

ШЛЯХИ ПІДВИЩЕННЯ ТЕХНІЧНОГО РІВНЯ ПРОЕКТУВАННЯ ТА ОБСЛУГОВУВАННЯ СИСТЕМ ГАЗОВОГО ПОЖЕЖОГАСІННЯ

Якщо проаналізувати стан розроблення та впровадження нормативної бази, яка регламентує вимоги до проектування та обслуговування систем газового пожежогасіння (далі – СГП), то на перший погляд складається враження, що абсолютна більшість питань або вже вирішена, або перебуває на шляху до цього.

Водночас, у зв'язку з прийнятою в Україні практикою розроблення національних стандартів шляхом гармонізації із міжнародними та регіональними стандартами переважно зі ступенем відповідності IDT за ДСТУ 1.7 [1], багато важливих технологічних питань залишається за межами створюваного нормативного поля.

Так, наприклад, в Україні вимоги до проектування сучасних СГП із використанням газових вогнегасних речовин (далі – ГВР) регламентуються, в тому числі, вимогами комплексу стандартів ДСТУ 4466 (ISO 14520, MOD) [2], який встановлює конкретні вимоги до розрахунку необхідної маси заряду ГВР, вибору резервуарів для її зберігання тощо. В той же час, до гідравлічного розрахунку трубопроводних мереж СГП та окремих їх компонентів (модулів, батарейного устаткування, розподільчих пристроїв тощо) в цих НД наведено лише окремі загальні вимоги декларативного характеру.

Відсутність в Україні нормативного документа, який би конкретизував зазначені вимоги в цілому, призводить до застосування (шляхом запозичення закордонного досвіду) на практиці різних методик гідравлічних розрахунків під час проектування навіть однотипних СГП.

Більш конкретні вимоги до проектування (в тому числі – гідравлічного розрахунку) СГП із використанням ГВР: НФС 125 за ДСТУ 4466-8 [3] та НФС 227еа за ДСТУ 4466-9 [4] містились у ДБН В.2.5-13 [5], які з 2011 втратили чинність. У ДБН В.2.5-56 [6], розроблених на їх заміну, вимоги до проектування СГП реалізовано через посилання на певні нормативні документи, в тому числі – на комплекс стандартів ДСТУ 4466 (ISO 14520, MOD) [2].

В Російській Федерації питання проектування СГП регламентовано СП 5.13130 [7], ВСН 21-02 [8] та НПБ 88 [9]. Аналогічні норми є в Республіці Білорусь (НПБ 26 [10]). Водночас, лише ВСН 21-02 [8] наводить методику гідравлічного розрахунку трубопроводної мережі СГП із використанням ГВР: НФС 125 та НФС 227еа.

На офіційних сайтах ряду російських виробників компонентів СГП також містяться методики гідравлічного розрахунку трубопроводів СГП, розроблені ФДУ ВНДПО МЧС РФ (див., наприклад – [11, 12]), які принципово не відрізняються від методики ВСН 21-02 [8].

Однак зазначені методики гідравлічного розрахунку містять ряд недоліків, наприклад:

1) еквівалентна довжина (L_i) конкретної ділянки мережі (компонентів СГП, місцевих опорів) згідно з ВСН 21-02 [8] та [11, 12] визначається за формулою (лише для еквівалентної шорсткості матеріалу ділянки – $\Delta_e = 2 \cdot 10^{-4}$ м):

$$L_i = 76,4 \cdot \zeta \cdot D_M^{1,25}, \quad (1)$$

де ζ – коефіцієнт гідравлічного опору елементу мережі (компонентів СГП, місцевих опорів);

D_M – діаметр магістрального трубопроводу (трубопровід приведення), м.

2) еквівалентна довжина (L_i) конкретних елементів мережі із величиною еквівалентної шорсткості матеріалу, що відрізняється від вказаної у переліку 1), визначається за формулою (див., наприклад, – у ДБН В.2.5-13 [5] та методиці ФДУ ВНДІПО МНС РФ [11]):

