

ОБҐРУНТУВАННЯ ПРОПОЗИЦІЙ ЩОДО ВИКОРИСТАННЯ ІЗОЛЮЮЧИХ АПАРАТІВ ПІД ЧАС ЛІКВІДАЦІЇ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ З ВИКИДАМИ НЕБЕЗПЕЧНИХ ХІМІЧНИХ РЕЧОВИН

Бородич П. Ю., Дейнеко Н. В., Ковальов П. А., Стрілець В. М., Шевченко Р. І.

В роботі у якості об'єкта дослідження розглядаються технічні можливості використання засобів індивідуального захисту органів дихання. Такі засоби використовують в пожежно-рятувальних підрозділах, під час проведення аварійно-рятувальних робіт, пов'язаних з ліквідацією надзвичайних ситуацій з викидами небезпечних хімічних речовин. Показано, що одним з найбільш проблемних місць участі особового складу пожежно-рятувальних підрозділів є протиріччя між захисними властивостями засобів індивідуального захисту та небезпекою, яка може бути в осередку викиду небезпечної речовини. Це стосується особового складу пожежно-рятувальних підрозділів, які першими починають проведення відповідних аварійно-рятувальних робіт. В результаті навіть при повному виконанні існуючих нормативних вимог робота в ізолюючих апаратах може бути небезпечною для рятувальника.

В основі обраного підходу до вирішення поставленого завдання лежала оцінка можливості забезпечити такий загальний коефіцієнт захисту ізолюючого апарату в зборі з лицевою частиною, який буде перевищувати коефіцієнт токсичної небезпеки середовища. Під час дослідження використовувалось аналітичне визначення вимог до перевірки апаратів на стисненому повітрі, оснащених шолом-масками. Воно показало, що рятувальникам можна працювати в епіцентрі аварії з викидами небезпечних хімічних речовин, якщо під час перевірки герметичності за допомогою приладів при створенні перевірконого розрідження 2000 Па швидкість падіння розрідження не буде перевищувати 32 Па/хв. Проте, експериментальна перевірка отриманих теоретичних результатів дозволяє стверджувати, що в пожежно-рятувальному підрозділі не зможуть добитись виконання цієї вимоги. Підвищення перевірконого розрідження до рівня, який перевищує 1000 Па, супроводжується суттєвим збільшенням підсосу всередину системи «ізолюючий апарат – органи дихання».

Дослідним шляхом підтверджено, що потрібний захист забезпечують апарати на стисненому повітрі, оснащені легеневиими автоматами, які створюють підпір повітря в підмасочний простір. При цьому не повинно використовуватись різьбового з'єднання ізолюючого апарата з лицевою частиною. Це дозволило рекомендувати у якості базової комплектації ізолюючих апаратів використовувати апарати на стисненому повітрі,

оснащені легневими автоматами, що створюють підпір повітря в підмасочний простір.

Виключення складають підрозділи, в районі оперативного виїзду яких знаходяться об'єкти, на яких знаходиться велика кількість небезпечних хімічних речовин з коефіцієнтом токсичної небезпеки більше ніж $2,3 \cdot 10^5$. В цьому випадку вони повинні комплектуватись комплексами засобів індивідуального захисту ампулізованого типу.

Ключові слова: небезпечні хімічні речовини, ізолюючий апарат, апарат на стислому повітрі, лицьова частина.

1. Вступ

Засоби індивідуального захисту органів дихання, що стоять на озброєнні в пожежно-рятувальних підрозділах Державної служби України з надзвичайних ситуацій (далі – ДСНС України), в свій час були створенні таким чином, щоб забезпечити безпеку особового складу за найгірших умов пожежі. Це зумовило вимогу до загального коефіцієнту захисту, який повинен бути більше 5000 [1]. На сьогоднішній день у відповідності до Кодексу цивільного захисту України [2], рятувальники приймають участь не тільки в гасінні пожеж, але й в проведенні аварійно-рятувальних робіт. В тому числі у проведенні аварійно-рятувальних робіт, які пов'язані з ліквідацією надзвичайних ситуацій з викидами небезпечних хімічних речовин.

Тому актуальним є дослідження технічних можливостей використання засобів індивідуального захисту органів дихання під час проведення аварійно-рятувальних робіт, пов'язаних з ліквідацією надзвичайних ситуацій з викидами небезпечних хімічних речовин.

2. Об'єкт дослідження та його технологічний аудит

У якості об'єкта дослідження було обрано технічні можливості використання засобів індивідуального захисту органів дихання під час проведення аварійно-рятувальних робіт, пов'язаних з ліквідацією надзвичайних ситуацій з викидами небезпечних хімічних речовин.

Навіть при повному виконанні існуючих нормативних вимог робота в ізолюючих апаратах може бути небезпечною для рятувальника. Тому технологічний аудит такого об'єкту та результати відповідних досліджень на його основі сприятимуть усуненню протиріччя між захисними властивостями засобів індивідуального захисту та небезпекою, яка може бути в осередку надзвичайної ситуації.

3. Мета та задачі дослідження

Мета дослідження – визначити вимоги, які повинні бути виконані при виборі комплектації засобів індивідуального захисту органів дихання для ситуації проведення аварійно-рятувальних робіт в епіцентрі надзвичайної ситуації з викидами небезпечних хімічних речовин.

Для досягнення поставленої мети необхідно виконати такі задачі:

1. Аналітичне визначення тактико-технічних характеристик ізолюючих апаратів в зборі з лицьовою частиною.
2. Оцінка вимог до перевірки комплектації засобів індивідуального захисту органів дихання.
3. Експериментальна перевірка можливості досягнення необхідних показників.
4. Обґрунтування рекомендацій щодо вибору комплектації засобів індивідуального захисту в пожежно-рятувальному підрозділі.

