

### Розрахунок сил та засобів для гасіння пожеж на об'єктах з наявністю НХР

Розрахунок сил та засобів для гасіння пожеж на об'єктах з наявністю НХР відповідає загальній методиці, особливість розрахунку полягає у визначенні сил та засобів, необхідних для локалізації дії небезпечних чинників НХР. Залежно від властивостей НХР застосовуються різні способи локалізації.

*Осадження парів НХР* проводиться з метою зменшення концентрації небезпечних речовин у вторинній хмарі. Такий спосіб локалізації застосовується до газоподібних речовин, насамперед зріджених газів, пари яких розчиняються у воді. Для осадження використовуються розпилені струмені води із стволів з насадками НРТ.

Витрата води для осадження НХР визначається за формулою:

$$Q_{\text{потр}}^{\text{в.осадж}} = 0,28qV_{\text{вип}}$$

де  $Q_{\text{потр}}^{\text{в.осадж}}$  – потрібна витрата води для осадження хмари НХР, л/с;

0,28 – коефіцієнт переведення т/год у л/с (тобто  $1000 \text{ л}/3600 \text{ с} = 0,2777$ );

$q$  – питома витрата води для осадження 1 тонни НХР, т;

$V_{\text{вип}}$  – швидкість випаровування НХР, т/год.

Питома витрата води (у тоннах) залежить від розчинності парів НХР і може бути визначена за формулою:

$$q = 100/R_m$$

де  $R_m$  – розчинність НХР, г/100 г води (визначається за фізико-хімічними властивостями НХР залежно від умов та обстановки на місці аварійної ситуації).

Масову розчинність деяких НХР у воді при стандартній температурі 20°C представлено в таблиці 1.

Таблиця 1

#### Розчинність у воді деяких небезпечних хімічних речовин

Назва НХР	Розчинність, % (мас.)	Назва НХР	Розчинність, % (мас.)
1	2	1	2
Акриловометилловий ефір (метилакрилат, метиловий ефір акрилової кислоти, метиловий ефір пропанової кислоти)	6	Метанол (метиловий спирт)	Необмежена
Аміак (амоніак)	33,1	Метафос	60
Амінбензол (анілін, феніламін)	3,4	Метилу бромід	1,34
Ацетон	Необмежена	Мурашина кислота	Необмежена

Арсин (водень миш'яковистий)	20	Оцтова кислота	Необмежена
Бензол	0,18	Сірководень	291
Водню пероксид	Необмежена	Сірчистий ангідрид	22,8
Водню фторид	Необмежена	Толуол	250
1	2	1	2
Діоксан	Необмежена	Формальдегід	Необмежена
Дихлоретан (1,1-дихлоретан, 1,2-дихлоретан, етиленхлорид, хлористий етилен)	0,86	Фурфурол (2-формилфуран, 2-фурилальдегід, фурфураль, фуран-2-альдегід,)	8,3
Етиленгліколь	Необмежена	Хлор	0,7
Етиленімін	Необмежена	Хлорпікрин	0,16
Ксилол	0,013	Хлорціан	Необмежена

Швидкість випаровування (т/год.) визначається за формулою:

$$V_{\text{вип}} = M/\tau_{\text{вип}}$$

де  $M$  – кількість НХР, т.

$\tau_{\text{вип}}$  – час випарювання НХР, год., визначається відповідно до Методики прогнозування наслідків виливу (викиду) небезпечних хімічних речовин під час аварій на хімічно-небезпечних об'єктах і транспорті, затвердженої наказом Міністерства внутрішніх справ України від 11 грудня 2019 року № 1000.

Необхідна кількість стволів-розпилювачів для осадження НХР (шт.) дорівнює:

$$N_{\text{ств.НРТ}}^{\text{осадж}} = Q_{\text{потр}}^{\text{в.осадж}}/Q_{\text{розп}}$$

де  $Q_{\text{розп}}$  – витрата води з одного пожежного ствола з насадком-розпилювачем, л/с (приймається за таблицею 2). Значення кількості стволів округлюється до цілого значення в бік збільшення.

