

УДК 331.101

*Стрілець В.М., канд. техн. наук, доц., УЦЗУ,
Лапшин О.В., магістр, УЦЗУ,
Савельєв Д.І., курсант, УЦЗУ*

РОЗРОБКА ПРОПОЗИЦІЙ ЩОДО ВИКОРИСТАННЯ АПАРАТІВ НА ХІМІЧНО ПОВ'ЯЗАНОМУ КИСНЮ

(представлено д-ром техн. наук Ларіним О.М.)

Визначено параметри, які необхідно контролювати під час перевірки герметичності апаратів на хімічно пов'язаному кисню. Показана доцільність їх використання оперативним персоналом об'єктів, де відбулась надзвичайна ситуація. Запропоновано метод визначення часових характеристик, які розраховуються на посту безпеки

Постановка проблеми. В підрозділах Оперативно-рятувальної служби цивільного захисту МНС України поряд з апаратами на стисненому повітрі (АСП) та кисневими ізолюючими протигазами (КІП), особливості використання яких досить повно розглядається в керівних документах [1] та експлуатаційно-технічній документації [2,3], також є ізолюючі апарати на хімічно пов'язаному кисню (АХПК). Проте, для них не визначені ні показники, яких необхідно дотримуватись для забезпечення захисної ефективності, ні рекомендації щодо використання в процесі ліквідації надзвичайних ситуацій, ні обґрунтовані вимоги до часу роботи особового складу оперативно-рятувальних підрозділів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Підхід до обґрунтування технічних характеристик АСП та КІП, які забезпечують безпечну роботу в непридатному для дихання середовищі, базується [4] на виконанні умови: підсос навколишнього середовища на пожежі всередину ізолюючого апарату не повинен перебільшувати показника, за якого при виконанні роботи середнього ступеня важкості буде забезпечено дихання повітрям, що містить гранично допустиму концентрацію окису вуглецю. Для цього необхідно забезпечити загальний коефіцієнт захисту $K_3 \geq 5 \cdot 10^3$.

В той же час, у тому разі, коли АХПК передбачається використовувати під час ліквідації надзвичайних ситуацій з викидами небезпечних хімічних речовин (а для України у якості найгіршої ситуації можна розглядати роботу рятувальників в епіцентрі ви-

буху компонентів ракетного палива) коефіцієнт захисту апарату повинен [5] бути не менше $K_3 \geq 3,85 \cdot 10^5$. Виходячи з цього, в [6] була обґрунтована доцільність застосування АСП, а не КІП, та визначені параметри перевірок для АСП, а також особливості їх комплектації. В той же час питання забезпечення герметичності АХПК не розглядались.

В [7] відмічено, що АХПК (а саме ІІ-4) забезпечують коефіцієнт проникнення $K_{II} \leq 10^{-6}$. Враховуючи те, що загальний коефіцієнт захисту

$$K_3 = \frac{1}{K_{II}} \geq 10^6, \quad (1)$$

можна було б вважати, що їх можна використовувати при ліквідації всіх можливих надзвичайних ситуацій з викидами всіх можливих небезпечних речовин. Проте, аналіз тактико-технічних характеристик лицевих частин [4] показав, що саме таку характеристику захисної ефективності має шолом-маска. Можна припустити, що питання проникнення навколишнього середовища безпосередньо через АХПК не розглядались.

Аналогічна ситуація має місце і щодо рекомендацій по роботі в ізолюючих апаратах під час ліквідації надзвичайних ситуацій. Вони основані [3,4] на використанні недоліків та переваг, що випливають з відповідного принципу дії ізолюючого апарату. В той же час, не враховується, що, хоча АХПК і є регенеративним дихальним апаратом, температуро-вологовий режим дихання в ньому значно гірший ніж в КІП, а повітря у повітрпроводній системі не перенасичене киснем [4].