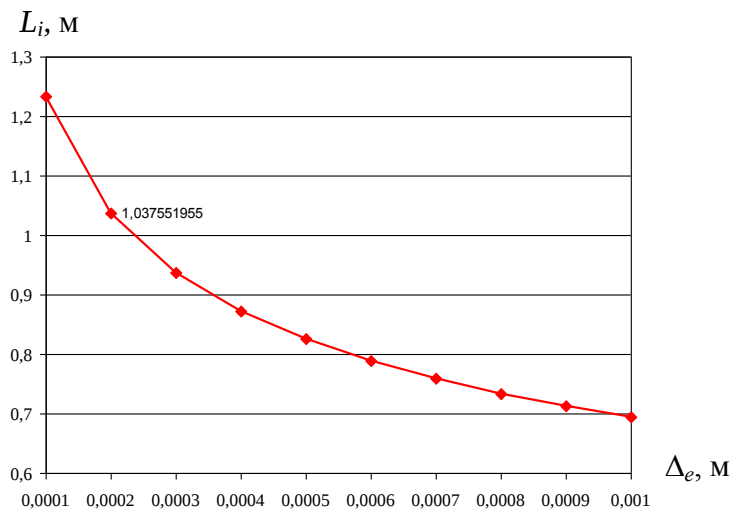
$$L_i = \frac{(\zeta \cdot D_i^{1,25})}{(0,11 \cdot \Delta_e^{0,25})}, \quad (2)$$

де ζ – коефіцієнт гідравлічного опору елементу мережі;

D_i – діаметр трубопроводу приведення, м;

Δ_e – еквівалентна шорсткість трубопроводу приведення, м.

При цьому, величина еквівалентної шорсткості матеріалу (Δ_e) знаходиться у знаменнику, тому, у разі використання матеріалів з кращими характеристиками шорсткості, – величина L_i збільшується, і навпаки (див., наприклад, рисунок 1).



Примітка. ζ - 1,3 за [11]; $D_i = 0,026$ м

Рисунок 1 – Динаміка зміни величини еквівалентної довжини трійника (L_i) залежно від величини еквівалентної шорсткості (Δ_e) – за залежністю (2)

Еквівалентна довжина магістрального трубопроводу в методиках за [5, 8, 11, 12] обчислюється, у загальному вигляді, з формули:

$$L_{m_e} = L_m + \Sigma L_{ком} + \Sigma L_{мо}, \text{ м}, \quad (3)$$

де L_m – геометрична довжина магістрального трубопроводу, м;

$\Sigma L_{ком}$ – сума еквівалентних довжин компонентів СГП (за даними виготовлювача або за результатами випробувань), м;

$\Sigma L_{мо}$ – сума еквівалентних довжин поворотів, трійників та інших місцевих опорів, приведених до діаметра магістрального трубопроводу, м.

Таким чином, у методиках за [5, 8, 11, 12] не враховується процес «старіння» мережі під впливом зовнішнього середовища, тобто збільшення величини Δ_e , в тому числі – трубопроводів (наводиться лише геометрична довжина), фітінгів. А це важливо з огляду на вимоги ДБН В.2.5-56 [6] щодо періодичної перевірки технічного стану СГП та реальний стан існуючих СГП, особливо із використанням озоноруйнівних ГВР [13], термін експлуатації яких налічує двадцять і більше років.

ГВР групи хладонів, виходячи з їх особливостей, в процесі подавання по трубопровідній мережі до захищеного приміщення мають перебувати переважно у рідкому стані (величина тиску перед насадками – не менше 1,0 МПа).

Гідродинамічні характеристики потоку рідинної фази ГВР залежать не в останню чергу від величини шорсткості трубопроводів. Внутрішня поверхня трубопроводів СГП, що експлуатуються протягом тривалого часу за певних несприятливих умов, погіршується за рахунок появи іржи та (або) нашарувань домішок, які присутні в атмосфері робочої зони об'єкта протипожежного захисту.

Це може призвести до унеможливлення подавання ГВР за нормативно визначений проміжок часу (не більше 10 с для зріджених ГВР за ДСТУ 4466-1 (ISO 14520-1, MOD) [14]) і, як наслідок, неможливості створення проектної вогнегасної концентрації для впевненого пожежогасіння.

В процесі попереднього аналізування зазначеної нормативно-методичної бази встановлено, що залежність (2) справедлива лише для елементів мережі СГП із величиною еквівалентної шорсткості матеріалу $\Delta_e = 2 \cdot 10^{-4}$ м (нові сталеві труби за [15, 16]). Водночас, у джерелах [15, 16] подано значення еквівалентної шорсткості різних матеріалів трубопроводів залежно від їх технології виготовлення та технічного стану (див. таблицю 1).

