

УДК 331. 101

**В.М. СТРИЛЕЦЬ**, канд. техн. наук, УЦЗУ

## **ПРОПОЗИЦІЇ ЩОДО РОЗРАХУНКУ ЧАСУ РОБОТИ В ІЗОЛЮЮЧИХ АПАРАТАХ**

На основі аналізу конструктивних особливостей сучасних ізолюючих апаратів, а також результатів експериментальних досліджень роботи газодимозахисників наведені пропозиції, які доцільно використовувати на посту безпеки, щодо спрощення розрахунків часу роботи

On the basis of analysis of constructive features of modern self contained breathing apparatus and results of experimental field tests it is given propositions for simplification of work time calculations

**Постановка проблеми.** Серед загальних обов'язків особового складу газодимозахисної служби пожежно-рятувальних підрозділів одним із найбільш важливих є вміння виконувати розрахунок часу, який можна витратити на виконання роботи в непридатному для дихання середовищі. При цьому газодимозахисники спираються на приклади, які наведені в Настанові з газодимозахисної служби [1], проте в останній не враховуються зміни, що відбулись в оснащені ізолюючими апаратами пожежно-рятувальних підрозділів.

**Аналіз останніх досягнень і публікацій.** В більшості з робіт [2,3], де розглядалось це питання, в основу розрахунку було покладено застосування під час роботи в апаратах на стисненому повітрі (АСП) показника легеневої вентиляції  $\varpi_{\text{л}}=30$  л/хв., який відповідає роботі середнього ступеня важкості, а під

час роботи в регенеративних дихальних апаратах (РДА) середнього розходу кисню газодимозахисником  $q = 1,4$  л/хв. В той же час, закордонні виробники АСП регламентують [4] розхід повітря як такий, що дорівнює 40 л/хв. Крім того, контрольний тиск, при досягненні якого необхідно виходити на чисте повітря, під час роботи в АСП розраховується як з урахуванням тієї величини  $P_{вх}$ , на яку зменшився початковий тиск під час входу, так і з урахуванням конкретного значення резервного тиску ( $P_{рез}=3$  МПа під час роботи в АСВ-2 [2,3] та  $P_{рез}=5$  МПа під час роботи в апаратах фірми Dräger [4]), що необхідно резервувати кожного разу, а в РДА – з урахуванням [1] резервного тиску, що розраховується в залежності від місця роботи ланки, та лишкового  $P_{лиш}=3$  МПа, за якого забезпечується нормальна робота редуктора. При цьому ані стосовно до АСП, ані стосовно до РДА конструктивні особливості апаратів не враховуються.

Внаслідок конструктивної реалізації ізолюючих апаратів на хімічно пов'язаному кисню (АХПК) підхід, що застосовується для АСП та РДА і спирається на лінійну залежність між тиском повітря або кисню в балоні (-ах) цих ізолюючих апаратів та показники легеневої вентиляції [5], для них є неприпустим. В [6] визначено, що час захисної дії АХПК контролюється за часами. При цьому вважається, що в спокої він відповідає 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 [5], а у людини під час виконання важкої роботи відбувається природне чергування праці з відпочинком.

**Постановка задачі та її розв'язання.** Таким чином, підвищення безпеки газодимозахисників вимагає вдосконалення існуючої методики розрахунку часу роботи в ізолюючих апаратах за рахунок врахування особливостей як тих апаратів, якими обладнані підрозділи в теперішній час, так і тих, які можуть поступити на озброєння в майбутньому.

Для розв'язання цього питання були проаналізовані [5,7] конструктивні особливості ізолюючих апаратів, які застосовуються під час роботи в непридатному для дихання середовищі. Визначено, що сучасною тенденцією є використання при створенні повітроподаючої системи АСП (киснепостачальної системи РДА) редуктора зворотної дії. В [5] показано, що в режимі силової взаємодії в контактній парі „клапан-сідло клапану” рівняння рівноваги рухомої системи такого редуктора має вигляд:

$$F_0 + rh + R_c(h) - (p_2 - p_a) \cdot S_M - p_1 S_c = 0, \quad (1)$$

де  $F_0$  – початкове значення загальної дії головної пружини та пружини клапану і деяке зусилля жорсткості мембрани при закритому клапані, Н;  $r$  – сумарна жорсткість усіх пружних елементів рухомої системи редуктора, Н/м;  $h$  – висота підйому клапану, м;  $R_c(h)$  – реакція сідла при вдавлюванні клапану, Н;  $p_2$  – тиск у камері редуктора, Па;  $p_a$  – атмосферний тиск, Па;  $S_M$  – ефективна площа мембрани, м<sup>2</sup>;  $p_1$  – тиск в балоні ізолюючого апарату, Па;  $S_c$  – площа сідла клапану, м<sup>2</sup>.