4. Дослідження існуючих рішень проблеми

Проблема участі рятувальників у ліквідації надзвичайних ситуацій з викидами небезпечних хімічних речовин є перспективною. Проблема участі рятувальників у ліквідації надзвичайних ситуацій з викидами небезпечних хімічних речовин досліджується і в провідних країнах світу. Так, в США в стандарті NFPA 1500-2002 [3, 4] підкреслено, що Федеральне агентство з управління в надзвичайних ситуаціях відповідає за підготовку пожежно-рятувальних підрозділів до локалізації та ліквідації всіх надзвичайних ситуацій. Виходячи з цього, відповідно до загальних вимог OSHA [5], організаційно-штатна структура пожежної бригади визначається не тільки вимогами 29 CFR 1910.156 [6], але і вимогами стандарту щодо захисту органів дихання OSHA 1910.134 [7].

Стандарти NFPA 1001 [8] і WAC 296-305-05109 [9] обґрунтовують мінімальні вимоги до роботи в засобах індивідуального захисту, специфічних для можливих умов проведення аварійно-рятувальних робіт. Ці умови узагальнені в стандарті NFPA 1991 [10], де засоби індивідуального захисту рятувальників діляться на чотири рівні. При цьому ізолюючі костюми рівня А забезпечують захист від прямого впливу небезпечної речовини. Характерною особливістю костюмів такого типу є те, що ізолюючий апарат знаходиться в підкостюмному просторі, де створюється надлишковий тиск. Для костюмів рівня В останній ефект місця не має, навіть якщо ізолюючий апарат і знаходиться всередині костюму. При цьому рятувальники в підрозділах повинні не тільки вміти працювати в засобах захисту, а й з урахуванням обмежень в питаннях їх використання проводити відповідне технічне обслуговування [11, 12]. Крім цього, в [13] відмічена необхідність перевірки ізолюючого апарату на можливість його використання поверх ізолюючого костюму (рівень В) під час роботи в умовах застосування бойових отруйних речовин. Проте конкретні показники та відповідні методи перевірки ізолюючого апарату не наведені.

Аналогічна ситуація має місце і в Європі, де захисний одяг ділиться на шість типів. Аналіз стандартів PrEN 943 [14] і PrEN 1511 [15] показує, що вони досить сильно корелюють з рівнями, які використовуються в США. Проте, конкретні кількісні показники в них також не наведено. Наприклад, у Великій Британії структура пожежно-рятувальних служб визначається з урахуванням пожежної небезпеки конкретного району [16] та усіх можливих загроз, в тому числі пов'язаних з хімічними небезпеками [17].

В той же час, в останніх дослідженнях питань, пов'язаних із забезпеченням герметичності ізолюючих апаратів, приймають, що вони повинні забезпечити безпеку за найгірших умов, які можуть бути під час пожежі. Виходячи з цього розглядають зміну захищеності газодимозахисника в залежності від типу лицевої частини ізолюючого апарату [18], або наскільки збільшуються короткочасові підсоси всередину ізолюючого апарату в залежності від важкості роботи [19]. Інколи розглядають наскільки змінюється захищеність газодимозахисників в залежності від характеристик обличчя (в [20] відмічено, що підсоси всередину апарату змінюються при наявності вусів або бороди). В основу покладено перевірку герметичності в газових камерах з порівнянням методів перевірки [21]. При цьому коефіцієнт токсичної небезпеки приймається фактично однаковим (кількісно таким, що відповідає найгіршим умовам пожежі), у відповідності до якого міняється концентрація контрольної речовини. Крім цього, проводяться дослідження підвищення опору захисних матеріалів по відношенню до небезпеки, у тому числі щодо зменшення токсичного впливу іонізуючих випромінювань [22]. Також проводяться дослідження зміни мінімальних витоків з під лицевої частини через герметичні ущільнення під час роботи [23].

В Україні порядок вибору засобів захисту для проведення аварійно-рятувальних робіт при ліквідації надзвичайних ситуацій з викидами небезпечних хімічних речовин регламентований в [24]. Однак в ньому навіть для роботи в комплексі засобів індивідуального захисту першого типу не уточнюються особливості вибору ізолюючого апарату в залежності від його розміщення (всередині або зовні костюма). При цьому в [25] показано, що при використанні сертифікованого ізолюючого костюма і будь-якого ізолюючого апарату, що знаходиться всередині захисного одягу, забезпечує рівень захисту, який дозволяє працювати в епіцентрі надзвичайної ситуації з викидом хлору ($K_{TH}(Cl_2) = 3,6 \cdot 10^6$).

Особливості роботи в ізолюючих апаратах стосовно аварії на станції нейтралізації компонентів ракетного палива, коли коефіцієнт токсичної небезпеки в епіцентрі надзвичайної ситуації може досягти $3,85 \cdot 10^5$, розглядалися в [26]. Було показано, що в цьому випадку доцільно застосовувати апарати на стисненому повітрі (АСП), проте можливі підсоси всередину лицевої частини не розглядалися. Як не розглядалися і в [27], де запропоновано методику вибору лицевої частини і показано, що при виконанні вимог [28] коефіцієнт захисту регенеративного дихального апарату $K_3(PДА) = 2,95 \cdot 10^4$, а апарату на стисненому повітрі – $K_3(АСП) = 4,93 \cdot 10^5$.