Характер роботи, яку виконують газодимозахисники, зумовлює час роботи в непридатному для дихання середовищі. В АСП та КІП він розраховується у відповідності до показників легеневої вентиляції, які визначаються у відповідності до важкості роботи в апараті [3]. Враховуючи лінійну залежність між тиском повітря або кисню в балоні (-ах) цих ізолюючих апаратів, це дозволяє визначати момент припинення (початку повернення) безпосередньої роботи в непридатному для дихання середовищі за манометром. Внаслідок конструктивної реалізації АХПК, такий підхід не припустимий для них. В [7] визначено, що час захисної дії АХПК контролюється за часами. При цьому вважається, що в спокої він від-

повідаеть 180 хвилинам, а при виконанні всіх видів роботи (незалежно від ступеня важкості) – не повинен перебільшувати 30 хвилин. Це не враховує те, що подача кисню в АХПК носить економний характер [4], а у людини під час виконання важкої роботи відбувається природне чергування праці з відпочинком.

Постановка завдання та його вирішення. У зв'язку з цим доцільно визначити рекомендації, які забезпечать ефективну та безпечну роботу рятувальників як на пожежі, так і в найгірших умовах, що можуть бути в осередку викиду небезпечних хімічних речовин.

Обґрунтування пропозиції щодо забезпечення герметичності АХПК. В [4] відзначається, що у разі використання АХПК під час рятувальних робіт на пожежі необхідно забезпечити загальний коефіцієнт захисту $K_3 \geq 5 \cdot 10^3$. Оскільки з апаратами на хімічно пов'язаному кисню в цей час використовуються як шоломки, так і мундштукові пристрої із загубниками та носовими зажимами, можна вважати [4], що коефіцієнт захисту лицевої частини $K_{32} \geq 10^4$. Тобто, герметичність безпосередньо апарату також повинна бути не менше

$$K_{31} \geq \frac{1}{\frac{1}{K_3} - \frac{1}{K_{32}}} = 10^4. \quad (2)$$

Якщо для розрахунків прийняти показник легеневої вентиляції $\omega_l = 30$ л/хв., який відповідає виконанню роботи середнього ступеня важкості, то можна визначити, яким повинен бути підсос під час виконання перевірки герметичності апарату

$$\omega_{n1} \leq \frac{\omega_l}{K_{31}} = \frac{30}{10^4} = 3 \cdot 10^{-3} \text{ л/хв.} \quad (3)$$

Згідно з [7] технічними характеристиками АХПК (а саме ІІІ-4) опір апарата вдиху при виконанні роботи середньої ваги $P_{\text{вд}} \leq 500$ Па, а обсяг V_p повітропровідної системи при розрідженні не більше 2 літрів. Крім того, практика виконання [1] перевірки № 2 АСП та КІП дозволяє рекомендувати наступний показник розрідження у повітропровідній системі при перевірці $P_{\text{пер}} \geq 1000$ Па.

Це дозволяє, використовуючи відому [4] формулу для визначення підсосу до повітропровідної системи ізолюючого апарату, знайти показник швидкості падіння розрідження, який задовольнить вимоги до герметичності апарату на хімічно пов'язаному кисню у разі його використання на пожежі

$$\frac{\Delta p}{\Delta t} \leq \frac{\omega_{n1} \cdot m \cdot P_a}{0.4 \cdot V_p \cdot \sqrt{P_{вд} / P_{пер}}} = 87,4 \text{ Па/хв.}, \quad (4)$$

де $P_a \approx 1,03 \cdot 10^5$ Па – атмосферний тиск; $m = 0,16$ – коефіцієнт, який враховує, що повітропровідна система не є абсолютно жорсткою.

