

**КАФЕДРА ОРГАНІЗАЦІЇ СЛУЖБИ ТА ПІДГОТОВКИ
УНІВЕРСИТЕТУ ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ УКРАЇНИ**

В.М. Стрілець, П.А. Ковальов

**ОСНОВИ СТВОРЕННЯ ТА ЕКСПЛУАТАЦІЇ
ЗАСОБІВ ІНДИВІДУАЛЬНОГО ЗАХИСТУ
ОРГАНІВ ДИХАННЯ**

**Практикум
Лабораторні роботи**

Харків 2007

УДК 614.846
ББК 30.5
О 75

Рецензенти: О.І. Черненко, начальник оперативно-координаційного центру ГУ МНС України в Харківській області;

Ю.В. Буц, завідувач кафедри безпеки життєдіяльності та екології, кандидат географічних наук, доцент.

Стрілець В.М., Ковальов П.А.

Основи створення та експлуатації засобів індивідуального захисту органів дихання: Практикум. Лабораторні роботи. – Харків, УЦЗУ, 2007. – 68с.

Практикум містить навчальний матеріал з основних розділів дисципліни „Основи створення та експлуатації засобів індивідуального захисту органів дихання”, за якими передбачено лабораторні роботи, а також відбиває порядок їх проведення. Наведені зразки журналів лабораторних робіт. Особливістю розроблених лабораторних робіт є те, що деякі з них необхідно проводити в умовах реального професійного середовища.

Практикум призначений для курсантів, слухачів та студентів вищих навчальних закладів МНС України.

ВСТУП

Лабораторне заняття - це вид навчального заняття, на якому курсанти, студенти, слухачі особисто, але під керівництвом викладача, проводять експерименти чи досліди з метою практичного підтвердження окремих теоретичних положень даної навчальної дисципліни.

У випадку, який розглядається, лабораторні заняття спрямовані на отримання тими, хто навчається, навичок в оцінюванні тактико-технічних характеристик засобів захисту органів дихання і показників працездатності газодимозахисників, оволодінні методикою експериментальних досліджень, а також вдосконалення вмінь, які пов'язані з регулюванням окремих вузлів ізолюючих апаратів і використанням лабораторного обладнання та вимірювальної літератури.

Методика проведення розроблених лабораторних робіт передбачає контроль підготовленості курсантів, студентів, слухачів до лабораторної роботи, виконання завдань за темою заняття, а також перевірку оформлення індивідуальних звітів з проведеної роботи та їх захист перед викладачем.

Лабораторні заняття з дисципліни, що розглядається, проходять як у спеціально обладнаних навчальних лабораторіях з використанням устаткування, пристосованого до умов навчального процесу (лабораторних макетів, установок тощо), так і в умовах реального професійного середовища. Враховуючи необхідність роботи в ізолюючих апаратах не рідше одного разу на місяць, лабораторні роботи доцільно планувати таким чином, щоб ряд досліджень виконувався під час виконання вправ в засобах індивідуального захисту органів дихання.

1 ФІЗІОЛОГІЧНІ ОСНОВИ СТВОРЕННЯ ТА ЗАСТОСУВАННЯ ЗАСОБІВ ІНДИВІДУАЛЬНОГО ЗАХИСТУ ОРГАНІВ ДИХАННЯ

1.1 Кількісні показники, 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), зробленою 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 ваги робіт, які виконуються в 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 ваги – 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 біля 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 в легені після звичайного вдиху, називається *додатковим об'ємом вдиху* $V_{\text{доп}}$. Для дорослої людини він складає в середньому 1,5 л. Максимальна кількість видихуваного повітря після звичайного видиху називається *резервним об'ємом видиху* $V_{\text{рез}}$. Крім цього, після максимального видиху в легенях людини залишається ще 1- 1,5 л повітря (так зване *залишкове повітря* $V_{\text{зал}}$).

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* $\omega_{\text{л}}$. Вона визначається кількістю повітря Q , що циркулює в легенях за одиницю t часу (або кількістю повітря, яке необхідне людині для дихання на протязі одиниці часу):

$$\omega_{\text{л}} = \frac{Q}{t}. \quad (1.7)$$

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 легених автоматів резервуарних та регенеративних апаратів).

