65,44	61,19	91,54	133,30	180,09
2800	126,94	103,46	71,15	66,72	97,33	138,90	190,41
3000	137,72	113,18	76,92	72,36	103,26	145,10	200,78
3200	148,55	123,04	82,70	78,03	109,05	151,00	211,24
3400	159,43	133,06	88,51	83,77	114,99	157,10	221,74
3600	170,36	143,21	94,35	89,58	120,98	163,10	232,34
3800	181,31	153,49	100,20	95,44	127,02	169,30	243,02
4000	192,31	163,91	106,07	101,34	133,09	175,40	253,70

План нафтохімічного заводу



Специфікація будівель та споруд

1. Цех полімеризації;
2. Установа ЛГ - 35 -8/300Б ($V = 150 \text{ м}^3$, $P = 0,2 \text{ МПа}$);
- 3 ÷ 5. Резервуари ($V = 180 \text{ м}^3$);
6. Насосна;
7. Цех регенерації;
- 8, 9. Резервуари ($V = 200 \text{ м}^3$);
- 10, 11. Установа ЛГ - 35 - 11/300 ($V = 150 \text{ м}^3$, $P = 0,2 \text{ МПа}$);
- 12, 33, 34, 35. Резервуари ($V = 400 \text{ м}^3$);
13. ГЩУ;
14. Насосна бензольно-скрубєрного відділення;
- 15, 37 ÷ 39. Установа ЛЧ - 24 - 7 ($V = 170 \text{ м}^3$, $P = 0,1 \text{ МПа}$);
- 16, 17. Резервуари ($V = 300 \text{ м}^3$);
- 18, 22, 23. Резервуари ($V = 500 \text{ м}^3$);
20. Бензольно-скрубєрне відділення;
21. Цех очистки;
- 24 ÷ 29. Резервуари ($V = 1000 \text{ м}^3$);
30. Цех термічного крекінгу;
31. Реагентне господарство;
32. Компресорна;
36. Цех риформінгу;
40. Пожежна частина;
41. Адміністративний корпус;
42. Котельна;
- 43, 44. Резервуари з мазутом ($V = 500 \text{ м}^3$);
- 45, 46. Резервуари ($V = 600 \text{ м}^3$).

Примітка:

Лініями на схемі показані трубопроводи ($D = 150 \text{ мм}$, тиск $P = 0,4 \text{ МПа}$).

ЛІТЕРАТУРА

1. Кодекс цивільного захисту України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/5403-17#Text>.
2. Статут дій органів управління та підрозділів Оперативно-рятувальної служби цивільного захисту під час гасіння пожеж. Наказ МВС України від 26.04.2018 № 340. [URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0802-18#Text>].
3. Правила безпеки праці в органах і підрозділах МНС України. Наказ МНС України 07.05.2007 р. № 312. [URL: https://www.dsns.gov.ua/files/2019/2/14/321/PRAVIL_Ohor-Pr_MNS.pdf].
4. Організація аварійно-рятувальних робіт» : навчальний посібник / Р.Т. Ратушний, В.Б. Лоїк, О.Д. Синельников, В.М. Ковальчук – Львів: Видавництво ЛДУ БЖД, 2020. – 394 с. [URL: <https://sci.ldubgd.edu.ua/bitstream/123456789/10537/1/%C2%AB%D0%9E%D0%A0%D0%93%D0%90%D0%9D%D0%86%D0%97%D0%90%D0%A6%D0%86%D0%AF%20%D0%90%D0%A0%D0%A0.pdf>].
5. Аветисян В.Г., Грицина І.М., Остапов К.М. Організація аварійно-рятувальних робіт: Курс лекцій. – Харків : НУЦЗУ, 2021. - 170 с. [URL: http://univer.nuczu.edu.ua/tmp_metod/3299/OARR_KURS_LEKCIJ.pdf].
6. Дії підрозділів ДСНС України в умовах воєнного стану – навчальний посібник / Мирослав Коваль, Дмитро Чалий, Віктор Ковальчук, Василь Лоїк, Олександр Синельников, Іван Паснак, Артур Ренкас, Андрій Домінік, Володимир Товарянський, | Юрій Ключка, Василь Матухно, Дмитро Поліщук, Сергій Гассієв, Андрій Лісняк, Євген Слепужников, Євген Криворучко, Віктор Покалюк, Микола Григор'ян, Тетяна Костенко, Дмитро Журбинський, Анатолій Фомін, Олександр Жихарєв, Світлана Голікова, Вікторія Коленко, Наталія Оніщенко. - Львів: ЛДУБЖД, 2023. - 308 с. (рис. 185, табл. 28, Бібліогр. 93).
7. Посібник з реалізації заходів евакуації населення, матеріальних і культурних цінностей в умовах загрози та виникнення надзвичайних ситуацій і збройних конфліктів: практичний посібник / М.В. Андрієнко, А.І. Фомін, О.М. Слуцька, А.А. Слюсар, Л.В. Калиненко, Ю. М. Чайковський. Київ: ІДУ НД ЦЗ, 2022. 250 с. [URL: <https://idundcz.dsns.gov.ua/upload/1/6/1/7/5/4/9/posibnik-evakuaciini-zaxodi.pdf>].
8. Наказ ДСНС України №80 від 28.01.2020р. "Про затвердження Методичних рекомендацій щодо порядку дій аварійно-рятувальних формувань ДСНС під час ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій (небезпечних подій), пов'язаних із дорожньо-транспортними пригодами".
9. Наказ ДСНС України №375 від 02.04.2024р. "Про особливості реагування на надзвичайні ситуації під час збройної агресії".
10. Методичні рекомендації з організації та життєзабезпечення нале-

жного рівня живучості та безпеки взводних та ротних опорних пунктів військових частин, які приймають участь у проведенні операції об'єднаних сил з врахуванням набутого досвіду. - Київ: Центральне управління безпеки військової служби Збройних Сил України, 2021. - 86 с.