Таким чином, для обґрунтування пропозицій щодо використання ізолюючих апаратів при ліквідації надзвичайних ситуацій з викидами небезпечних хімічних речовин треба оцінити необхідну герметичність ізолюючого апарату в зборі з лицевою частиною.

5.1. Аналітичне визначення тактико-технічних характеристик ізолюючих апаратів в зборі з лицьовими частинами

В основі вирішення поставленого завдання лежить забезпечення такого загального коефіцієнта захисту ізолюючого апарату (ІА) в зборі з лицьовою частиною (ЛЧ), який буде перевищувати коефіцієнт токсичної небезпеки середовища.

При цьому необхідно враховувати, що в разі проведення аварійно-рятувальних робіт з ліквідації надзвичайної ситуації (НС) з викидами небезпечних хімічних речовин (НХР) не можна використовувати мундштучне пристосування із загубником і носовим затискачем. Оскільки в цьому випадку залишаються відкритими обличчя та очі рятувальника. Тобто, необхідно аналізувати ЛЧ у вигляді маски (М), шолом-маски (ШМ) і маски з надлишковим тиском в підмасочному просторі (МНТ) з відповідними [29] коефіцієнтами захисту $K_{32}(M) \geq 10^4$, $K_{32}(ШМ) \geq 10^6$ та $K_{32}(МНТ) \geq 10^7$.

Отримані результати дозволяють оцінити, враховуючи [28, 30], нормативні захисні властивості ізолюючого костюму (ІК), загальний коефіцієнт захисту ІА в зборі з ЛЧ в разі оснащення РДА шолом-маскою:

$$K_3(РДА, ШМ) = \frac{K_{31}(РДА) \cdot K_{32}(ШМ)}{K_{31}(РДА) + K_{32}(ШМ)} \geq 2,9 \cdot 10^4 < K_3(ІК) \geq 7 \cdot 10^4. \quad (1)$$

Видно, що при роботі в РДА в першу чергу необхідно орієнтуватися на його захисні властивості. Аналогічні розрахунки для АСП (табл. 1) свідчать про те, що під час використання АСП в зборі з ШМ поверх ІК саме властивості захисного одягу визначають рівень захисної ефективності комплексу засобів індивідуального захисту.

Таблиця 1

Загальний коефіцієнт захисту апарату на стисненому повітрі

Коефіцієнт захисту	Лицьова частина		
	Маска	Маска з надлишковим тиском в підмасочному просторі	Шолом-маска
K_{31}	4,87·10 ⁵		
K_{32}	10 ⁴	10 ⁷	10 ⁶
K_3	9748	464261	327443

Аналіз результатів табл. 1 показує, що навіть при проведенні аварійно-рятувальних робіт в разі НС, пов'язаних з компонентами ракетного палива ($K_{ТН(100\% NO_2)} = 3,85 \cdot 10^5$), використання АСП, оснащених масками з надлишковим тиском в підмасочному просторі, повинно забезпечити безпеку рятувальників.

5.2. Оцінка вимог до перевірки герметичності за допомогою приладів у пожежно-рятувальному підрозділі

Крім цього видно, що в разі оснащення АСП шолом-маскою показник загального коефіцієнта захисту ($K_3 = 3,27 \cdot 10^5$) є досить близьким до того, що

розглядався. Отже, в разі використання шолом-масок необхідно підвищити вимоги до показників, які контролюються під час другої перевірки (перевірки герметичності за допомогою приладів [31]), оскільки в цьому випадку коефіцієнт захисту ІА повинен бути не менше ніж:

$$K_{31} \geq \frac{1}{\frac{1}{K_{TO(100\% NO_2)}} - \frac{1}{K_{32}(\text{ШМ})}} = 6,26 \cdot 10^5. \quad (2)$$

Оскільки коефіцієнт захисту ІА може розглядатися [29] як:

$$K_{31} = \frac{\omega_l}{\omega_{n1}}, \quad (3)$$

де $\omega_l \approx 40 \overline{\text{л}}^5/\text{хв}$ – показник витрати повітря при роботі в апараті на стисненому повітрі [29]; ω_{n1} – підсос всередину системи «апарат – органи дихання», л/хв.

Під час виконання другої перевірки необхідно забезпечити виконання умови $\omega_{n1} \leq 6,39 \cdot 10^5$ л/хв.

У той же час відомо [1], що:

$$\omega_{n1} = \frac{0,4 \cdot \frac{\Delta p}{\Delta t} \cdot V_p \cdot \sqrt{\frac{P_{\text{вд}}}{P_{\text{пр}}}}}{m P_a}, \quad (4)$$

де $\Delta p / \Delta t$ – швидкість падіння розрядження під час перевірки герметичності за допомогою приладів, Па/хв;

V_p – обсяг повітроподаючої системи при розрядженні, л;

$P_{\text{вд}}$ – опір ІА вдиху при відповідному навантаженні, Па;

$P_{\text{пр}}$ – розрідження в повітроподаючій системі під час перевірки, Па;

m – коефіцієнт, який враховує те, що повітроподаюча система не є жорсткою;

P_a – атмосферний тиск, Па.

