

*Стрілець В.М., канд. техн. наук, доц., НУЦЗУ,  
Бородич П.Ю., канд. техн. наук, викл., НУЦЗУ,  
Ковальов П.А., канд. техн. наук, заст. нач. каф., НУЦЗУ*

**ОБГРУНТУВАННЯ СПРОЩЕНИХ РОЗРАХУНКІВ НА ПОСТУ  
БЕЗПЕКИ ПІД ЧАС РОБОТИ В АСП ПРИ ЛІКВІДАЦІЇ  
НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ В МЕТРОПОЛІТЕНІ**  
(представлено д-ром фіз.-мат. наук Яковлевим С.В.)

Пропонуються рекомендації постовому на посту безпеки з розрахунку часових характеристик при роботі в захисних дихальних апаратах із застосуванням спрощених співвідношень при ліквідації надзвичайних ситуацій в метрополітені

**Ключові слова:** АСП, метрополітен, рятувальні роботи, пост безпеки, контрольний тиск, спрощені розрахунки

**Постановка проблеми.** Сучасні керівні документи щодо проведення аварійно-рятувальних робіт в метрополітені [1,2] вимагають, щоб рятувальники почитали працювати одразу по прибуттю на ліквідацію надзвичайної ситуації в тих захисних апаратах, які знаходяться на озброєнні конкретної оперативно-рятувальної частини. В той же час, в них же для таких робіт наведені рекомендації по розрахунку часових параметрів тільки для регенеративних дихальних апаратів. При цьому розрахунки не передбачають застосування спрощених співвідношень.

**Аналіз останніх досліджень та публікацій** показав, що спрощені розрахунки щодо визначення основних часових параметрів роботи, які використовуються на посту безпеки під час гасіння пожеж, ґрунтуються на показник легеневої вентиляції  $\omega_n=30$  л/хв., який відповідає роботі середнього ступеня важкості [3,4]. В той же час, в роботах [5,6] відмічено, що під час АСП СМ показник легеневої вентиляції, а відповідно і витрати повітря із апарату, суттєво залежить від характеру роботи (спуск, підйом, підйом з потерпілим...) відділення ГДЗС.

При цьому в роботі [7] обґрунтована рекомендація щодо визначення моменту припинення розвідки, в якій зазначено, що повернення необхідно почати у тому випадку, коли тиск повітря в АСП зменшиться на 25% від початкового.

Стосовно основних часових характеристик, які розраховуються і постійно контролюються на посту безпеки, в останній редакції Настанові з організації газодимозахисної служби в підрозділах Оперативно-рятувальної служби цивільного захисту МНС України [8] ці показники визначені тільки для ситуацій, коли витрати повітря на протязі всього часу вважаються постійними і не враховують момент припинення розвідки. Тобто, під час проведення АРР СМ ними користуватись не можна, навіть за умови використання неспрощених співвідношень.

**Постановка завдання та його вирішення.** Таким чином, актуальною є задача розробки рекомендації постовому на посту безпеки з розрахунку часових характеристик при роботі в захисних дихальних апаратах із застосуванням спрощених співвідношень.

З урахуванням того, що швидкість падіння тиску під час розвідки та проведення невідкладних робіт біля осередку надзвичайної ситуації складає 1 МПа/хв. [9], а також те, що на проведення розвідки можна витратити не більше 25% початкового тиску [7], використовуючи підхід до визначення спрощених розрахунків, який спирається на швидкість падіння тиску в балоні (балонах) [5], розрахунковий час припинення розвідки визначається як

$$t_{\text{прип розв}} = t_{\text{включення}} + t_{\text{розвідки}} = t_{\text{включення}} + \frac{\frac{P_{\text{поч}}}{\Delta P}}{\frac{\Delta P}{\Delta t}} = \begin{cases} t_{\text{включення}} + \frac{P_{\text{поч}}}{4 \cdot 1} \\ t_{\text{включення}} + \frac{P_{\text{поч}}}{4 \cdot 10} \end{cases} = \begin{cases} t_{\text{включення}} + \frac{P_{\text{поч}}}{4}, \text{ якщо тиск вимірюється в МПа;} \\ t_{\text{включення}} + \frac{P_{\text{поч}}}{40}, \text{ якщо тиск вимірюється в кгс/см}^2. \end{cases} \quad (1)$$

При цьому слід відмітити, що коефіцієнт 4 в (1) має розмірність МПа/хв. (відповідно 40 – (кгс/см<sup>2</sup>)/хв.).