Тобто, редукований тиск можна визначити як

$$p_2 = \frac{F_0 + r \cdot h + R_c(h) + p_a \cdot S_M - p_1 \cdot S_c}{S_m} \quad (2)$$

Цей вираз дозволяє проаналізувати залежність зміни редукованого тиску від величини тиску в камері редуктора. Так, якщо рівняння (2) записати спочатку для двох значень первинного тиску:  $p_{1\max}$  і  $p_{1\min}$ , а після цього відняти з першого друге, то, враховуючи, що перші чотири члени в дужках мають однакові значення в обох випадках, вираз для зміни редукованого тиску має вигляд:

$$\Delta p_2 = -\frac{S_c \cdot (p_{1\max} - p_{1\min})}{S_m} \quad (3)$$

Тобто зміна пропорційна відношенню площини сідла клапана до ефективної площини мембрани. Знак „-” вказує на те, що в редукторі зворотної дії за мірою витрати газу з балона редукований тиск збільшується. Внаслідок цього, зменшення тиску в балоні нижче нормативного рівня для апаратів з редуктором зворотної дії можна не враховувати і вважати, що  $P_{\text{лиш}}=0$ . Проте, цей параметр остається важливим для апаратів з редуктором прямої дії, тим більше, що такі (КИП-8) ще остаються в деяких підрозділах, а в Російській Федерації їх модифікації (КИП-8М) знову почали випускати.

Аналіз конструктивних особливостей АСП [2,7] показав, що рівень тиску, на який може зменшитись тиск повітря в балоні (балонах) за непередбачених обставин, відповідає настройкам додаткового індикатора тиску (вмикач резерву, як це має місце в АСВ-2 першої модифікації, або звуковий сигнал, як це має місце в усіх інших марках АСП). Враховуючи те, що сучасна тенденція при створенні АСП характеризується відходом від застосування вмикачів резерву, а також те, що звукові сигнали, як у вітчизняних, так і в закордонних апаратах спрацьовують за 5÷7 МПа, пропонується єдиний для всіх модифікацій АСП рівень тиску, що необхідно резервувати на непередбачені обставини кожного разу,  $P_{\text{рез}} \approx 5$  МПа.

Для визначення розходу повітря під час роботи в АСП були проведені експериментальні дослідження, результати яких дозволяють стверджувати про доцільність використання здебільшого під час розрахунків показник легеневої вентиляції  $\omega_{\text{л}} \approx 40$  л/хв., який рекомендується фірмою Dräger. Враховуючи це, а також те, що обсяг балону (балонів) сучасних АСП [2,7] складає 7÷9 л, для спрощених розрахунків доцільно користуватись показником „швидкість падіння тиску”, який згідно до закону Бойля-Маріотта та визначення легеневої вентиляції буде мати наступний вигляд

$$\frac{\Delta P}{\Delta t} = \frac{\Delta Q \cdot P_a}{\Delta t \cdot V_0} = \left| \begin{array}{l} \omega_{\text{л}} = \frac{\Delta Q}{\Delta t} \approx 40 \text{ л/хв.}; \\ V_0 \approx 8 \text{ л}; \\ P_a \approx 0,1 \text{ МПа} \end{array} \right| \approx 0,5 \frac{\text{МПа}}{\text{хв.}} \quad (4)$$

Оскільки при виконанні легкої роботи розхід був  $\omega_{\text{л}}=20\div 26$  л/хв., а при виконанні важкої -  $\omega_{\text{л}}=40\div 70$  л/хв. (при цьому математичне очікування дорівнювало  $\omega_{\text{л}} \approx 55$  л/хв.), під час спрощених розрахунків можна використовувати показники швидкості падіння тиску приблизно 0,3 МПа/хв. та 0,7 МПа/хв. відповідно.

Експериментальні дослідження роботи газодимозахисників в РДА показали [8], що навіть при виконанні важкої роботи (наприклад, весь комплекс аварійно-

рятувальних робіт в метрополітені) середнє значення показника подачі кисню (див. рис.1) не перебільшувало  $q \approx 2$  л/хв. Тобто, можна використовувати показник розходу кисню, який наведено в [3]. Тим більш, що його застосування дозволяє суттєво спростити розрахунки часу роботи в РДА, оскільки під час роботи в апаратах з дволітровим балоном (Р-12, Р-30, ...) по аналогії з (4) можна вважати, що швидкість падіння тиску дорівнює 0,1 МПа/хв., а в апаратах з однолітровим балоном (КИП-8, Р-34) – 0,2 МПа/хв.