Відповідно до [29] для АСП обсяг повітроподаючої системи при розрідженні не перевищує мертвого простору апарату, тобто $V_p \leq 0,2 \text{ л}$. Клапан видиху повинен спрацювати при створенні розрядження не більше 300 Па. Умова (2) при створенні, наприклад, перевірконого розрідження 2000 Па виконується в тому випадку, якщо швидкість падіння розрядження буде:

$$\frac{\Delta P}{\Delta t} \leq \frac{\omega_{nl} \cdot m \cdot P_a}{0.4 \cdot V_p \cdot \sqrt{\frac{P_{\text{вд}}}{P_{\text{нр}}}}} = \frac{6,39 \cdot 10^{-5} \cdot 0,16 \cdot 10^5}{0,4 \cdot 0,2 \cdot \sqrt{300 / 2000}} = 32 \text{ Па/хв.} \quad (5)$$

Аналіз виразу (5) показує, що експериментальну перевірку отриманих показників можна провести за допомогою обладнання, яке використовується під час другої перевірки ізолюючих апаратів (перевірки за допомогою спеціальної апаратури). В цьому випадку порядок дій буде відповідати тим, які регламентуються експлуатаційно-технічною документацією на апарат заводу-виробника [31] або нормативною документацією ДСНС [28].

5.3. Експериментальна перевірка

Відповідно до [28, 31] існуюча в підрозділах апаратура для перевірки герметичності ІА розрахована для перевірки ізолюючих апаратів, оснащених ШМ. Тому під час перевірки АСП, які були обладнані масками або масками з підпором повітря в підмасочному просторі, використовувався модернізований пристрій заводу-виробника [32] «АЕРОТЕСТ» (рис. 1).

Експериментальні дослідження проводилися наступним чином. У підмасочному просторі створювалося розрідження в діапазоні от 2000 Па до 750 Па. У кожному випадку замірявся час (хв) та величина падіння (Па) розрідження. Перед розрахунком показників, які характеризують герметичність приймалося допущення, що на початку роботи в ІА легенева вентиляція ω_l становить приблизно 20 л/хв, а під час роботи в АСП легенева вентиляція становить 40 л/хв.



Рис. 1. Модернізований «АЕРОТЕСТ»

Було відібрано по три АСПВ, які відрізнялися типом з'єднання (різьбове або штуцерне) АСП з обраною лицьовою частиною і опором вдиху (від підвищеного 600–650 Па до нормативного – менше 300 Па).

6. Результати дослідження

Отримані результати швидкості падіння розрядження $\Delta p / \Delta t$ наведені в табл. 2. За ним відповідно до (5) були розраховані показники підсосу всередину системи «АСП – органи дихання» (табл. 3) і відповідно до (3) реальні коефіцієнти захисту розглянутих АСП (табл. 4). Результати розрахунків загального коефіцієнта захисту АСП в зборі з ЛЧ наведені в табл. 5. В узагальненому вигляді отримані результати представлені на рис. 2–4.

Таблиця 2

Результати експериментальної оцінки швидкості падіння тиску $\Delta p / \Delta t$, Па/хв

P_{np} , Па	$P_{вод}$ (різьба), Па			$P_{вод}$ (штуцер), Па		
	650	300	200	600	300	200
1	2	3	4	5	6	7
2000	850	825	800	200	150	140
1500	700	700	675	150	100	90
1250	500	500	475	110	60	50
1000	400	400	380	75	35	25
750	340	340	325	50	20	15

Таблиця 3

Оцінка показника підсосу всередину апарату на стисненому повітрі, л/хв

P_{np} , Па	$P_{вод}$ (різьба), Па			$P_{вод}$ (штуцер), Па		
	650	300	200	600	300	200
1	2	3	4	5	6	7
2000	2,42E-03	1,60E-03	1,55E-03	5,70E-04	2,91E-04	2,71E-04
1500	2,30E-03	1,57E-03	1,51E-03	4,94E-04	2,24E-04	2,01E-04
1250	1,80E-03	1,23E-03	1,16E-03	3,97E-04	1,47E-04	1,23E-04
1000	1,61E-03	1,10E-03	1,04E-03	3,02E-04	9,59E-05	6,85E-05
750	1,58E-03	1,08E-03	1,03E-03	2,33E-04	6,33E-05	4,74E-05

Таблиця 4

Оцінки коефіцієнтів захисту апарату на стисненому повітрі

P_{np} , Па	$P_{вод}$ (різьба), Па			$P_{вод}$ (штуцер), Па		
	650	300	200	600	300	200
1	2	3	4	5	6	7
2000	1,65E+04	2,50E+04	2,58E+04	7,02E+04	1,38E+05	1,48E+05
1500	1,74E+04	2,56E+04	2,65E+04	8,10E+04	1,79E+05	1,99E+05
1250	2,22E+04	3,27E+04	3,44E+04	1,01E+05	2,72E+05	3,27E+05
1000	2,48E+04	3,65E+04	3,84E+04	1,32E+05	4,17E+05	5,84E+05
750	2,53E+04	3,72E+04	3,89E+04	1,72E+05	6,33E+05	8,43E+05

Таблиця 5

Оцінки загального коефіцієнта захисту апарату на стисненому повітрі в зборі з лицьовою частиною

Кз1	Маска	Шолом-маска	Маска з підпором
1	2	3	4
1,00E+05	9,09E+03	9,09E+04	9,90E+04
2,00E+05	9,52E+03	1,67E+05	1,96E+05
3,00E+05	9,68E+03	2,31E+05	2,91E+05
4,00E+05	9,76E+03	2,86E+05	3,85E+05
5,00E+05	9,80E+03	3,33E+05	4,76E+05
6,00E+05	9,84E+03	3,75E+05	5,66E+05
8,00E+05	9,88E+03	4,44E+05	7,41E+05
9,00E+05	9,89E+03	4,74E+05	8,26E+05