В той же час, у тому разі, коли АХПК передбачається використовувати під час ліквідації надзвичайних ситуацій з викидами небезпечних хімічних речовин (а для України у якості найгіршої ситуації можна розглядати роботу рятувальників в епіцентрі вибуху компонентів ракетного палива) коефіцієнт захисту апарату повинен [8] бути не менше $K_3 \geq 3,85 \cdot 10^5$. При цьому треба мати на увазі, що в цій ситуації у разі використання мундштукового пристосування із загубником та носовим затискачем буде мати місце відкритість обличчя. Враховуючи властивість окисів азоту створювати на відкритій поверхні шкіри людини азотну кислоту, використовувати цей тип лицевої частини під час ліквідації надзвичайних ситуацій, пов'язаних з компонентами ракетного палива, не можна. Тобто, необхідно розглядати АХПК, які обладнані шолом-масками і мають, відповідно [4], коефіцієнт захисту лицевої частини $K_{32} \geq 10^6$.

Таким чином, розрахунок у відповідності з (2)÷(4) у разі створення перевірного розрідження $P_{пер} \geq 1000$ Па показує, що для забезпечення безпечної роботи рятувальників під час виконання другої та третьої перевірки необхідно, щоб швидкість падіння розрідження після його стабілізації не перебільшувало

$$\frac{\Delta P}{\Delta t} \leq 1,39 \text{ Па/хв.} = 0,139 \text{ мм вод. ст./хв.} \quad (5)$$

Тобто, необхідно помітити падіння менше півтори міліметрів водяного стовпчика реометра-манометра за одну хвилину, що лю-

дина без спеціального контрольно-вимірювального обладнання здійснити не може.

В цьому випадку доцільно здійснювати контроль герметичності АХПК у зборі з лицевою частиною в камері газоокурення. Для цього рятувальник, який включився в апарат, входить в герметичну камеру, в якій необхідно створити концентрацію, наприклад, хлорпікрину CClNO_2 (гранична концентрація $C_{\text{нор}}(\text{CClNO}_2) = 0,6 \text{ мг/м}^3$)

$$C_k = C_{\text{нор}}(\text{CClNO}_2) \cdot K_3 = 0,6 \cdot 3,85 \cdot 10^5 = 2,31 \cdot 10^5 \text{ мг/м}^3. \quad (6)$$

Якщо запах контрольної речовини не відчувається, АХПК вважається герметичним.

Порівняльна оцінка ефективності роботи в ізолюючих апаратах. Для порівняльної оцінки ефективності використання різноманітних ізолюючих апаратів розглядалась робота в апаратах на стисненому повітрі АСП-2М, регенеративних ізолюючих апаратах КІП-8 та апаратах на хімічно пов'язаному кисню ІП-4. До дослідження було залучено три групи по 25 рятувальників однакового рівня підготовленості. Особовий склад кожної із груп працював в апаратах одного типу. У якості тестових завдань були обрані Гарвардський степ-тест [1] та тест оцінки динамічної стійкості [8].

Рівень адаптації рятувальника, який працює в ізолюючому апараті, до фізичних навантажень характеризує індекс Гарвардського степ-тесту

$$IGST = \frac{t \cdot 100}{(f_1 + f_2 + f_3) \cdot 2}, \quad (7)$$

де t – фактичний час виконання навантаження, с; f_1, f_2, f_3 – сума пульсуючих ударів за перші 30 с кожної хвилини (починаючи з другої) відновлювального періоду.

Збільшення індексу свідчить про кращу пристосованість газодимозахисників до виконання важких робіт.

Порівняльну (в залежності від типу ізолюючого апарату) характеристику здатності орієнтуватись у просторі дозволяє здійснити показник динамічної стійкості

$$ДУ = \Delta L \cdot t, \text{ м} \cdot \text{с} \quad (8)$$

де ΔL – відхилення від осі при подоланні 10-метрової дистанції з закритими очима, см; t – час подолання дистанції, с.

Видно, що на відмінність від *ІГСТ* збільшення *ДУ* свідчить про погіршення якості, яка розглядається.