Таблиця 1

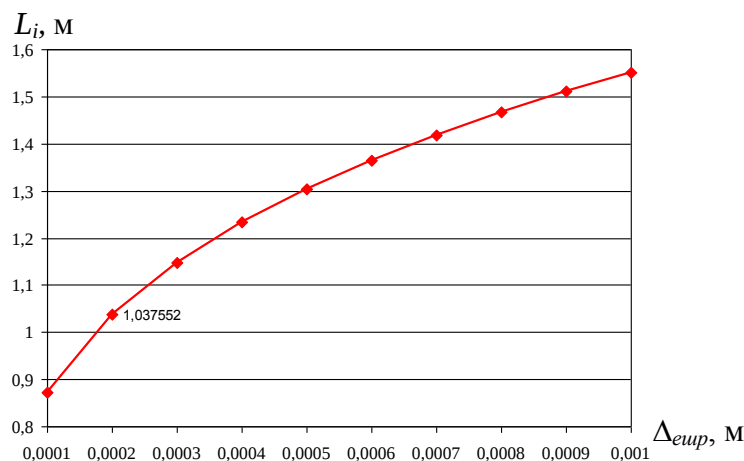
Матеріал труби	Еквівалентна шорсткість, Δ_e , м
Труби безшовні з латуні, міді	$0,0 \dots 2 \cdot 10^{-6}$
Мідні труби	$1 \cdot 10^{-5}$
Латунні труби	$2 \cdot 10^{-5}$
Труби сталеві безшовні оцинковані	$6 \cdot 10^{-5} \dots 2 \cdot 10^{-4}$
Труби зварні	$1 \cdot 10^{-4} \dots 5 \cdot 10^{-4}$
Сталеві труби старі	$8 \cdot 10^{-4} \dots 1 \cdot 10^{-3}$

Таким чином, результати розрахунків за існуючими методиками будуть або занадто занижені, що може призвести до збільшення витрат на комплектування СГП, або занадто завищені, що може призвести до погіршення технічних характеристик СГП.

Тому зроблено висновок щодо необхідності введення поправочного коефіцієнту (Π_k), застосування якого дасть змогу визначати з більшою достовірністю еквівалентну довжину компонентів СГП та трубопроводів із будь-якою шорсткістю:

$$L_i = \frac{(\zeta \cdot D_i^{1,25})}{(0,11 \cdot \Delta_e^{0,25})} \cdot \Pi_k. \quad (4)$$

Динаміку зміни величини еквівалентної довжини трійника з урахуванням, прийнятого для попередніх теоретичних розрахунків поправочного коефіцієнта Π_k , обчислену за (4), наведено на рисунку 2.



Примітка. ζ - 1,3 за [11]; $D_i = 0,026$ м

Рисунок 2 – Динаміка зміни величини еквівалентної довжини трійника (L_i) залежно від величини реальної еквівалентної шорсткості ($\Delta_{eур}$) – за залежністю (4)

Базуючись на вищенаведених допущеннях та, з урахуванням ДСТУ 4466-1 [14], ДСТУ 4466-8 [3], ДСТУ 4466-9 [4], ДБН В.2.5-13 [5], ВСН 21-02 [8] і джерел [11, 12], було виконано (із використанням Microsoft Office Excel) попередні розрахунки СГП.

Вихідними даними для розрахунків відповідно до ДСТУ 4466-1 [14] було обрано:

- | | |
|---|---|
| 1) Приміщення: | 2) Вогнегасна речовина (ГВР): |
| а) серверна (електрообладнання під напругою); | а) HFC 125 за ДСТУ 4466-8 [3] або HFC 227ea за ДСТУ 4466-9 [4]; |
| б) об'єм – 50 м ³ ; | б) мінімальна нормативна вогнегасна концентрація для: |
| в) загальна площа нещільностей – 0,5 м ² ; | - HFC 125: 11,5 % (об.) за ДСТУ 4466-8 [3]; |
| г) висота над рівнем моря – 200 м. | - HFC 227ea: 8,5 % (об.) за ДСТУ 4466-9 [4]. |
| 3) Нормативна тривалість подавання ГВР за ДСТУ 4466-1 [14]: не більше 10 с. | 4) Температура експлуатування (розрахункова): 20 °С. |

Основні результати розрахунків наведено у таблиці 2.

Таблиця 2 – Основні результати розрахунків СГП ($\Delta_e = 2 \cdot 10^{-4}$ м)

Найменування параметра	Методика визначення	Вогнегасна речовина	
		HFC 125 за ДСТУ 4466-8 [3]	HFC 227ea за ДСТУ 4466-9 [4]
1. Маса ГВР, кг ¹⁾	ДСТУ 4466-1 [14], ДСТУ 4466-8 [3], ДСТУ 4466-9 [4]	33,0645	33,8642
2. Кількість/об'єм резервуарів для зберігання ГВР, шт./м ³		1/0,04	
3. Кількість насадків/Σ площа прохідного перерізу, шт./м ²	ВСН 21-02 [8], [11, 12]	4/0,000532	4/0,000486
4. Еквівалентна довжина магістрального трубопроводу, м ²⁾		5,519	
5. Тривалість подавання ГВР, с		4,16	4,11
6. Тиск перед насадками (Н ₁ /Н ₂), МПа	ВСН 21-02 [8], [11]	1,54/1,70	1,40/1,45
¹⁾ Для спрощення розрахунків додаткову масу ГВР, що необхідна для компенсації витоків крізь нещільності захищуваного приміщення, не враховано.			
²⁾ Відповідно до обраної схеми трубопровідної мережі (симетрична, кількість рядків – 2, кількість насадків в рядку – 2).			

