

6 стволів „Б”, що складає витрату води з них 16,2 л/с, а згідно рекомендованих даних у він отримує витрату, яка дорівнює 22,2 л/с (різниця на 6 л/с). Тобто, ми отримуємо зайві витрати води, які можуть дати негативний вплив під час прийняття керівником гасіння пожежі рішень на бойові дії (неправильно оцінити забезпеченість об’єкту водою, витратити додатковий час на проведення бойового розгортання, відшуковуючи інші водопостачальники). Аналогічні помилкові рішення можуть прийматись при визначенні фактичної витрати води на гасіння пожежі і захист будівлі, оскільки вона буде перевищувати дійсні витрати стволів, які застосовуються підрозділами пожежної охорони у теперішній час.

В доповіді доводиться, що доцільно проводити розрахунки, використовуючи усереднені значення витрат води ручними пожежними стволами.

УДК 614.84

*П.А.Ковальов, канд.техн.наук, доцент, заст. начальника кафедри ПтаРП,
НУЦЗУ*

Аналіз кількісних показників, що характеризують процес дихання

Процес дихання характеризується великою кількістю різноманітних показників, найбільш важливими з яких є частота дихання, життєва ємність легень, легенева вентиляція, мертвий простір, газообмін у легенях людини, доза споживання кисню.

Частота дихання (f) людини визначається кількістю повних дихальних рухів (вдихів та видихів) в одиницю часу. Частота дихання не є постійною величиною і залежить від декількох чинників. Вона збільшується з підвищенням навантаження на людину і залежить від ступеня її тренуваності. При цьому частота дихання у нетренованої людини, в залежності від фізичного навантаження, збільшується в більшій мірі, ніж у тренуваної. Крім того, частота дихання залежить від статі і віку людини.

В залежності від ступеня важкості робіт, які виконуються у протигазах, усі види робіт (вправ) поділяються на 4 групи: легка, середня, важка, дуже важка. При конструюванні та іспитах ізолюючих апаратів виходять з таких показників частоти дихання:

- повний спочинок – 15 дихальних циклів у хвилину;
- робота середньої важкості – 20 дихальних циклів у хвилину;
- робота важка – 25 дихальних циклів у хвилину;
- дуже важка робота – 30 дихальних циклів у хвилину.

Одним з основних параметрів, який характеризує вентиляційну функцію легень, є об'єм одного вдиху (видиху) або *дихальний об'єм* V_d . За спокійного стану людина вдихає та видихає близько *0,5 літри* повітря. Зі збільшенням навантаження дихальний об'єм повітря зростає.

Людина у змозі недовгий час свідомо міняти звичайну частоту та глибину дихання, припиняти (тамувати) дихання і робити окремі максимально можливі вдихи та видихи. Максимальна кількість повітря, яка може надійти до легень після звичайного вдиху, називається *додатковим об'ємом вдиху* $V_{дод}$. Для дорослої людини він складає в середньому *1,5 л*. Максимальна кількість видихуваного повітря після звичайного видиху називається *резервним об'ємом видиху* $V_{рез}$. Крім цього, після максимального видиху в легенях людини залишається ще *1-1,5 л* повітря (так зване *залишкове повітря* $V_{зал}$).

Сума об'ємів дихального, додаткового та резервного повітря називається *життєвою ємністю легень (ЖЄЛ)*. *ЖЄЛ* показує об'єм повітря, яке людина здатна видихнути з легень після глибокого вдиху, та характеризує її фізичний розвиток. За більшого значення *ЖЄЛ* органи дихання можуть забезпечити виконання більш інтенсивної та тривалої фізичної роботи. У нетренованої дорослої людини *ЖЄЛ* (її визначають за допомогою спірометра) у середньому дорівнює *3,5 л*, у тренуваної – близько *5 л* (тобто дихальний мішок регенеративного дихального апарата не повинен мати корисну місткість менше *5 л*), але може бути і більше. Таким чином, ізолюючий апарат повинен забезпечити вдих, який дорівнює *ЖЄЛ*. Це здійснюється за рахунок запасу газоповітряної суміші і подачі додаткової кількості повітря легенеvim автоматом.

Перевищення *ЖЄЛ* (*6 л* і більше) небажано для роботи людей у регенеративних дихальних апаратах, тому що при цьому протигаз повинен мати збільшену корисну ємність дихального мішка, а також, відповідно, габарити і масу.