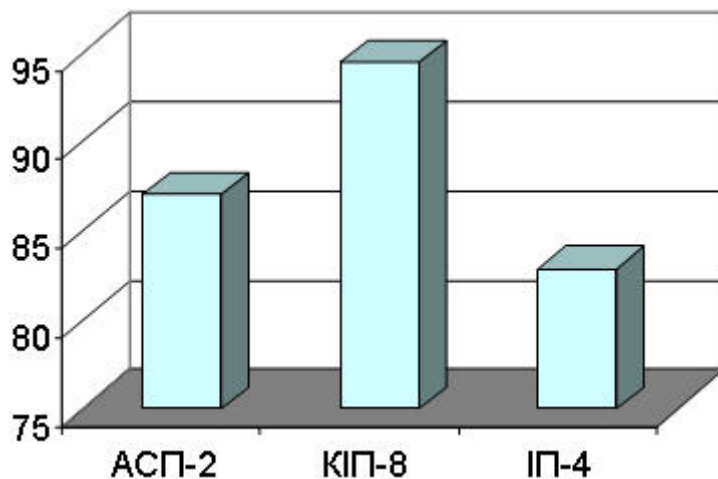


Рис. 1 – Порівняльна оцінка виконання важкої роботи

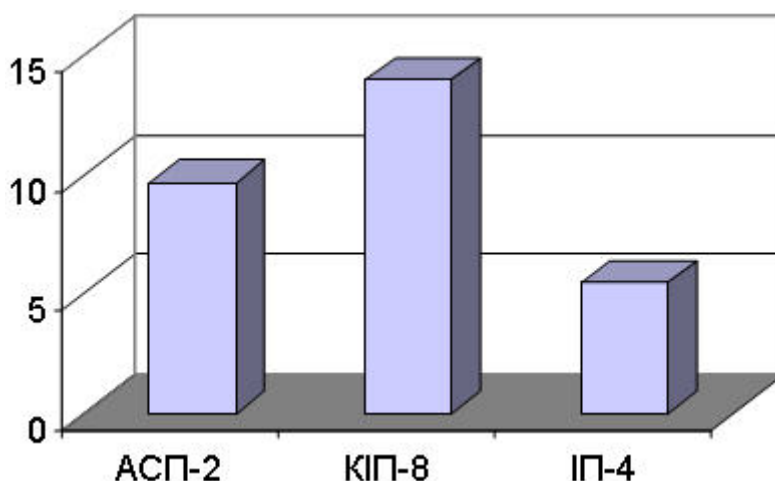


Рис. 2 – Порівняльна оцінка здатності орієнтуватись в просторі

Графіки з порівняльними оцінками отриманих результатів наведено на рисунках 1 та 2. Їх аналіз дозволяє стверджувати, що до тих переваг та недоліків ізолюючих апаратів, що пов'язані з принципом їх дії та які наведено в науково-технічній літературі [3,4], можна додати ще й ті, що пов'язані з ефективністю виконання тої чи іншої роботи. Так, оскільки виконання Гарвардського степ-тесту відповідає виконанню тяжкої роботи, можна стверджувати (див. рис.1), що найбільш ефективним для виконання в не-

придатному для дихання середовищі бойової роботи, яка пов'язана зі значним фізичним навантаженням на протязі більше 5 хвилин, є використання регенеративних дихальних апаратів зі стиснутим киснем. Найменш ефективним – регенеративних дихальних апаратів на хімічно пов'язаному кисню.

Та навпаки, при виконанні робіт, які вимагають здатності добре орієнтуватися в просторі, не виконуючі при цьому важкої роботи, самими ефективними є (див. рис.2) ізолюючі апарати на хімічно пов'язаному кисню.

Таким чином, АХПК доцільно використовувати для проведення першочергових дій по організації робіт з евакуації потерпілих оперативним складом та відповідальними особами на об'єктах, в першу чергу із будівель з масовим перебуванням людей. Оснащення оперативно-рятувальних підрозділів такими апаратами можливо у тому разі, коли практично не передбачається виникнення пожеж та надзвичайних ситуацій з наявністю непридатного для дихання середовища (наприклад, у сільській місцевості). В цьому випадку під час підготовки рятувальників особливу увагу необхідно звернути на тренування загальної та спеціальної працездатності.