Таблиця 2

#### Характеристика насадків-розпилювачів турбінного та щілинного типу

Параметри	Турбінні розпилювачі			Щілинний розпилювач РВ-12
	НРТ-5	НРТ-10	НРТ-20	
Напір перед розпилювачем, м вод.ст.	60	60	60	0,6
Витрата води, л/с	5	10	20	12
Довжина струменя, м	20	25	35	8 (вертикальна завіса)
Маса, кг	0,8	0,8	0,8	1,3

Витрата води (фактична) для осадження хмари НХР (л/с) визначається за формулою:

$$Q_{\text{фак}}^{\text{в.осадж}} = N_{\text{ств.НРТ}}^{\text{осадж}} Q_{\text{розп}}$$

Під час організації активного захисту стволи розташовуються за периметром розливу НХР.

Відстань між стволами (м) дорівнює:

$$L_{\text{м.ств}} = P_{\text{розл}}/N_{\text{ств.НРТ}}^{\text{осадж}}$$

де  $P_{\text{розл}}$  – периметр розливу НХР, м.

Створення водяних завіс проводиться для обмеження поширення хмари НХР. Цей спосіб використовується для зріджених, стиснених газів, пари яких

погано розчиняються у воді. У разі застосування цього способу локалізації зони аварії доцільно використовувати розпилювачі. Технічні характеристики розпилювачів наведено в таблиці 3.

Кількість потрібних для створення водяної завіси розпилювачів (шт.) визначається за формулою:

$$N_{\text{ств.РВ}}^{\text{завіс}} = P_{\text{ф}} / L_{\text{м.ств}} + 1$$

де  $N_{\text{ств.РВ}}^{\text{завіс}}$  – кількість розпилювачів;

$P_{\text{ф}}$  – довжина фронту завіси, м;

$L_{\text{м.ств}}$  – відстань між розпилювачами, м (приймається такою, що дорівнює 8 м).

Для створення водяної завіси стволи встановлюються так, щоб факели розпилювання перекривали один одного.

Витрата води (фактична) для встановлення завіси (л/с) визначається за формулою:

$$Q_{\text{фак}}^{\text{в.обмеж}} = N_{\text{ств.РВ}}^{\text{завіс}} Q_{\text{розп}}$$

де  $Q_{\text{розп}}$  – витрата розпилювача, л/с;

$N_{\text{ств.РВ}}^{\text{завіс}}$  – кількість розпилювачів, шт.

Потрібна кількість пожежно-рятувальних автомобілів (шт.) визначається за формулою:

$$N_{\text{ПА}} = K_{\text{рез}} N_{\text{розп}}^{\text{заг}} / N_{\text{розп}}^{\text{сх}}$$

де  $K_{\text{рез}}$  – коефіцієнт резерву ПА (1,3 влітку, 1,5 взимку);

$N_{\text{розп}}^{\text{заг}}$  – кількість розпилювачів, шт., що дорівнює  $N_{\text{ств.НРТ}}^{\text{осадж}}$  або  $N_{\text{ств.РВ}}^{\text{завіс}}$ ;

$N_{\text{розп}}^{\text{сх}}$  – кількість розпилювачів (у схемі), що може забезпечити одне відділення, шт.

За наявності протипожежного водопроводу необхідно перевірити відповідність можливостей мережі протипожежного водопостачання з витратою води для встановлення завіси:

$$Q_{\text{фак}}^{\text{в.заг}} \leq Q_{\text{мережі}}$$

де  $Q_{\text{фак}}^{\text{в.заг}}$  – витрата води, що забезпечує роботу розпилювачів з осадження хмари НХР та із створення водяних завіс, л/с;

$Q_{\text{мережі}}$  – водовіддача мережі водопостачання, л/с (визначається за таблицею 3).