Найбільш поширеною і важливою характеристикою вентиляційної функції легень, яку використовують у більшості розрахунків, пов'язаних з обґрунтуванням вимог до створення та експлуатації засобів індивідуального захисту органів дихання, є *легенева вентиляція* ω_n . Вона визначається кількістю повітря, що циркулює в легенях за одиницю часу. Оскільки це об'ємна кількість повітря, що протягом *1 хвилини* вдихає або видихає людина, то легенева вентиляція дорівнює результату множення частоти дихання f на дихальний об'єм V_d повітря:

$$\omega_n = f \cdot V_d . \quad (1)$$

У стані спокою доросла людина робить *15-18* дихальних рухів (дихальних циклів) у хвилину, дихальний об'єм (або глибина дихання) у

цьому випадку дорівнює близько $0,5$ л, а легенева вентиляція, відповідно, $7-9$ л/хв. При фізичному навантаженні, яке супроводжується прискоренням окислювальних процесів в тканинах та підвищенням їх потреби в кисню, показники всіх трьох параметрів збільшуються. Дуже важке фізичне навантаження характеризується частотою дихання до $40-45$ хв⁻¹, глибиною $3,5-4$ л та легеневою вентиляцією до 150 л/хв (останній показник, до речі, зумовлює тактико-технічні вимоги до легневих автоматів резервуарних та регенеративних апаратів).

У той час, за нормами Системи стандартів безпеки праці (ССБП), легенева вентиляція під час роботи в засобах індивідуального захисту органів приймається:

- повний спокій – $12,0$ л/хв;
- робота середньої важкості – $30,0$ л/хв;
- тяжка робота – $60,0$ л/хв;
- дуже тяжка робота – $84,0$ л/хв.

Деяке розходження з наведеним раніше пояснюється особливостями дихання та роботи в апаратах. Так, навіть перебування в апараті у стані повного спокою дещо збільшує частоту дихання, а дуже велике фізичне навантаження не може здійснюватись протягом часу, який перевищує декілька хвилин. Тобто дуже тяжка робота являє собою чергування дуже великого фізичного навантаження та навантаження середнього рівня.

Збільшення вентиляції легень відбувається як за рахунок збільшення частоти дихання, так і за рахунок збільшення глибини дихання. Проте, слід мати на увазі, що за незначного збільшення числа вдихів можна цілком використовувати **ЖЄЛ**. За більшого збільшення частоти дихання можливість використання **ЖЄЛ** знижується. Звідси впливають дві важливі особливості, котрі необхідно враховувати при роботі в ізолюючих апаратах.

По-перше, до цієї роботи варто залучати осіб, які добре підготовлені з фізичного боку і мають малу частоту дихання. Надмірне збільшення вентиляції легень під час роботи в апаратах небажано. Тому під час роботи в ЗІЗОД необхідно стежити за частотою дихання та за значного її збільшення робити паузи в роботі з тим, щоб знизити розміри легеневої вентиляції.

По-друге, показник легеневої вентиляції ω_l приймається за основу при визначенні часу роботи в ЗІЗОД. У розрахунках часу роботи газодимозахисників в регенеративних дихальних апаратах приймається, що вони виконують роботу середньої ваги, чергуючи важку або дуже важку роботу, якщо така має місце, з відпочинком. Тобто $\omega_l = 30$ л/хв. Робота в апаратах на стиснутому повітрі, які мають більшу вагу і значно менший час захисної дії, ніж регенеративні, являє собою чергування

важкої роботи з роботою середньої важкості. При цьому значення легеневої вентиляції приймається $\omega_l = 40 \text{ л/хв}$.

Мертвий простір визначається об'ємом повітря, який не бере участі в процесі газообміну. Мертвий простір складається з мертвих просторів людини і безпосередньо апарата. Мертвий простір людини дорівнює сумі об'ємів повітря, що залишається в носовій порожнині, гортані, трахеї, бронхах і бронхіолах при видиху. Об'єм мертвого простору в дорослої людини досить великий і складає в середньому 140 мл . Кожний апарат має свій мертвий простір. За вимогами ССБП об'єм мертвого простору протигазів не повинен перевищувати під час користування дихальною маскою 200 мл .

Оскільки повітря, що не бере участі в процесі газообміну, містить мало кисню й значною мірою забруднене вуглекислим газом, воно шкідливо впливає на процес дихання. Тому мертвий простір іноді називають **шкідливим простором**.

Важливою характеристикою, особливо під час розгляду регенеративних дихальних апаратів, є **доза q споживання кисню**, яка визначається споживанням кисню ω_s , який поглинає людина з повітря. Кількість визначається як результат помноження легеневої вентиляції на долю відбору кисню S_0 людиною в процесі дихання (S_0 ще називають **коефіцієнтом відбору кисню** з дихальної суміші):

$$q = \omega_s = \omega_l \cdot S_0. \quad (2)$$

Споживання кисню є похідною від частоти серцевих скорочень в особи, яка виконує роботу, і характеризується даними, що приведено в таблиці 2.7. Для газодимозахисників, які працюють в регенеративних дихальних апаратах, доза споживання повітря оцінюється в середньому як при виконанні роботи середньої ваги. Тому для таких апаратів захисту постійна подача, яка дорівнює дозі споживання кисню, дорівнює:

$$q = \omega_l \cdot (S_{\text{вд02}} - S_{\text{вд02}}) = 30 \cdot 0,0455 = 1,365 \text{ [л/хв]}, \quad (3)$$

де $S_{\text{вд02}} \approx 0,2095$ - доля кисню у вдихуваному повітрі;

$S_{\text{вд02}} \approx 0,164$ - доля кисню у вдихуваному повітрі.