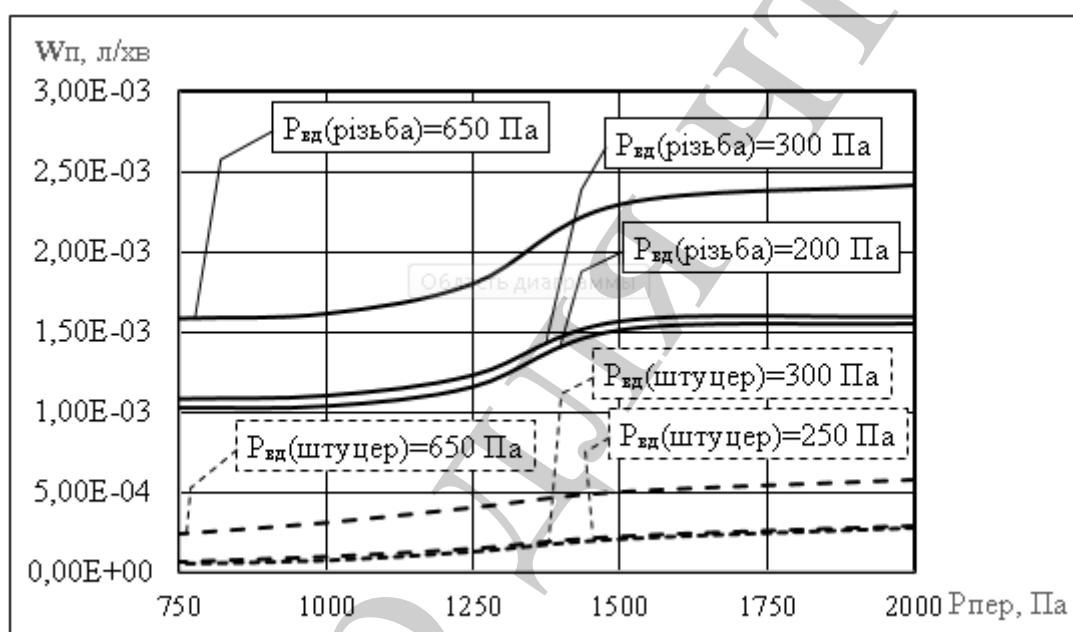


Рис. 2. Залежність підсосу всередину апарату на стисненому повітрі від перевірного тиску

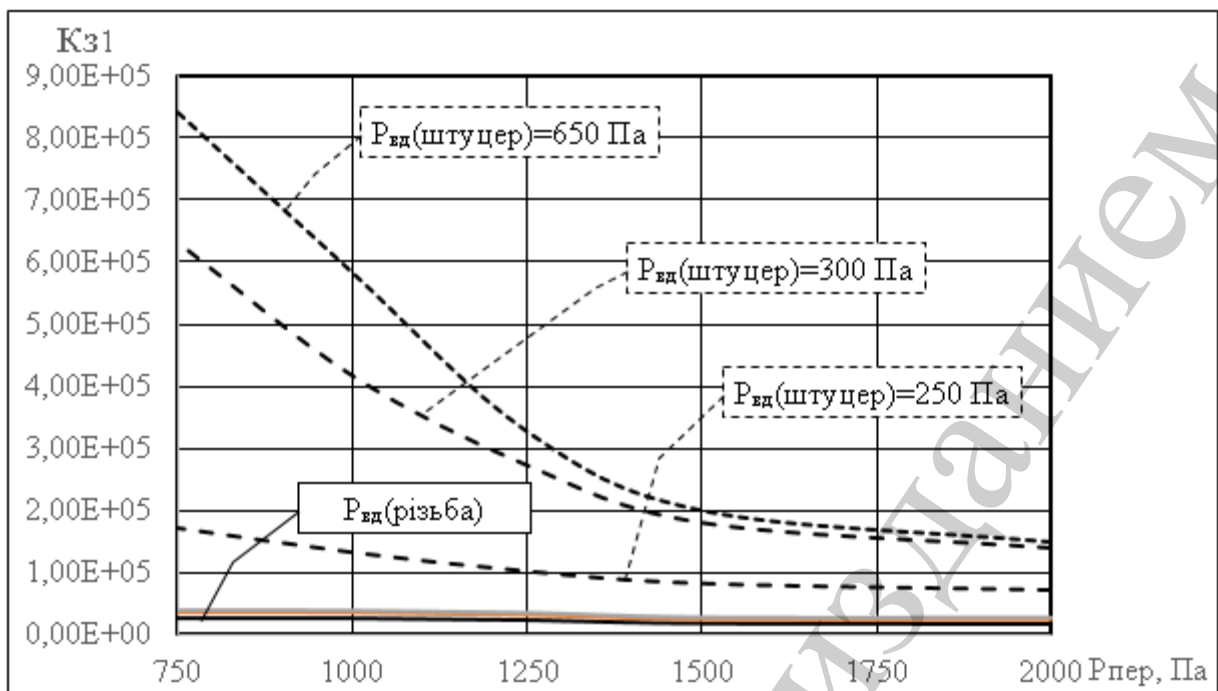


Рис. 3. Залежність коефіцієнта захисту апарату на стисненому повітрі від перевірного тиску