Розробка рекомендацій щодо розрахунку часу роботи в АХПК. У якості основи для визначення часових характеристик при застосуванні АХПК пропонується покласти, по аналогії з підходом, що застосовується для АСП та РДА [3], визначення кількості газоповітряної суміші Q , яка створюється за допомогою надперекисних сполучень лужних металів і витрачається для дихання газодимозахисником.

У відповідності до тактико-технічних характеристик АХПК [7] та кількісних показників дихання [4] її кількість можна визначити як

$$Q = t_{cn} \cdot \omega_{cn}, \quad (9)$$

де t_c – час захисної дії апарату для випадку перебування газодимозахисника у спокійному стані (не виконується ніяка робота), хвилин; $\omega_{cn} = 12 \text{ л/хв.}$ – легенева вентиляція, яка відповідає перебуванню людини в спокої.

В той же час, якщо розглядати випадок, коли під час проведення розвідки $t_{r\Sigma}$ не передбачається рятування потерпілих, що відповідає [4] виконанню роботи середнього ступеня важкості з

Стрілець В.М., Лапшин О.В., Савельєв Д.І.

відповідною легеневою вентиляцією $\omega_r = \omega_c = 30$ л/хв., апаратом буде вироблена така ж кількість газоповітряної суміші, що й для перебування в спокої

$$t_{cn} \cdot \omega_{cn} = t_{r\Sigma} \cdot \omega_r. \quad (10)$$

Звідки

$$t_{r\Sigma} = 0,4 \cdot t_c. \quad (11)$$

Загальний час розвідки $t_{r\Sigma}$ складається з часу t_r безпосередньої розвідки та часу t_{pov} , який необхідно зарезервувати на повернення. З урахуванням непередбачених обставин та по аналогії з розрахунком мінімального тиску, за якого необхідно починати повернення в КІП,

$$t_{r\Sigma} = t_r + t_{pov} = t_r + 1,5 \cdot t_r = 2,5 \cdot t_r, \quad (12)$$

тобто

$$t_r = 0,4 \cdot t_{r\Sigma}. \quad (13)$$

Коли ж розглядається ситуація з можливим винесенням потерпілого (це відповідає виконанню дуже важкої роботи, за якої легенева вентиляція дорівнює [4] $\omega_{pot} = 84$ л/хв.), додатково враховується те, що довжина шляху під час розвідки дорівнює довжині шляху, який буде подолано газодимозахисниками разом з потерпілими

$$v_r \cdot t_r = v_{pot} \cdot t_{pot} = v_{pot} \cdot \frac{Q}{\omega_{pot}} = \frac{v_{pot} \cdot t_c \cdot \omega_c}{\omega_{pot}}, \quad (14)$$

де v_r, v_{pot} – швидкість руху [9] ланки при проведенні розвідки та під час перенесення потерпілого на чисте повітря, м/хв.

Це дозволяє визначити час розвідки як

$$t_r = \frac{v_{pot} \cdot \omega_c}{v_r \cdot \omega_{pot}} \cdot t_c = \frac{12 \cdot 12}{19,5 \cdot 84} \cdot t_c \approx 0,09 \cdot t_c. \quad (15)$$

За необхідності наведений вище підхід можна застосувати й для розрахунку часу роботи біля осередку надзвичайної ситуації.

Висновки. Для забезпечення герметичності АХПК у зборі з лицевою частиною, який передбачається використовувати в умовах, що не будуть гіршими ніж найгірші умови пожежі, під час проведення другої та третьої перевірки необхідно створити перевірочне розрідження не менше 1000 Па (100 мм вод. ст.). Після стабілізації цього розрідження швидкість його падіння не повинна перебільшувати 8 мм водяного стовпчика за одну хвилину.