Таблиця 3

**Водовіддача водопровідних мереж**

Напір в мережі, м вод. ст.	Вид водопровідної мережі	Водовіддача водопровідної мережі, л/с, за діаметром труби, мм						
		100	125	150	200	250	300	350
10	Тупикова	10	20	25	30	40	55	65
	Кільцева	25	40	55	65	85	115	130
20	Тупикова	14	25	30	45	55	80	90
	Кільцева	30	60	70	90	115	170	195
30	Тупикова	17	35	40	55	70	95	110
	Кільцева	40	70	80	110	145	205	235

40	Тупикова	21	40	45	60	80	110	140
	Кільцева	45	85	95	130	185	235	280
50	Тупикова	24	45	50	70	90	120	160
	Кільцева	50	90	105	145	200	265	325
60	Тупикова	26	47	55	80	110	140	190
	Кільцева	52	95	110	163	225	290	380
70	Тупикова	29	50	65	90	125	160	210
	Кільцева	58	105	130	182	255	330	440
80	Тупикова	32	55	70	100	140	180	250
	Кільцева	64	115	140	205	287	370	500

За наявності пожежних водоймищ або інших джерел з обмеженим запасом води необхідна кількість води ( $m^3$ ) визначається за формулою:

$$V_{\text{води}}^{\text{заг}} = Q_{\text{фак}}^{\text{в.заг}} \tau_{\text{зав}} K_3^{\text{в}}$$

де  $\tau_{\text{зав}}$  – час підтримання завіси, год.;

$K_3^{\text{в}}$  – коефіцієнт запасу води (приймається таким, що дорівнює 3).

Час утримання завіси (год.) визначається за формулою:

$$\tau_{\text{зав}} = \tau_{\text{вип}} - \tau_{\text{поч}}$$

де  $\tau_{\text{вип}}$  – час випарювання НХР, год., відповідно до таблиці 2 Методики прогнозування наслідків вилу (викиду) небезпечних хімічних речовин під час аварій на промислових об'єктах і транспорті;

$\tau_{\text{поч}}$  – час від початку аварії до створення завіси, год., визначається за обстановкою.

Загальна кількість необхідної пожежно-рятувальної техніки складається з кількості пожежно-рятувальних автомобілів, що залучені для створення завіси, перекачування та підвезення води, допоміжної техніки (рукавні автомобілі, автомобілі зв'язку, освітлення тощо) і визначається виходячи з конкретної обстановки на місці аварії, віддаленості джерел води та інших умов.

*Нейтралізація проливів НХР* проводиться з метою зменшення та усунення шкідливої дії парів або речовини на людей та навколишнє середовище. Такий спосіб застосовується, як правило, для НХР, що знаходяться в рідкому стані, в основному для кислот, коли застосування води обмежено. Вихідними параметрами для розрахунку є площа проливу або кількість (маса, об'єм) НХР. Нейтралізація може проводитись сухими речовинами або водними розчинами.

1. Розрахунок за площею проливу НХР.

Площа проливу ( $m^2$ ) визначається за формулою:

$$S_{\text{пр}} = V_{\text{НХР}} / h_{\text{ш}}$$

де  $V_{\text{НХР}}$  – об'єм НХР, що пролився,  $m^3$ ;

$h_{\text{ш}}$  – товщина шару проливу НХР, м (у випадку "вільного" проливу - 0,05 м).

Потрібна кількість нейтралізатора визначається за формулою:

$$M_{\text{н}} = K_{\text{п}} S_{\text{пр}}$$

де  $K_{\text{п}}$  – коефіцієнт пропорційності, що вказує кількість нейтралізатора, потрібного для нейтралізації НХР (таблиця 4).