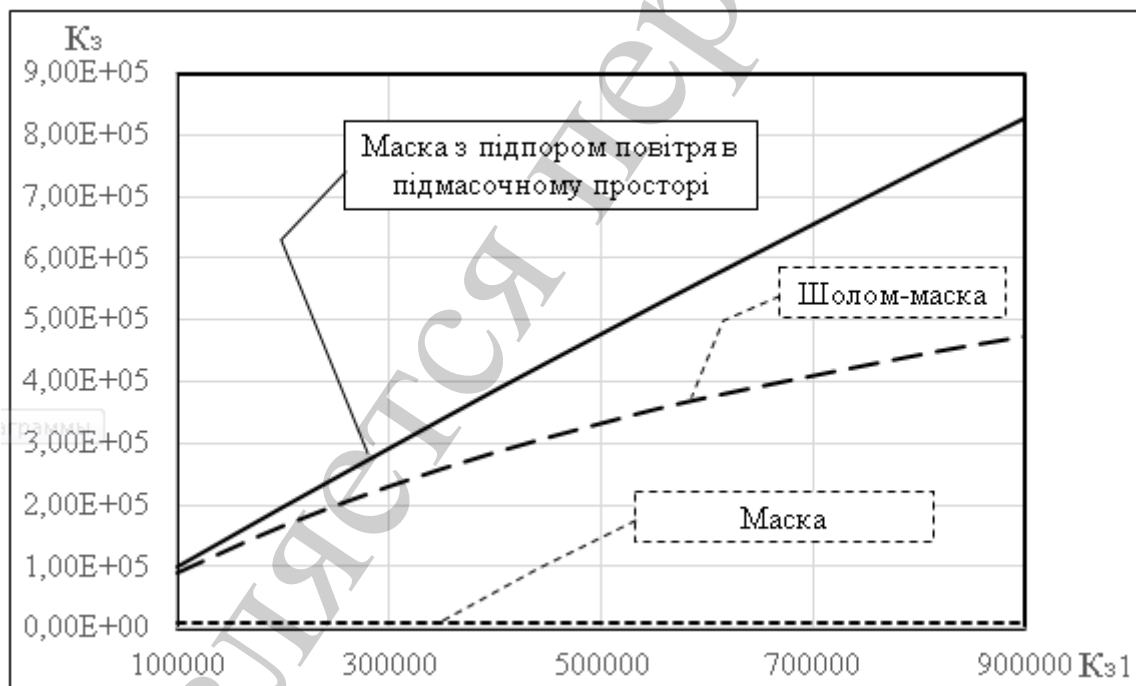


Рис. 4. Залежність загального коефіцієнта захисту від типу лицевої частини

Аналіз отриманих результатів показує, що в пожежно-рятувальному підрозділі не зможуть домогтися виконання умови (5). Оскільки підвищення перевірного тиску до рівня, який перевищує значення, наведене в експлуатаційній документації, супроводжується істотним збільшенням (табл. 2, рис. 2) підсосу всередину АСП. Крім цього визначено, що під час проведення аварійно-рятувальних робіт в осередку НС з викидами НХР не можна

використовувати ізолюючі апарати, які передбачають використання різьбового сполучення АСП з лицьовою частиною (рис. 3).

Для того, щоб рятувальники могли працювати при найгірших умовах, що пов'язані з викидами газоподібних НХР, АСП повинен бути оснащений маскою з підпором повітря в підмасочний простір, яка має штуцерне з'єднання з апаратом (рис. 4).

З огляду на високу чутливість підсосу, а відповідно і герметичність ізолюючого апарату до тиску, при якому спрацьовує легеневий автомат (рис. 2, 3), доцільно розглянути можливість апаратного зменшення цього тиску до 200 Па. Під час чищення та миття апарату необхідно звернути особливу увагу на сушку легеневого автомата. Постійного контролю вимагає відсутність прилипання клапана до сідла клапана.

7. SWOT-аналіз результатів досліджень

Strengths. Позитивна дія об'єкта дослідження на свої внутрішні чинники полягає у забезпеченні безпеки першого пожежно-рятувального підрозділу під час ліквідації надзвичайних ситуацій з викидами НХР з одночасним скороченням часу виконання типових операцій. Особовий склад використовує ізолюючі апарати, що знаходяться поверх захисного одягу, а не дуже дорогі ізолюючі костюми ампулізованого типу, які використовують спеціалізовані частини та вимагають від рятувальників додаткової спеціальної підготовки.

Weaknesses. Негативна дія об'єкта дослідження на свої внутрішні чинники полягає у неможливості використання апаратів на стисненому повітрі, що оснащені легеневидами автоматами в осередку надзвичайної ситуації з коефіцієнтом токсичної небезпеки більш ніж $2,3 \cdot 10^5$. В таких апаратах забезпечується підпір повітря в подмасочний простір, під час роботи рятувальників.

Відповідно, це вимагає від особового складу ретельного вивчення районів свого виїзду та вміння контролювати реальний стан небезпеки за допомогою існуючих контрольних приладів. Крім цього, не можна використовувати регенеративні дихальні апарати та апарати на стисненому повітрі, що мають різьбове сполучення лицьової частини з апаратом, а також вимагає уточнення нормативних вимог до порядку обслуговування засобів індивідуального захисту органів дихання.

Opportunities. Перспективи подальших досліджень полягають в порівняльній оцінці часу ліквідації надзвичайних ситуацій з викидами небезпечних речовин, які містяться на об'єктах підвищеної небезпеки Донецької та Луганської областей. Також в комплексах засобів індивідуального захисту рівня А та рівня В, коли в останніх поверх захисного костюму знаходяться апарати на стисненому повітрі, що обладнані масками з легеневидами автоматами, які забезпечують підпір повітря в підмасочний простір, або шолом-масками.

Threats. До останнього часу визначена проблема була характерною тільки для України та детально не розглядалася. В провідних країнах світу в осередку

надзвичайних ситуацій з викидами високотоксичних небезпечних речовин працюють спеціалізовані підрозділи.