В таблиці 3 наведено результати моделювання «старіння» трубопровідної мережі: застосовані різні значення еквівалентної шорсткості, що відповідають старим сталевим трубам (див. таблицю 1).

Таблиця 3 – Основні результати розрахунків СГП у разі моделювання «старіння» мережі (з використанням поправочного коефіцієнту (P_k))

Найменування параметра	Методика визначення	Вогнегасна речовина	
		HFC 125 за ДСТУ 4466-8 [3] ($\Delta_{eup} = 8 \cdot 10^{-4}$ м)	HFC 227ea за ДСТУ 4466-9 [4] ($\Delta_{eup} = 4 \cdot 10^{-3}$ м)
1. Маса ГВР, кг ¹⁾	ДСТУ 4466-1 [14], ДСТУ 4466-8 [3], ДСТУ 4466-9 [4]	33,0645	33,8642
2. Кількість/об'єм резервуарів для зберігання ГВР, шт./м ³		1/0,04	
3. Кількість насадків/Σ площа прохідного перерізу, шт./м ²	ВСН 21-02 [8], [11, 12]	4/0,000532	4/0,000486
4. Еквівалентна довжина магістрального трубопроводу, м ²⁾		7,080³⁾	8,948
5. Тривалість подавання ГВР, с		5,20	6,19
6. Тиск перед насадками (Н ₁ /Н ₂), МПа	ВСН 21-02 [8], [11]	0,76/0,94	0,96/1,01
¹⁾ Для спрощення розрахунків додаткову масу ГВР, що необхідна для компенсації витоків крізь нещільності захищуваного приміщення, не враховано.			
²⁾ Відповідно до обраної схеми трубопровідної мережі (симетрична, кількість рядків – 2, кількість насадків в рядку – 2).			
³⁾ Курсивом виділено параметри СГП, що змінилися (див. таблицю 2).			

Дані таблиці 3 щодо збільшення тривалості подавання ГВР (до 50 %) та зменшення величини тиску ГВР перед насадками до значень нижче ніж 1,0 МПа підтверджують наявність негативного впливу збільшення величини еквівалентної шорсткості трубопроводів. Це може призвести до унеможливлення ефективного пожежогасіння із застосуванням такої СГП.

Тобто, СГП із характеристиками згідно з таблицею 3 потребує реконструкції, яку можна виконати кількома шляхами: заміною всієї трубопровідної мережі або перепроєктуванням. Однак, у разі застосування трубопровідних мереж із складним монтажним профілем та з великим ступенем розгалуженості їх фізична заміна може виявитися технологічно та економічно недоцільною.

В зв'язку з цим, також були виконані розрахунки щодо перепроєктування СГП:

- для HFC 125 за ДСТУ 4466-8 [3] – шляхом заміни насадків;
- для HFC 227ea за ДСТУ 4466-9 [4] – шляхом збільшення робочого тиску газу-витискувача.

Ще одним шляхом у разі перепроєктування СГП є заміна виду ГВР (у цій роботі не розглядається).

Основні результати розрахунків СГП у разі її перепроєктування наведено у таблиці 4.

Таблиця 4 – Основні результати розрахунків СГП у разі її перепроєктування (з використанням поправочного коефіцієнту (Π_K))

Найменування параметра	Методика визначення	Вогнегасна речовина	
		HFC 125 за ДСТУ 4466-8 [3] ($\Delta_{\text{сшр}} = 8 \cdot 10^{-4}$ м)	HFC 227ea за ДСТУ 4466-9 [4] ($\Delta_{\text{сшр}} = 4 \cdot 10^{-3}$ м)
1. Маса ГВР, кг ¹⁾	ДСТУ 4466-1 [14], ДСТУ 4466-8 [3], ДСТУ 4466-9 [4]	33,0645	33,8642
2. Кількість/об'єм резервуарів для зберігання ГВР, шт./м ³		1/0,04	
3. Кількість насадків/Σ площа прохідного перерізу, шт./м ²	ВСН 21-02 [8], [11, 12]	4/0,000486 ²⁾	4/0,000486
4. Еквівалентна довжина магістрального трубопроводу, м ³⁾		7,080	8,948
5. Тривалість подавання ГВР, с		4,70	5,03
6. Тиск перед насадками (H ₁ /H ₂), МПа	ВСН 21-02 [8], [11]	1,42/1,59	1,36/1,44
¹⁾ Для спрощення розрахунків додаткову масу ГВР, що необхідна для компенсації витоків крізь нещільності захищаного приміщення, не враховано. ²⁾ Курсивом виділено відкориговані (див. таблицю 3) параметри СГП. ³⁾ Відповідно до обраної схеми трубопровідної мережі (симетрична, кількість рядків – 2, кількість насадків в рядку – 2).			