## Норми витрати нейтралізуючих засобів для нейтралізації деяких видів НХР

Назва НХР	Агрегатний стан	Розчини для нейтралізації	Норма витрат
Аміак	Розчин	1–10% розчини сірчаної, азотної, соляної кислот, вода	6–20 літрів на 1 літр аміаку
Хлор	Газ	Вапняне молоко (суспензія кальцію гідроксиду у воді), розчини кальцинованої соди (натрію карбонату) або каустичної соди (натрію гідроксиду) (60 – 80% та більше)	1,5 т кальцинованої соди (натрію карбонату) на 1 т хлору
Азотна кислота	Рідина	Розчин каустичної соди (натрію карбонату), кальцинована сода (натрію карбонат), вапно, інші лужні речовини, гідроксид натрію (каустична сода) у вигляді розчину з концентрацією 300 г/л. Нейтралізація каустичною содою концентрованої кислоти призводить до інтенсивного тепловиділення і може призвести до вибуху та має виконуватись дуже обережно	Сухі речовини 0,5 - 1 кг/м <sup>2</sup> , водні розчини 1 - 2 л/м <sup>2</sup>
Олеум (сірчана кислота, яка димить)	Рідина	Суспензія вапна, розчин каустичної соди (натрію гідроксиду), кальцинована сода (натрію карбонат), водні розчини лужних речовин з концентрацією 300 г/л. Нейтралізація каустичною содою концентрованої кислоти призводить до інтенсивного тепловиділення і може призвести до вибуху та має виконуватись дуже обережно	Сухі речовини 0,5 - 1 кг/м <sup>2</sup> , водні розчини 1- 2 л/м <sup>2</sup>
Сірчана кислота	Рідина	Суспензія вапна, розчин каустичної соди (натрію гідроксиду), кальцинована сода (натрію карбонат), водні розчини лужних речовин з концентрацією 300 г/л. Нейтралізація каустичною содою концентрованої кислоти призводить до інтенсивного тепловиділення і може призвести до вибуху та має виконуватись дуже обережно	Сухі речовини 0,5 - 1 кг/м <sup>2</sup> , водні розчини 1 - 2 л/м <sup>2</sup>
Соляна кислота	Рідина	Порошки, які містять лужний компонент (вапняк, доломіт, сода), суспензія вапна, розчин каустичної соди (натрію гідроксиду) з концентрацією 300 г/л. Нейтралізація каустичною содою концентрованої кислоти призводить до інтенсивного тепловиділення і може призвести до вибуху та має виконуватись дуже обережно	Сухі речовини 0,5 - 1 кг/м <sup>2</sup> , водні розчини 1 - 2 л/м <sup>2</sup>
Фосфорна кислота (розчин)	Рідина	Водні розчини лужних речовин (кальцинованої соди (натрію карбонату), вапняного молока (суспензія кальцію гідроксиду у воді) або інертні матеріали (вапняк, зола) 300 г/л	Сухі речовини 0,5 - 1 кг/м <sup>2</sup> , водні розчини 1 - 2 л/м <sup>2</sup>

2. Розрахунок за об'ємом (масою) НХР проводиться таким чином.

Потрібна кількість нейтралізатора визначається за формулою:

$$M_H = K_n V_{НХР}$$

Якщо відома маса НХР, то формула буде такою:

$$M_H = K_n G_{НХР}$$

де  $G_{НХР}$  – маса НХР, кг

$$G_{НХР} = V_{НХР} \rho$$

де  $\rho$  – густина НХР, кг/м<sup>3</sup> (визначається за аварійними картками).

*Локалізація проливів НХР твердими сипучими матеріалами* проводиться з метою ізоляції парів НХР від навколишнього середовища, а також зменшення площі розтікання. Цей спосіб локалізації застосовується для рідких НХР, які мають невелику швидкість випаровування, а також у тих випадках коли воду застосовувати неможна, а речовин для нейтралізації немає.

*Локалізація проливів НХР повітряно-механічною піною* проводиться з метою ізоляції поверхні пролитого НХР від атмосферного повітря задля припинення випаровування. Цей спосіб локалізації, як правило, застосовується для займистих та легкозаймистих рідин.

Об'єм піни для накриття місця розливу шаром ( $h_{п}$ ) визначається за формулою:

$$V_{ПМП}^{розл} = S_{розл} h_{п}$$

де  $S_{розл}$  – площа розливу, м<sup>2</sup>;

$h_{п}$  – товщина шару піни, м (приймається 0,1 м).

Час виконання робіт (хв.) визначається за формулою:

$$\tau_{роб} = V_{ПМП}^{розл} / Q_{ГПС(СПП)}^{п}$$

де  $Q_{ГПС(СПП)}^{п}$  – витрата, забезпечувана стволом-генератором піни (за піною), м<sup>3</sup>/хв (приймається за таблицею 5).