11. Методичні рекомендації щодо організації гасіння пожеж в природних екосистемах в районах ведення бойових дій, алгоритм дій особового складу у разі виявлення загорань вибухонебезпечних предметів, а також надання домедичної допомоги у разі отримання мінно-вибухових травм. Режим доступу: https://nubip.edu.ua/sites/default/files/u184/metodichni_rekomendaciyi_pes_vnp_pmd.doc.pdf

12. Методичні рекомендації щодо організації оперативних дій підрозділів ДСНС під час гасіння пожеж на складах нафтопродуктів, що сталися внаслідок обстрілів в умовах ведення бойових дій. Режим доступу: <https://if.dsns.gov.ua/upload/1/1/9/3/3/4/7/Vr00vOSx9wVORgnKSrdVAYnz6P9sLaTd1EVLmisK.pdf>

13. IATG 01.50:2021[E] UN explosive hazard classification system and codes (МТКБ 01.50:2021(E) Система класифікації ООН вибухової небезпеки та коди). Режим доступу: https://data.unsafeguard.org/iatg/en/V3_IATG-01.60_en.pdf

14. IATG 02.50:2021[E] Fire safety. (МТКБ 02.50:2021(ЩЕ) Пожежна безпека. Режим доступу: https://data.unsafeguard.org/iatg/en/V3_IATG-02.50_en.pdf

15. IATG 06.50:2021 [E] Specific safety precautions (storage and operations) (МТКБ 06.50:2021 (ГЕ) Особливі заходи перестороги (зберігання та технологічні операції). Режим доступу: https://data.unsafeguard.org/iatg/en/V3_IATG-06.50_en.pdf

16. IATG 02.20:2021[E] Quantity and separation distances (МТКБ 02.20:2021(ГЕ) Кількісні і розділові відстані). Режим доступу: https://data.unsafeguard.org/iatg/en/V3_IATG-02.20_en.pdf

17. International Ammunition Technical Guidelines (ATG) IATG 05.20:2021[E] Types of buildings for explosives facilities (Міжнародне технічне керівництво щодо боєприпасів (МТКБ 05.20:2021 (ЦЕ) Типи споруд для приміщень під вибухові речовини)). Режим доступу: https://data.unsafeguard.org/iatg/en/V3_IATG-05.20_en.pdf

18. John Norman Fire Officers Handbook of Tactics / Norman John. – South Sheridan Road Tulsa, Oklahoma, 2012 – 311 p. [URL: <https://fireengineeringbooks.com/fire-officers-handbook-of-tactics-5th-edition/>].

19. Наказ Міністерства внутрішніх справ України від 04.08.2018 №656 " Про затвердження деяких нормативно-правових актів з питань дорожнього перевезення небезпечних вантажів". [URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1041-18#Text.>].

20. Emergency Response Guidebook 2016, U.S. Department of Transportation Pipeline and Hazardous Materials Safety Administration [URL:

<https://www.phmsa.dot.gov/hazmat/erg/emergency-response-guidebook-erg>].

21. Zasady organizacji dekontaminacji w warunkach skażenia środkami CBRN w przypadku zdarzeń masowych podczas Światowych Dni Młodzieży. PSPRP Polska. – 20 str. – Warszawa. – 2016 r. [URL:https://yadda.icm.edu.pl/yadda/element/bwmeta1.element.baztech-47db28e5-4e59-4e63-9f27-299515abf4f1/c/Wnek_ZN_SGSP_nr_58.pdf].

22. Guidelines for Mass Casualty Decontamination During a HAZMAT/Weapon of Mass Destruction Incident, Volumes I and II. U.S. Army Chemical, Biological, Radiological and Nuclear School. – USA. – 136 p. [URL: https://www.opcw.org/sites/default/files/documents/Victims_Network/Orange_and_Red/orange_red_02448.pdf].

23. Minimum Standards and Non-Binding Guidelines for First Responders Regarding Planning, Training, Procedure and Equipment for Chemical, Biological, Radiological and Nuclear (CBRN) Incidents – 14 p. Civil Emergency Planning, Operations Division - NATO International Staff. [URL: https://www.nato.int/nato_static_fl2014/assets/pdf/pdf_2016_08/20160802_140801-cep-first-responders-CBRN-eng.pdf].

24. Engelbrecht, H., Lindeman, R. W., & Hoermann, S. (2019). A SWOT Analysis of the Field of Virtual Reality for Firefighter Training. *Front. Robot. AI* 6: 101. doi: 10.3389/frobt.

25. A basic live fire training structure - High Temperature Linings (2017).

26. Fahy, R. F. & Molis, J. L. (2019). NFPA report-Firefighter fatalities in the United States - 2018.

27. Real learning in a virtual world: How VR can improve learning and training outcomes - Deloitte (2018).

28. University of Nottingham (2019). Virtual reality training could improve employee safety. *ScienceDaily*. Retrieved April 3, 2020. URL: www.sciencedaily.com/releases/2019/09/190916212516.htm.

29. The Science of Water Extinguishment. URL: <https://www.firehouse.com/operations-training/hoselines-water-appliances/article/12395735/the-science-of-water-extinguishment-international-innovations-john-mcdonough>