Отримані дані (див. таблицю 4) підтверджують теоретичну можливість створення умов до подальшого використання трубопровідної мережі із погіршеними щодо шорсткості її внутрішніх поверхонь характеристиками у разі внесення порівняно незначних змін до проекту протипожежного захисту (заміна насадків, збільшення робочого тиску газу-витискувача).

Водночас, треба зазначити, що вищенаведені розрахунки проводились не з метою отримання остаточних кількісних параметрів СГП, а в першу чергу, для ілюстрування залежностей:

«Тривалість подавання ГВР» ← «Еквівалентна шорсткість» → «Тиск перед насадками».

Таким чином, за результатами теоретичних досліджень можна зробити висновок про необхідність застосування поправочного коефіцієнта (Π_K) під час розрахунків еквівалентних довжин (L_i) елементів мережі СГП та про неможливість безпосереднього прямого застосування методики розрахунку за ДБН В.2.5-13 [5] або запровадження, наприклад: ВСН 21-02 [8], без проведення НДР.

В рамках НДР доцільно провести теоретичні та експериментальні дослідження за такими напрямками:

- визначення структури та обсягів «Методики розрахунку СГП із використанням ГВР: НФС 125 за ДСТУ 4466-8 [3] та НФС 227еа за ДСТУ 4466-9 [4]»;
- визначення (уточнення) величини (P_k);
- визначення критеріїв (стосовно еквівалентної шорсткості) граничного стану трубопровідної мережі СГП щодо необхідності у безумовному перепроєктуванні існуючих СГП або її заміні;
- розроблення «Методики розрахунку СГП із використанням ГВР: НФС 125 за ДСТУ 4466-8 [3] та НФС 227еа за ДСТУ 4466-9 [4]»;

На першому етапі виконання НДР необхідно провести додаткові теоретичні дослідження та розробити (з урахуванням вимог ДСТУ 4466-1 [14], ДСТУ 4466-8 [3], ДСТУ 4466-9 [4], ДБН В.2.5-13 [5], ВСН 21-02 [8] та джерел [11, 12]) основні вимоги до структури та обсягів «Методики...».

На сьогоднішній день, з урахуванням інформації, отриманої з проаналізованих нормативно-технічних джерел та в результаті консультацій з провідними фахівцями, до складу «Методики...» вважається за можливе ввести в першу чергу такі розділи:

1. Вихідні дані для розрахунків (з урахуванням ДСТУ 4466-1 [14]).
2. Визначення загальної кількості ГВР, необхідної для пожежогасіння об'ємним способом (відповідно до ДСТУ 4466-1 [14] з урахуванням ДСТУ 4466-8 [3], ДСТУ 4466-9 [4]).
3. Гідравлічний розрахунок трубопровідної мережі (з урахуванням ВСН 21-02 [8] та [11, 12]).
4. Методика розрахунку площі отворів для скидання надлишкового тиску (з урахуванням ВСН 21-02 [8], НПБ 88 [9]).
5. Методика розрахунку тривалості відновлення концентрації кисню в захищуваному приміщенні (з урахуванням ВСН 21-02 [8]).

Додатки (планується навести приклади розрахунків найбільш типових СГП).

В процесі подальших досліджень можливе коригування цього переліку.

Другий етап НДР має включати в себе експериментальні дослідження з визначення величини еквівалентної довжини окремих компонентів СГП та ділянок трубопроводів із різною шорсткістю.

Для цього необхідно розробити, виготовити, налагодити та метрологічно атестувати стенд для експериментальних досліджень, основні вимоги до якого викладено у ДСТУ 4095 [17], а також розробити «Програму та методику експериментальних досліджень (ПМ-1)», яка буде визначати порядок та процедуру випробувань, види та кількість випробних зразків компонентів СГП (не менше п'яти кожного виду) і елементів трубопровідної мережі (не менше п'яти для кожного елемента з однаковою шорсткістю).

Як випробні зразки планується використовувати основні компоненти СГП (модулі, розподільчі пристрої тощо), прямі ділянки трубопроводів та основні види фітінгів.