8. Висновки

1. Результати аналітичного визначення характеристик ізолюючих апаратів у зборі з лицевими частинами показали, що використання регенеративних дихальних апаратів під час проведення аварійно-рятувальних робіт в осередку надзвичайної ситуації з викидами НХР можливе тільки всередині ізолюючого костюму. У випадку, коли ізолюючий апарат знаходиться поверх захисного одягу, можна працювати тільки в апаратах на стисненому повітрі. Такі апарати обладнані шолом-масками (і в цьому випадку коефіцієнт токсичної небезпеки середовища повинен бути $K_{TH} \leq 3,27 \cdot 10^5$) або масками з підпором повітря в підмасочний простір ($K_{TH} \leq 4,64 \cdot 10^5$). В останньому випадку це дозволяє проводити аварійно-рятувальні роботи в осередку однієї з найбільш небезпечних для України надзвичайної ситуації, пов'язаної з викидами компонентів ракетного палива ($K_{TH(100\% NO_2)} = 3,85 \cdot 10^5$).

2. Оцінка вимог до перевірки герметичності апаратів на стисненому повітрі, обладнаних шолом-масками, показала, що вони можуть використовуватись під час ліквідації надзвичайних ситуацій з викидами компонентів ракетного палива. В цьому випадку під час перевірки герметичності ізолюючого апарату в зборі з лицевою частиною за допомогою приладів (друга перевірка ізолюючого апарату) швидкість падіння розрідження повинна бути не більше 30 Па/хв при створенні контрольного розрідження 2000 Па.

3. Експериментальна перевірка показала, що в пожежно-рятувальному підрозділі не зможуть домогтися аналітично визначеної умови, за якої в апараті на стисненому повітрі, який обладнано шолом-маскою, можна працювати в осередку надзвичайної ситуації з викидами компонентів ракетного палива. Крім цього визначено, що при ліквідації надзвичайних ситуацій з викидами небезпечних хімічних речовин не можна використовувати ізолюючі апарати, які передбачають використання різьбового сполучення апарату з лицевою частиною.

4. В якості базової комплектації ізолюючих апаратів в пожежно-рятувальних підрозділах, які можуть бути залучені першими до локалізації надзвичайних ситуацій з викидами газоподібних НХР, доцільно використовувати апарати на стисненому повітрі. Апарати повинні бути оснащеними легневими автоматами, що забезпечують підпір повітря в подмасочний простір.

Виняток становлять підрозділи, в районі оперативного виїзду яких знаходяться об'єкти, на яких міститься велика кількість небезпечних хімічних речовин з коефіцієнтом токсичної небезпеки більш ніж $2,3 \cdot 10^5$. У цьому випадку вони повинні комплектуватися комплексами засобів індивідуального захисту ампулізованого типу.

References

1. Didenko N. S. Regenerativnye respiratory dlya gornospasatel'nykh robot. Moscow: Nedra, 1984. 296 p.
2. Kodeks tsyvilnoho zakhystu Ukrainy. Iz zminamy i dopovnenniamy, vnesenymy zakonamy Ukrainy 14.05.2013 No. 224-VII, OVU, 2013., No. 44, st. 1568. 20.06.2013. No. 353-VII (zminy, vneseni Zakonom Ukrainy 20.06.2013. No. 353-VII, vvodiatsia v diiu z 1.07.2013). URL: <http://zakon5.rada.gov.ua/laws/show/5403-17>
3. NFPA 1500 Standard on Fire Department Occupational Safety and Health Program. 2002 Edition. URL: <http://www.fsans.ns.ca/pdf/research/nfpa1500.pdf>
4. Subburajah J. OSHA's Interpretation for Fire Emergency Planning. 2015. URL: <https://www.linkedin.com/pulse/oshas-interpretation-fire-emergency-planning-subburajah-j>
5. Occupational Safety and Health Administration URL: <https://www.osha.gov/about.html>
6. 29 CFR 1910/156. Fire brigades. General requirements. URL: https://www.osha.gov/pls/oshaweb/owalink.query_links?src_doc_type=STANDARD S&src_unique_file=1910_0156&src_anchor_name=1910.156
7. OSHA 1910.134. Respiratory Protection. URL: https://www.osha.gov/pls/oshaweb/owadisp.show_document?p_table=STANDARDS&p_id=12716
8. NFPA 1001: Standard for Fire Fighter Professional Qualifications. URL: <https://www.nfpa.org/codes-and-standards/all-codes-and-standards/list-of-codes-and-standards/detail?code=1001>
9. WAC 296-305-05109. Technical rescue equipment. URL: <http://apps.leg.wa.gov/WAC/default.aspx?cite=296-305-05109>
10. Standard on Vapor-Protective Ensembles for Hazardous Materials Emergencies: NFPA 1991: 2005 Edition. URL: <http://hamyarenergy.com/static/fckimages/files/NFPA/Hamyar%20Energy%20NFPA%201991%20-%202005.pdf>
11. NFPA 1981: Standard on Open-Circuit Self-Contained Breathing Apparatus (SCBA) for Emergency Services. Current Edition: 2007 Next Revision Cycle: Fall 2011. 2007. 117 p.
12. Jeffrey O., Grace G. S. How good are firefighter SCBAs at keeping chemicals out? // Fire Chief. 2016. URL: <https://www.firechief.com/2016/03/14/how-good-are-firefighter-scbas-at-keeping-chemicals-out/>
13. Protective clothing against liquid and gaseous chemicals, including liquid aerosols and solid particles Part 1: Performance requirements for ventilated and non-ventilated "gas-tight" (Type 1) and "non-gas-tight" (Type 2) chemical protective suits: prEN 943-1:2002. URL: http://www.standardsdirect.org/standards/standards2/StandardsCatalogue24_view_17935.html
14. Liquid chemicals for limited life/use (liquid-tight) Type 3 equipment: prEN 1511. URL: <http://www.outsource-safety.co.uk/safety-news/british-standards-relating-to-health-and-safety/>