Показано, що перевірку АХПК, які передбачається використовувати в найгірших умовах, які можуть мати місце в результаті впливу небезпечних хімічних речовин в Україні, на сьогоднішній день можна здійснити тільки в камері газообкурювання. Наведено результати розрахунку концентрації контрольної речовини, яку необхідно застосувати для заповнення камери.

Відмічена доцільність використання АХПК для проведення першочергових дій оперативним персоналом об'єкту, де відбулась надзвичайна ситуація, та тренування, в першу чергу, витривалості у газодимозахисників, які будуть працювати в цих апаратах.

Запропоновані спрощенні співвідношення для розрахунку на посту безпеки часових характеристик роботи в АХПК.

ЛІТЕРАТУРА

1. Настанова по газодимозахисній службі пожежної охорони МВС України. Наказ № 657 МВС України від 2 грудня 1994 р. – Київ, 1994. – 128 с.
2. Аппарат АСВ-2. Техническое описание и инструкция по эксплуатации. – Луганск: ОАО Завод горноспасательной техники «Горизонт», 2001. – 42 с.
3. Перепечаев В.Д., Береза В.Ю. Газодымозащитная служба пожарной охраны. / Учебник. – Чернигов, РИК «Деснянська правда», 2000. – 468 с.
4. Диденко Н.С. Регенеративные респираторы для горноспасательных работ. – М.: Недра, 1984. – 296 с.
5. Кузьменко В.А., Михальська Л.Л., Щербак С.М. Аналіз можливостей використання ізолюючих апаратів під час ліквідації

- аварій на об'єктах із сильнодіючими отруйними речовинами./ Проблемы пожарной безопасности. Сб. науч. Тр. АПБ Украины. Вып.12. – Харьков: Фолио, 2002. – с.162-169
6. Михальська Л.Л. Організаційно-технічні заходи при гасінні пожежі на станції нейтралізації компонентів ракетного палива ... : Автореф. дис...к-та техн. наук: 21.06.02/ АЦЗУ МНС України. – Харків, 2005. – 24 с.
 7. ТО ИЭ ИП-4.
 8. Основы теории прогнозирования спортивных достижений/ Под ред. Г.П.Семенова. – М.: ВНИФК, 1983. – 326 с.
 9. Ковальов П.А., Бородич П.Ю., Стрілець В.В., Чубар С.С. Розробка пропозицій щодо вдосконалення аварійно-рятувальних робіт при надзвичайних ситуаціях в метрополітені // Право і безпека: Науковий журнал – 2002. – Вип..1. –С.156-161.

УДК 614.84

*Тарасенко А.А., канд. техн. наук, докторант, УГЗУ,
Абрамов Ю.А., д-р техн. наук, гл. науч. сотр., УГЗУ*

КРИТЕРИЙ ОПТИМИЗАЦИИ ПРИ ЛИКВИДАЦИИ ЧРЕЗВЫЧАЙНОЙ ЛЕСОПОЖАРНОЙ СИТУАЦИИ

Предложен критерий оптимального сценария ликвидации чрезвычайной ситуации. Рассмотрены составные части данного критерия

Постановка проблемы. Снижению риска возникновения чрезвычайных лесопожарных ситуаций (ЧЛС) [1] призваны меры профилактического характера. Последние включают в себя широкий комплекс мероприятий, требующих значительных материально-временных затрат. Но даже при достаточном финансировании возможно снижение уровня антропогенных факторов и лишь малой части природных. В тоже время причины возникновения лесных пожаров носят как искусственный, так и естественный характер. Поэтому проявления ЧЛС в виде лесных пожаров будут возникать всегда. Разнообразие погодных, ландшафтных и лесорастительных условий для каждого конкретного лесного пожара (ЛП) требует адекватной реакции со стороны соответствующих