З метою визначення впливу факторів зовнішнього середовища (кліматичних чинників, факторів техногенного характеру) на величину шорсткості внутрішніх поверхонь випробних зразків випробування необхідно проводити як на нових компонентах СГП та елементах трубопровідної мережі, так і на таких, які перебували в експлуатації протягом певного часу. Такий підхід дасть змогу експериментально визначити:

- величину поправочного коефіцієнту P_k ;

- основні критерії (щодо величини еквівалентної шорсткості) необхідності у безумовному перепроєктуванні існуючих СГП або заміні їх трубопровідної мережі.

На третьому етапі НДР мають бути виконані експериментальні дослідження з перевірки правильності запропонованого «Методикою...» порядку розрахунку СГП (з урахуванням даних, отриманих на попередньому етапі) шляхом проведення вогневих випробувань з гасіння вогнищ пожежі класу В (наприклад, н-гептану) та класу А (наприклад, деревини).

Для цього необхідно розробити, виготовити, налагодити та метрологічно атестувати стенд для експериментальних досліджень, який почергово може імітувати декілька умовно замкнених приміщень з різними об'ємами, і «Програму та методику експериментальних досліджень (ПМ-2)», яка буде визначати порядок та процедуру випробувань, види та кількість випробних зразків компонентів СГП.

З урахуванням вимог ДСТУ 4466-1 [14], для підтвердження правильності положень «Методики...», всього необхідно випробувати не менше п'яти різних конфігурацій СГП (для кожної ГВР) стосовно величини захищуваного об'єму та пожежного навантаження.

Після апробації «Методики...» на практиці, на її базі може бути розроблений нормативний документ (виду ДСТУ або ДБН) з подальшим використанням його як вихідних вимог до створення програмного продукту, який, відповідно до ДСТУ 4466-1 [14] може бути сертифікований із застосуванням методичної та випробувальної бази, створеної в рамках виконання цієї НДР.

Використання результатів НДР дасть змогу підвищити рівень пожежної, техногенної та екологічної безпеки об'єктів завдяки:

- встановленню однотипних вимог до проектування СГП із використанням вищезазначених ГВР;
- можливості, відповідно до ДСТУ 4466-1 [14], варіювання величиною робочого тиску газувитискувача в бік його зменшення в зв'язку з більш точним та достовірним гідравлічним розрахунком трубопровідних мереж;
- регламентуванню науково обґрунтованими та підтвердженими результатами експериментальних досліджень критеріїв (щодо величини еквівалентної шорсткості) необхідності в безумовному відновленні працездатного стану СГП, що знаходяться в експлуатації;
- можливості створення програмного продукту щодо розрахунку СГП, застосування якого дасть змогу, відповідно до ДСТУ 4466-1 [14], звести до мінімуму кількість випробувань з випуском ГВР (в тому числі – на об'єкті протипожежного захисту).

Також, доцільне проведення ще однієї НДР, в рамках якої необхідне розробити або вибрати з можливих наявних експрес-методик штучного старіння внутрішніх поверхонь елементів трубопровідної мережі. Результати цієї НДР дадуть змогу експериментально визначити часові критерії (тривалість експлуатації за певних умов) необхідності у безумовному перепроєктуванні існуючих СГП або заміні їх трубопровідної мережі.

Іншим прикладом неврегульованості технологічних питань щодо обслуговування СГП є відсутність нормативних даних щодо особливостей спорядження резервуарів для зберігання ГВР га-

зом-витискувачем (азотом, в тому числі – азотом, отриманим за різними технологіями розділення повітря) у разі використання HFC 125 ДСТУ 4466-8 [3] та HFC 227ea за ДСТУ 4466-9 [4].

На теперішній час в Україні загальні вимоги до технічного обслуговування таких СГП регламентуються ДБН В.2.5-56 [14] та комплексом стандартів ДСТУ 4466 (ISO 14520, MOD) [2].

В Російській Федерації ці вимоги регламентовано, наприклад, РД 009-01 [18] та РД 009-02 [19].

Водночас, у зазначених та ряді інших нормативних документів розглядаються лише загальні питання, тому виробники компонентної бази СГП, монтажні та обслуговуючі організації стикаються з певними технологічними труднощами.

Так, наприклад, ДСТУ 4466-8 [3] та ДСТУ 4466-9 [4] регламентують лише кінцеву величину рівноважного значення робочого тиску газу-витискувачу (азоту) та не наводять інформації щодо його розчинності в цих ГВР.

Тому, під час спорядження модулів ГВР та газом-витискувачем, останній заряджається із «запасом», величина якого може коливатися у порівняно значному діапазоні. У разі застосування балонів високого тиску, наприклад – за ГОСТ 949 [20] ($P_{\text{роб}} = 15,0$ МПа), це збільшення (більше ніж 4,5 МПа) суттєво не впливає на безпеку стосовно можливості перевищення допустимого значення робочого тиску посудини, визначеного вимогами НПАОП 0.00-1.59 [21].