15. Prepare for emergencies // Cabinet Office. URL: <https://www.gov.uk/government/publications/preparing-for-emergencies/preparing-for-emergencies>
16. Fire prevention and rescue. URL: <https://www.gov.uk/government/policies/fire-prevention-and-rescue>
17. Johnson A. T. Respirator masks protect health but impact performance: a review // Journal of Biological Engineering. 2016. Vol. 10, Issue 1. doi: <http://doi.org/10.1186/s13036-016-0025-4>
18. Dahlbäck G. O., Balldin U. I. Physiological Effects of Pressure Demand Masks During Heavy Exercise // American Industrial Hygiene Association Journal. 1984. Vol. 45, Issue 3. P. 177–181. doi: <http://doi.org/10.1080/15298668491399604>
19. Balkhyour M. Evaluation of Full-Facepiece Respirator Fit on Fire Fighters in the Municipality of Jeddah, Saudi Arabia // International Journal of Environmental Research and Public Health. 2013. Vol. 10, Issue 1. P. 347–360. doi: <http://doi.org/10.3390/ijerph10010347>
20. A comparison of facemask and respirator filtration test methods / Rengasamy S. et. al. // Journal of Occupational and Environmental Hygiene. 2016. Vol. 14, Issue 2. P. 92–103. doi: <http://doi.org/10.1080/15459624.2016.1225157>
21. New development of research on personal protective equipment (PPE) for occupational safety and health / Sawada S. et. al. // Industrial Health. 2017. Vol. 55, Issue 6. P. 471–472. doi: <http://doi.org/10.2486/indhealth.55-471>
22. Grine L., Bouzid A.-H. Analytical and Experimental Studies of Liquid and Gas Leaks through Micro and Nano-Porous Gaskets // Materials Sciences and Applications. 2013. Vol. 4, Issue 8. P. 32–42. doi: <http://doi.org/10.4236/msa.2013.48a004>
23. Rekomendatsii shchodo zakhystu osobovoho skladu pidrozdiliv Operatyvno-riativalnoi sluzhby tsyvilnoho zakhystu MNS Ukrainy pid chas hasinnia pozhezh ta likvidatsii naslidkiv avarii za naiavnosti nebezpechnykh khimichnykh rehovyn (amiak, khlor, azotna, sirchana, soliana ta fosforna kysloty): Nakaz No. 733 MNS Ukrainy vid 13.10.2008. Kyiv: MNS Ukrainy, 2008. 88 p.
24. Strilets V. M., Vasyliiev M. V. Analiz zakhysnykh vlastyvostei zasobiv indyvidualnoho zakhystu, yaki pryznachenii dlia roboty v umovakh vykydu nebezpechnykh khimichnykh rehovyn // Zbirnyk naukovykh prats Kharkivskoho universytetu povitrianykh syl. 2010. Issue 1 (23). P. 197–200.
25. Kuzmenko V. A., Mykhalska L. L., Shcherbak S. M. Analiz mozhlyvostei vykorystannia izoliuiuchykh aparativ pid chas likvidatsii avarii na ob'iektakh iz synodiiuchymy otruinymy rehovynamy. Problemi pozharnoi bezopasnosti. Sbornyk nauchnykh trudov APB Ukraini. 2002. Issue 12. P. 162–169.
26. Strelets V. M. Osobennosti vybora sredstv individual'noy zashchity dlya raboty spasateley v usloviyakh, kotorye sushhestvenno otlichayutsya ot naikhudshykh usloviy pozhara // Sistemi ozbroennya i viys'kova tekhnika. 2014. Issue 4 (40). P. 150–153.
27. Nastanova z orhanizatsii hazodymozakhysnoi sluzhby v pidrozdilakh Operatyvno-riativalnoi sluzhby tsyvilnoho zakhystu MNS Ukrainy: Nakaz MNS Ukrainy 16.12.2011. No. 1342. URL: <http://dprch11.pp.ua/slugbova->

pidgotovka/psp/208-nakaz-mns-1342-vid-16-12-2011-nastanova-z-organizatsiji-gazodimozakhisnoji-sluzhbi-v-pidrozdilakh-operativno-ryatuvalnoji-sluzhbi-tsivilnogo-zakhistu-mns-ukrajini

28. Strilets V. M., Kovalov P. A., Borodych P. Yu., Rosokha S. V. Osnovy stvorennia ta ekspluatatsii zasobiv indyvidualnoho zakhystu: textbook. Kharkiv: NUTsZU, 2014. 360 p.

29. Kompleksy sredstv individual'noy zashhity spasateley. Obshhie tekhnicheskie trebovaniya: GOST R 22.9.05-95. URL: <http://www.gr-obor.narod.ru/document.htm>

30. Apparat ASV-2. Tekhnicheskoe opisanie i instruktsiya po ekspluatatsii. Lugansk: OAO Zavod gornospasatel'noy tekhniki «Gorizont», 2011. 42 p.

Pribor kontrol'nyy «Aerotest». Rukovodstvo po ekspluatatsii. Lugansk: OAO Zavod gornospasatel'noy tekhniki «Gorizont», 2011. 24 p