**УДК 351.861**

**ДОСЛІДЖЕННЯ КІЛЬКІСНИХ ПОКАЗНИКІВ, ЩО ХАРАКТЕРИЗУЮТЬ ПРОЦЕС ДИХАННЯ**

*П.Ю. Бородич, к.т.н., доцент, Національний університет цивільного захисту України*

*В.Г. Кононович, начальник кафедри, к.н.з держ.упр.,доцент, НУЦЗ України,*

*В.О. Мірошниченко, здобувач вищої освіти, НУЦЗ України*

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 людини визначається кількістю повних дихальних рухів (вдихів та видихів), здійсненою 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 тренованості. При цьому частота дихання у нетренованої людини, залежно від фізичного навантаження, збільшується в більшій мірі, ніж у тренованої. Крім того, частота дихання залежить від статі і віку людини.

Одним з основних параметрів, який характеризує вентиляційну функцію легень, є об’єм одного вдиху (видиху), або дихальний об’єм. За спокійного стану людина вдихає та видихає близько 0,5 літра 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 поступити в легені після звичайного вдиху, називається додатковим об’ємом вдиху. Для дорослої людини він становить в середньому 1,5 л. Максимальна кількість видихуваного повітря після звичайного видиху називається резервним об’ємом видиху. Крім того, після максимального видиху в легенях людини залишається ще 1–1,5 л повітря (так зване залишкове повітря).

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 тренованої – близько 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 легеневим автоматом. Перевищення ЖЄЛ (6 л і більше) є небажаним для роботи людей у регенеративних дихальних апаратах, тому що при цьому протигаз повинен мати збільшену корисну ємність дихального мішка, а також відповідні, 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. 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 легеневу вентиляцію іноді розглядають як результат множення частоти дихання f на дихальний об’єм повітря. 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 у тканинах та підвищенням їх потреби в кисню, показники всіх трьох параметрів підвищуються. Дуже важке фізичне навантаження характеризується частотою дихання до 40–45 хв-1, об’ємом 3,5–4 л та легеневою вентиляцією до 150 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 важка 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 на увазі слід мати, що за незначного збільшення числа вдихів можна цілком використовувати ЖЄЛ. За більшого підвищення частоти дихання можливість використання ЖЄЛ знижується. Звідси випливають дві важливі особливості, котрі необхідно враховувати при роботі в ізолюючих апаратах.

По-перше, до цієї роботи слід залучати осіб, які добре підготовлені з фізичного боку і мають малу частоту дихання. Надмірне збільшення вентиляції легень під час роботи в апаратах є небажаним. 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 береться за основу при визначенні часу роботи в ЗІЗОД. У розрахунках часу роботи газодимозахисників у регенеративних дихальних апаратах приймається, що вони виконують роботу середньої важкості, чергуючи важку або дуже важку роботу, якщо така має місце, з відпочинком. 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 40 л/хв.

Мертвий простір визначається об’ємом повітря, який не бере участі у 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 є досить великим і становить в середньому 140 мл. Кожний апарат має свій мертвий простір. Об’єм мертвого простору протигазів не повинен перевищувати під час користування дихальною маскою 200 мл. Оскільки повітря, що не бере участі у процесі газообміну, містить мало кисню й у значній мірі забруднене вуглекислим газом, воно шкідливо відбивається на процесі дихання. Тому мертвий простір іноді називають шкідливим простором. Важливою характеристикою є доза споживання кисню, яка визначається споживанням кисню, який поглинає людина з повітря. Кількість визначається як результат помноження легеневої вентиляції на долю відбору кисню людиною у процесі дихання (ще називають коефіцієнтом відбору кисню з дихальної суміші). Споживання кисню є похідною від частоти серцевих скорочень в особи, яка виконує роботу. Для газодимозахисників, які працюють у регенеративних дихальних апаратах, доза споживання повітря оцінюється в середньому як при виконанні роботи середньої важкості. Тому для таких апаратів захисту постійна подача, яка дорівнює дозі споживання кисню. Взаємозв’язок кількісних показників дихання, до яких необхідно віднести також і об’ємну швидкість виділення вуглекислого газу (л/хв), об’ємну швидкість поглинання (споживання) кисню (л/хв) та дихальний коефіцієнт зумовлює дихальні режими. При цьому головною при визначенні дихального режиму є об’ємна швидкість виділення вуглекислого газу, яка характеризує рівень енергетичного обміну в організмі. Для кожного дихального режиму є можливими сім комбінацій значень. Одна з них відповідає основному значенню – це основний дихальний режим. Інші шість комбінацій відповідають збільшеному або зменшеному значенню одного з трьох параметрів – це додаткові дихальні режими. Таким чином система містить 15 основних та 90 додаткових дихальних режимів, які охоплюють діапазон дихання людини як за енергетичним рівнем, так і за індивідуальним відхиленням окремих параметрів. Запропонована система дихальних режимів реалізується як під час приймання нових зразків ізолюючих апаратів, так і під час виконання дослідних робіт при створенні нових дихальних апаратів. Практично дихальні режими реалізуються під час випробувань ізолюючих дихальних апаратів на установці «Штучні легені».