Однак, у разі застосування балонів, розрахованих на нижчий робочий тиск, виникає ряд небезпечних факторів: тимчасове перевищення початкового тиску азоту над $P_{\text{роб}}$ балону може призвести до спрацювання його запобіжних пристроїв (екологічна складова) або навіть до руйнування самого балону (техногенна складова) із створенням загрози ушкодження обслуговуючого персоналу та технологічного обладнання за рахунок ураження уламками виробу та струменем ГВР і газу-витискувача під високим тиском.

Крім того, відсутність повноцінної інформації щодо залежностей:

$$\begin{array}{c} \text{«Тиск»} \leftrightarrow \text{«Розчинність азоту»} \leftrightarrow \text{«Температура»} \\ \downarrow \\ \text{«Тривалість процесу»,} \end{array}$$

для конкретних ГВР змушує виконувати «селективне» спорядження кожного модуля СГП залежно від його об'єму та щільності завантаження ГВР. Все це призводить до збільшення тривалості операцій, інколи – необхідності виконувати зазначені операції декілька разів, та, як наслідок, до вимушеного збільшення вартості робіт, в тому числі під час технічного обслуговування.

На офіційних сайтах ряду проектних організацій Російської Федерації, наприклад: [22], містяться методики розрахунку параметрів СГП, в яких є лише уривкова інформація щодо розчинності азоту в деяких конкретних ГВР або її визначення прив'язується лише до нормальних кліматичних умов. При цьому, ці дані стосуються лише азоту із вмістом основної речовини більше ніж 99,6 % (об.), тобто не поширюються на азот із вмістом основної речовини в інтервалі від 99,5 % (об.) до 95 % (об.).

Тому, базуючись на вже відомих теоретичних та експериментальних даних щодо розчинності азоту в HFC 125 за ДСТУ 4466 [3] та HFC за ДСТУ 4466-9 [4], в першу чергу необхідно провести експериментальні дослідження з визначення вищенаведених залежностей для азоту із вмістом

основної речовини більше ніж 99,6 % (об.), як такого, що більш вивчений, в широкому температурному діапазоні.

На першому етапі виконання НДР необхідно провести теоретичні дослідження з узагальнення та опрацювання відомих даних щодо розчинності азоту в HFC 125 за ДСТУ 4466-8 [3] і HFC 227ea за ДСТУ 4466-9 [4] та розробити «Програму та методику експериментальних досліджень», яка буде визначати порядок і процедуру випробувань, види та кількість випробних зразків модулів СГП.

Другий етап НДР має включати в себе експериментальні дослідження з визначення вищезазначених залежностей в температурному діапазоні експлуатації ГВР.

Для цього необхідно розробити, виготовити, налагодити та метрологічно атестувати стенд для експериментальних досліджень.

З метою отримання більш достовірних результатів досліджень в якості випробних зразків вважається за доцільне використовувати модулі СГП різного внутрішнього об'єму.

В результаті експериментальних досліджень планується отримати залежності щодо розчинності азоту для кожної досліджуваної ГВР, вихідні вимоги до технології спорядження та обладнання для нього, які, з метою апробації на практиці, на першому етапі можливо оформити у вигляді «Рекомендацій...».

Використання результатів НДР дасть змогу підвищити рівень пожежної, техногенної та екологічної безпеки завдяки:

- регламентуванню науково обґрунтованими та, підтвердженими результатами експериментальних досліджень, залежностей, пов'язаних із розчинністю азоту в температурному діапазоні експлуатації досліджуваних ГВР;
- встановленню безпечних умов спорядження СГП із використанням ГВР групи хладонів та вимог до технологічного обладнання для цього.

Результати цієї НДР дадуть змогу провести подальші дослідження та інтерполювати отримані залежності щодо розчинності азоту в зазначених ГВР залежно від вмісту основної речовини: введенням, наприклад, коефіцієнту кореляції.

Використання азоту, отриманого, наприклад, за допомогою пересувних або стаціонарних установок мембранного розділення повітря, як газу-витискувача призведе до оптимізації процесу та зменшення вартості технічного обслуговування СГП, які розташовано у місцевостях з відсутністю налагодженого виробництва азоту кріогенним способом.

В подальшому, вважається за доцільне, в розвиток положень ДБН В.2.5-56 [6] та комплексу стандартів ДСТУ 4466 (ISO 14520, MOD) [2], розробити національний стандарт щодо технічного обслуговування компонентів СГП в цілому, в якому, в тому числі, будуть конкретизовані вимоги до спорядження ГВР та газом-витискувачем модулів СГП, а також критичних діапазонів тривалості експлуатування СГП за певних несприятливих умов.