Розрахунковий час повернення ланки з урахуванням [7] того, що під час підйому з потерпілим швидкість падіння тиску складає до 1,5 МПа/хв. та (1) визначається як

$$\begin{aligned}
t_{\text{повернення}} &= t_{\text{включення}} + t_{\text{розвідки}} + t_{\text{повернення}} = t_{\text{включення}} + \\
&+ \frac{1/4 P_{\text{поч}}}{\Delta P / \Delta t} + \frac{3/4 P_{\text{поч}}}{\Delta P / \Delta t} = t_{\text{включення}} + \frac{1/4 P_{\text{поч}}}{1} + \frac{3/4 P_{\text{поч}}}{1,5} = \quad (2) \\
&= \begin{cases} t_{\text{включення}} + \frac{3P_{\text{поч}}}{4}, \text{ якщо тиск вимірюється в МПа;} \\ t_{\text{включення}} + \frac{3P_{\text{поч}}}{40}, \text{ якщо тиск вимірюється в кгс/см}^2. \end{cases}
\end{aligned}$$

При розробці рекомендацій щодо спрощених розрахунків часу роботи та часу припинення розвідки в регенеративних дихальних апаратах (РДА) було враховано [9], що середня витрата кисню оцінюється на рівні 2 л/хв. Тобто, швидкість падіння тиску в апаратах з однолітровим кисневим балоном дорівнює 0,2 МПа/хв., а з дволітровим – 0,1 МПа/хв. В [3,4] відмічено, що на момент виходу при роботі в РДА не повинен бути задіяним лишковий тиск  $P_{\text{лиш}}$ . Тобто, розрахунковий час повернення визначається в залежності від моменту, коли ланка завершила просування до місця НС і приступила до робіт біля осередку,

$$\begin{aligned}
t_{\text{нов}}(\text{РДА}) &= t_{\text{вкл}} + t_{\text{вх}} + t_{(\text{робота, вихід})} = t_{\text{вкл}} + t_{\text{вх}} + \\
&+ \frac{\min(P_{i \text{ поч}} - P_{i \text{ вх}}) - \max(P_{i \text{ вх}}) - P_{\text{лиш}}}{\Delta P / \Delta t} \quad (3),
\end{aligned}$$

тобто, під час безпосередніх розрахунків газодимозахисниками буде використовуватись один з наступних виразів

$$t_{\text{нов}}(\text{РДА}) = \begin{cases} t_{\text{вкл}} + t_{\text{вх}} + \frac{\min(P_{i \text{ поч}} - P_{i \text{ вх}}) - \max(P_{i \text{ вх}}) - P_{\text{лиш}}}{0,2}, \\ \text{якщо в РДА } - V_{\text{балона}} = 1\text{л, МПа;} \\ t_{\text{вкл}} + t_{\text{вх}} + \frac{\min(P_{i \text{ поч}} - P_{i \text{ вх}}) - \max(P_{i \text{ вх}}) - P_{\text{лиш}}}{2}, \\ \text{якщо в РДА } - V_{\text{балона}} = 2\text{л, кгс/см}^2; \end{cases}$$

$$t_{нов}(РДА) = \begin{cases} t_{вкл} + t_{вх} + \frac{\min(P_{i\text{ поч}} - P_{i\text{ вх}}) - \max(P_{i\text{ вх}}) - P_{лиш}}{0,1}, \\ \text{якщо в РДА-} V_{балона} = 2\text{л, МПа;} \\ t_{вкл} + t_{вх} + \frac{\min(P_{i\text{ поч}} - P_{i\text{ вх}}) - \max(P_{i\text{ вх}}) - P_{лиш}}{1}, \\ \text{якщо в РДА-} V_{балона} = 2\text{л, кгс/см}^2. \end{cases}$$

Враховуючи двократний запас кисню [9], при визначенні контрольного тиску  $P_{прип\ розв}$  та часу  $t_{прип\ розв}$ , за якого ланці в РДА необхідно припинити розвідку, доцільно використовувати наступні співвідношення

$$P_{прип\ розвідки} = \frac{\min(P_{i\text{ поч}}) - P_{лиш}}{3}, \quad (4)$$

$$t_{прип\ розвідки} = t_{вкл} + \frac{\min(P_{i\text{ поч}}) - P_{лиш}}{3 \cdot \frac{\Delta P}{\Delta t}}. \quad (5)$$

Відповідно і використовується в залежності від градуїровки манометра, яким обладнано РДА, а також місткості його балону одне з наступних спрощених співвідношень

$$t_{прип\ розвідки}(РДА) = t_{вкл} + \begin{cases} \frac{\min(P_{i\text{ поч}}) - P_{лиш}}{3 \cdot 0,2} = \frac{\min(P_{i\text{ поч}}) - P_{лиш}}{0,6}, \\ V_{балона\ РДА} = 1\text{л, МПа;} \\ \frac{\min(P_{i\text{ поч}}) - P_{лиш}}{3 \cdot 2} = \frac{\min(P_{i\text{ поч}}) - P_{лиш}}{6}, \\ V_{балона\ РДА} = 1\text{л, кгс/см}^2; \\ \frac{\min(P_{i\text{ поч}}) - P_{лиш}}{3 \cdot 0,1} = \frac{\min(P_{i\text{ поч}}) - P_{лиш}}{0,3}, \\ V_{балона\ РДА} = 2\text{л, МПа;} \end{cases}$$