Таблиця 5

**Тактико-технічні характеристики пристроїв для подавання повітряно-механічної піни низької та середньої кратності**

Ствол, генератор	Напір на пристрої, м вод. ст.	Концентрація розчину, %	Витрата, л/с		Кратність піни	Подача (витрата) піни, м <sup>3</sup> /хв
			води	Піноутворювача		
ПЛСК-П20	60	6	18,8	1,2	10	12
ПЛСК-С20	60	6	21,62	1,38	10	14
ПЛСК-С60	60	6	47,0	3,0	10	30
Protek 600-221*	70	6	29,78	1,92		
СПП	60	6	5,64	0,36	8	3
СПП-2 (СППЕ-2)	60	6	3,76	0,24	8	2
СПП-4 (СППЕ-4)	60	6	7,52	0,48	8	4
СПП-8 (СППЕ-8)	60	6	15,04	0,96	8	8
Protek 360-210*	70	6	2,35	0,15	12	2
Protek 366-212*	70	6	7,43	0,47	12	6
Protek 368-214*	70	6	15,04	0,96	12	12

Protek 360-225**	70	6	2,35	0,15	50	7,5
Protek 366-226**	70	6	7,43	0,47	50	23,7
Protek 368-227**	70	6	15,04	0,96	50	48
ГПС-200	60	6	1,88	0,12	100	12
ГПС-600	60	6	5,64	0,36	100	36
ГПС-2000	60	6	18,8	1,2	100	120
Пурга-5	80	6	5,64	0,36	70	25

\*- насадки до стволів для отримання піни низької кратності;

\*\* - насадки до стволів для отримання піни середньої кратності

Таблиця 6

Маркування та технічні характеристики засобів генерування піни європейських виробників залежно від типу згідно EN 16712-3:

Тип	Кратність піни		Контрольний тиск, бар	Витрата робочого розчину піноутворювача	
				л/хв	Допустиме відхилення %
S 1	Піна низької кратності	Від 4 до менше ніж 20	5	100	+10 0
S 2				200	
S 4				400	
S 8				800	
M 0,5	Піна середньої кратності	Від 20 до 200	5	50	+10 0
M 1				100	
M 2				200	
M 4				400	
M 8				800	

Таблиця 7

Характеристики пожежних стволів-генераторів піни європейських виробників згідно EN 16712-3

Тип	Вода		Синтетичний піноутворювач багатопільового призначення	
	Довжина струменя		Довжина струменя	
	м	м	м	Кратність піни од.
S 1	10	9		>5
S 2	15	12		>5
S 4	25	20		>5
S 8	30	25		>5
M 0,5	-	3		>40
M 1	-	4		>40
M 2	-	7		>40
M 3	-	8		>40
M 4	-	12		>40

Запас піноутворювача, потрібного для накривання поверхні ( $m^3$ ), визначається за формулою:

$$V_{\text{пу}} = Q_{\text{ГПС(СПП)}}^{\text{п}} \tau_{\text{р}} K_3^{\text{пу}}$$

де  $K_3^{\text{пу}}$  – коефіцієнт запасу піноутворювача ( $K_3^{\text{пу}} = 3$ ).

*Обвалування місця проливу* проводиться з метою зменшення площі розтікання рідких НХР. Такий спосіб застосовується для НХР в рідкому стані.

Об'єм ґрунту для обвалування ( $\text{м}^3$ ) по всьому периметру визначається за формулою:

$$V_{\text{гр}}^{\text{обв}} = P_{\text{прол}} [H_{\text{обв}} (a + b)] / 2$$

де  $P_{\text{прол}}$  – периметр проливу, м;

$a$  – ширина обвалування зверху, приймається такою, що дорівнює 0,5 м;

$b$  – ширина обвалування знизу, приймається такою, що дорівнює 2 м;

$H_{\text{обв}}$  – висота обвалування, приймається такою, що дорівнює  $(h + 0,2)$  м.

---