Результати досліджень, отримані під час комплексного виконання НДР, запропонованих в цій роботі, дадуть змогу створити ряд нормативних документів, якими буде встановлено однотипні науково обґрунтовані вимоги до СГП із використанням HFC 125 за ДСТУ 4466-8 [3] та HFC 227ea за ДСТУ 4466-9 [4] під час:

- проектування (в тому числі гідравлічного розрахунку їх трубопровідних мереж);
- спорядження ГВР та газом-витискувачем;
- технічного обслуговування в процесі експлуатування.

Також, вважається за можливе застосування отриманих результатів досліджень під час введення майбутніх НДР (з урахуванням закордонного досвіду, наприклад: [22, 23]) шляхом встановлення вимог до СГП із використанням інших ГВР (діоксид вуглецю, азот, в тому числі азот, отриманий за мембранними технологіями розділення повітря, інерген, регеновані галони тощо).

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. ДСТУ 1.7:2001 Національна стандартизація. Правила і методи прийняття та застосування міжнародних і регіональних стандартів (ISO/IEC Guide 21:1999, NEQ).
2. ДСТУ 4466 Системи газового пожежогасіння. Проектування, монтаж, випробування, технічне обслуговування та безпека (ISO 14520, MOD).
3. ДСТУ 4466-8:2008 Системи газового пожежогасіння. Проектування, монтаж, випробування, технічне обслуговування та безпека. Частина 8: Вогнегасна речовина HFC 125 (ISO 14520-8:2006, MOD).
4. ДСТУ 4466-9:2008 Системи газового пожежогасіння. Проектування, монтаж, випробування, технічне обслуговування та безпека. Частина 9: Вогнегасна речовина HFC 227ea (ISO 14520-9:2006, MOD).
5. ДБН В.2.5-13-98 Інженерне обладнання будинків і споруд. Пожежна автоматика будинків і споруд (не чинний).
6. ДБН В.2.5-56-2010 Інженерне обладнання будинків і споруд. Системи протипожежного захисту.
7. СП 5.13130.2009 Системы противопожарной защиты. Установки пожарной сигнализации и пожаротушения автоматические. Нормы и правила проектирования.
8. ВСН 21-02-01 Установки газового пожаротушения автоматические объектов вооруженных сил Российской Федерации. Нормы и правила проектирования.
9. НПБ 88-2001* Установки пожаротушения и сигнализации. Нормы и правила проектирования (РФ).
10. НПБ 26-2000 Установки газового пожаротушения автоматические. Нормы и правила проектирования и применения (Республіка Беларусь).
11. Методика гидравлического расчета трубопроводов установок газового пожаротушения с применением модулей, изготавливаемых «ОАО Приборный завод «Тензор». ФГУ ВНИИПО МЧС России. 2006.
12. Методика гидравлического расчета трубопроводов установок газового пожаротушения. ПАС 725.00.000. РР. ФГУ ВНИИПО МЧС России. 2009.
13. Проведення моніторингу використання галонів у сфері пожежної безпеки. Звіт (заключений). УкрНДПБ МНС України. Керівник Пономарьов С.В.; К., 2011. - 149 с.
14. ДСТУ 4466-1:2008 Системи газового пожежогасіння. Проектування, монтаж, випробування, технічне обслуговування та безпека. Частина 1: Загальні вимоги (ISO 14520-1:2006, MOD).
15. <http://khd2.narod.ru/info/datahyd.htm>.
16. Юрьев А.С. Справочник по расчетам гидравлических и вентиляционных систем. СПб.: Мир и семья. 2001.
17. ДСТУ 4095:2012 Протипожежна техніка. Системи газового пожежогасіння. Модулі, комплекти модулів та батарейне обладнання. Загальні технічні умови.
18. РД 009-01-96 Система руководящих документов по пожарной автоматике. Установки пожарной автоматики. Правила технического содержания.
19. РД 009-02-96 Система руководящих документов по пожарной автоматике. Установки пожарной автоматики. Техническое обслуживание и планово-предупредительный ремонт.
20. ГОСТ 949-73 Баллоны стальные малого и среднего объема для газов на $P_r \leq 19,6$ МПа (200 кгс/см²). Технические условия.
21. НПА ОП 0.00-1.59-87 Правила устройства и безопасной эксплуатации сосудов, работающих под давлением.

22. Методика расчета времени выхода огнетушащего вещества для систем газового пожаротушения на основе сжиженных газов под давлением газа-вытеснителя (<http://taktgaz.taktprog.ru/metodika.pdf>).

23. Установки пожаротушения на основе регенерированных газовых огнетушащих веществ. Руководство по проектированию. ФГУ ВНИИПО МЧС России. Москва – 2004.