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 [6] та кількісних показників дихання [5] її кількість можна визначити як

$$Q = t_{cn} \cdot \omega_{cn}, \quad (5)$$

де  $t_c$  - час захисної дії апарату для випадку перебування газодимозахисника у спокійному стані (не виконується ніяка робота), хвилин;  $\omega_{cn} = 12$  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 [5] виконанню роботи середнього ступеня важкості з відповідною легеневою вентиляцією  $\omega_r = \omega_c = 30$  л/хв., апаратом буде вироблена така ж кількість газоповітряної суміші, що й для перебування в спокої

$$t_{cn} \cdot \omega_{cn} = t_{r\Sigma} \cdot \omega_r. \quad (6)$$

Звідки

$$t_{r\Sigma} = 0,4 \cdot t_c. \quad (7)$$

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

$$t_{r\Sigma} = t_r + t_{пов} = t_r + 1,5 \cdot t_r = 2,5 \cdot t_r, \quad (8)$$

тобто

$$t_r = 0,4 \cdot t_{r\Sigma}. \quad (9)$$

Коли ж розглядається ситуація з можливим винесенням потерпілого (це відповідає виконанню дуже важкої роботи, за якої легенева вентиляція дорівнює [5]  $\omega_{pot} = 84$  л/хв.), додатково враховується те, що довжина шляху під час розвідки дорівнює довжині шляху, який буде подолано газодимозахисниками разом з потерпілими

$$v_r \cdot t_r = v_{pot} \cdot t_{pot} = v_{pot} \cdot \frac{Q}{\omega_{pot}} = \frac{v_{pot} \cdot t_c \cdot \omega_c}{\omega_{pot}}, \quad (10)$$

де  $v_r, v_{pot}$  - швидкість руху [8] ланки при проведенні розвідки та під час перенесення потерпілого на чисте повітря, м/хв.

Це дозволяє визначити час розвідки як

$$t_r = \frac{v_{pot} \cdot \omega_c}{v_r \cdot \omega_{pot}} \cdot t_c = \frac{12 \cdot 12}{19,5 \cdot 84} \cdot t_c \approx 0,09 \cdot t_c . \quad (11)$$

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

**Висновки:**

- зменшення тиску в балоні нижче нормативного рівня для апаратів з редуктором зворотної дії можна не враховувати і вважати, що лишковий тиск дорівнює нулю;
- в АСП рівень тиску, що необхідно резервувати на непередбачені обставини кожного разу, доцільно вибирати на рівні 5 МПа;
- на посту безпеки є можливим проведення спрощених розрахунків часу роботи.

**Список літератури:** 1. *Перепечаев В.Д., Береза В.Ю.* Газодымозащитная служба пожарной охраны./ Учебник. – Чернигов, РИК «Деснянська правда», 2000. – 468 с. 2. *Чернов С.М., Ковалишин В.В.* Ізолюючі апарати. Обслуговування та використання./ Навчальний посібник. – Львів, „СПОЛОМ”, 2002. – 194 с. 3. Настанова з газодимозахисної служби пожежної охорони МВС України. Наказ № 657 МВС України від 2 грудня 1994 р. – Київ, 1994. – 128 с. 4. Рекомендації для вивчення повітряних протигазів “Drager” PA 90 SERIES {PA 92} у підрозділах гарнізонів пожежної охорони. – К.: УДПО МВС України, 1995. – 19 с. 5. *Диденко Н.С.* Регенеративные респираторы для горноспасательных работ. – М.: Недра, 1984. – 296 с. 6. ТО ИЭ ИП-4. 7. Основи створення та експлуатація апаратів на стисненому повітрі: Навчальний посібник./ *П.А. Ковальов, В.М. Стрелець, О.В. Єлізаров, О.Є. Безуглов.* – Харків: АЦЗУ, 2005. – 272 с. 8. *Стрелець В.М., Бородич П.Ю.* Закономерности работы спасателей в изолирующих аппаратах при проведении работ на станциях метрополитена./ Проблеми надзвичайних ситуацій - № 3 – Харків, Фоліо, 2006. – с. 48-57