$$t_{\text{прип розвідки}}(P_{\text{ДА}}) = t_{\text{вкл}} + \frac{\min(P_{i \text{ поч}}) - P_{\text{лиш}}}{3 \cdot 1} = \frac{\min(P_{i \text{ поч}}) - P_{\text{лиш}}}{3},$$

$$V_{\text{балона РДА}} = 2 \text{ л, кгс/см}^2.$$

Практика використання спрощених розрахункових співвідношень під час тактико-спеціальних навчань на станціях Харківського метрополітену глибокого залягання та навчальних занять показала, що це дає можливість постовому на посту безпеки приділити більше уваги підготовці відділення ГДЗС, а самим газодимозахисникам – безпосередній оперативній роботі.

**Висновки. Напрямки подальших досліджень.** Таким чином, отримані співвідношення дозволяють скоротити час проведення розрахунків (розрахункових часів припинення розвідки й повернення, контрольного тиску, при якому необхідно починати повернення), що сприяє підвищенню ефективності оперативної роботи газодимозахисників.

Подальші дослідження доцільно направити на визначення того, яким чином на розрахунок часових характеристик впливає ступінь виконання на станції пожежно-профілактичних вимог та характеристики її оздоблення.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Тимчасовий статут дій у надзвичайних ситуаціях ч.2. - Офіц. вид. - К.: М-во надзвичайних ситуацій України, 2008. - 153 с.
2. Беляцкий В.П. Методическое пособие по организации и тактике тушения пожаров на объектах метрополитена / В.П. Беляцкий, Г.П. Павлов. – Москва, 1986. – 156 с.
3. Перепечаев В.Д. Газодимозащитная служба пожарной охраны: учебник. / В.Д. Перепечаев, В.Ю. Береза – Чернигов, РИК «Деснянська правда», 2000. – 468 с.
4. Изолирующие дыхательные аппараты и основы их проектирования: учебное пособие / [С.В.Гудков, С.И.Дворецкий, С.Б.Путин, В.П.Таров]. – М.: Машиностроение, 2008. – 188 с.
5. Ковальов П.А. Розробка пропозицій щодо вдосконалення аварійно-рятувальних робіт при надзвичайних ситуаціях в метрополітені / П.А.Ковальов, П.Ю. Бородич, В.В.Стрілець // Право і безпека: Науковий журнал – 2002. – Вип.1. – С. 156-161.  
nuczu.edu.ua

6. Бородич П.Ю. Особенности изменения легочной вентиляции в ходе выполнения работ по тушению пожаров на станциях метрополитена / П.Ю.Бородич // Проблемы пожарной безопасности. Сб. науч. тр. - Харьков: АПБУ, 2003. - Вып.13. – С.60 –80.
7. Стрелец В.М. Вдосконалення розрахунків на посту безпеки під час роботи в АСП при ліквідації надзвичайних ситуацій в метрополітені / В.М.Стрелець, П.Ю.Бородич, С.В. Росоха // Проблеми надзвичайних ситуацій. Зб. наук. пр. НУЦЗ України. Вип. 12. Харків: НУЦЗУ, 2010. - с.44-49.
8. Настанові з організації газодимозахисної служби в підрозділах Оперативно-рятувальної служби цивільного захисту МНС України - Офіц. вид. - К.: М-во надзвичайних ситуацій України, 2011. - 53 с.
9. Бородич П.Ю. Закономерности деятельности в системе «спасатель – экстремальная среда» на станциях метрополитена: дис. канд. техн наук: 05.01.04 / Бородич Павел Юрьевич. – Х., 2009. – 223 с.

Стрелец В.М., Бородич П.Ю., Ковалев П.А.

**Обоснование упрощенных расчетов на посту безопасности во время работы в АСВ при ликвидации чрезвычайных ситуаций в метрополитене**

Предлагаются рекомендации постовому на посту безопасности по расчету временных характеристик при работе в защитных дыхательных аппаратах с применением упрощенных соотношений при ликвидации чрезвычайных ситуаций в метрополитене

**Ключевые слова:** АСВ, метрополитен, спасательные работы, пост безопасности, контрольное давление, упрощенные расчеты

Strelec V.M., Borodich P.YU., Kovalev P.A.

**Ground of the simplified calculations on post of safety during work in ASV at liquidation of extraordinary situations in underground passage**

Offered to recommendation an attendant on post of safety upon settlement of temporal descriptions during work in protective respiratory vehicles with the use of the simplified correlations at liquidation of extraordinary situations in underground passage

**Key words:** underground, resque work, insulating devices, post of safety, lifeguard, the simplified calculations