У той же 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 ваги – 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 збільшенні частоти дихання, так і за рахунок збільшення глибини дихання. Проте, на увазі варто мати, що при незначному збільшенні числа вдихів можна цілком використати **ЖЄЛ**. При більшому збільшенні 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 ЗІЗОД необхідно стежити за частотою дихання та при значному її збільшенні робити паузи в роботі з тим, щоб знизити розміри легеневої вентиляції.

По-друге, за основу при визначенні часу роботи в ЗІЗОД приймається показник легеневої вентиляції $\omega_{л}$. 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 $\omega_{л} = 30 \text{ л/хв}$. 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 ваги. При цьому значення легеневої вентиляції приймається $\omega_{л} = 30 \div 40 \text{ л/хв}$.

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 у значній мірі забруднене вуглекислим газом, воно шкідливо відбивається на процесі 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*):

$$q = \omega_s = \omega_l \cdot S_0. \quad (1.8)$$

Споживання кисню є похідною від частоти серцевих скорочень в особи, яка виконує роботу. 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,

$$q = \omega_l \cdot (S_{\text{вд}02} - S_{\text{вид}02}) = 30 \cdot 0,0455 = 1,365 \text{ [л/ хв]}, \quad (1.9)$$

де $S_{\text{вд}02} \approx 0,2095$ - доля кисню у вдихуваному повітрі;

$S_{\text{вид}02} \approx 0,164$ - доля кисню у видихуваному повітрі;

приймається в межах $1,4 \pm 0,2 \text{ л/хв}$.

Таким чином, з наведеного вище видно, що показник легеневої вентиляції є одним із самих важливих і зумовлює як більшість фізіологічних процесів, які відбуваються в організмі людини, так і основні тактико-технічні характеристики резервуарних та регенеративних дихальних апаратів.

1.2 Лабораторна робота „Дослідження легеневої вентиляції”

1.2.1 Особливості дослідження легеневої вентиляції

Метою дослідження є оцінка рівня легеневої вентиляції при виконанні в апаратах роботи різного ступеня важкості. При дослідженні використовуються апарати на стислому повітрі.

Ті, кого досліджують, виконують в апаратах роботу відповідного ступеня важкості:

- спокій;
- легка;
- середньої важкості;
- тяжка;
- дуже тяжка.

Перед проведенням досліджень виконується перша перевірка апаратів та перед включенням – бойова перевірка. Відпочинок при виконанні кожного з видів роботи повинен бути таким, щоб ті, у кого визначають легеневу вентиляцію, могли відновитися від попереднього навантаження. Також необхідно слідкувати за їх станом здоров'я (контролювати частоту серцевих скорочень), щоб не допустити перевтоми досліджуваних. У разі перевищення показника частоти серцевих скорочень рівня 170 хв^{-1} , припинити виконання вправи.

Рекомендуються наступні вправи. При виконанні першого виду роботи досліджувані, включені в апарати, знаходяться у повному спокою (сидячи) протягом 10 хвилин. Виконуючи легку роботу вони із зав'язаними очима пересуваються по приміщенню протягом 10 хвилин. Під час виконання роботи середнього ступеня важкості виконується підйом на сходи висотою 21 см протягом 4 хвилин із швидкістю 20 сходів за 1хвилину. При тяжкій роботі – підйом на сходи висотою 42 см протягом 4 хвилин із швидкістю 20 сходів за 1хвилину. Виконуючи дуже тяжку роботу, досліджувані роблять підйом на сходи висотою 42 см протягом 5 хвилин із швидкістю 30 сходів за 1хвилину.

У кожному з випадків заміряється початковий тиск ($P_{\text{поч}}, \text{МПа}$) та тиск по закінченню виконання роботи ($P_{\text{кін}}, \text{МПа}$), а також фіксується час виконання вправи ($t, \text{хв.}$).

Показники легеневої вентиляції для відповідного ступеня важкості роботи, яка виконувалась, визначаються у відповідності до (1.7), використовуючи закон Бойня-Маріотта, як

$$\omega_{\text{л}} = \frac{(P_{\text{поч}} - P_{\text{кін}}) \cdot V_{\text{б}}}{P_{\text{а}} \cdot t}, \quad (2.10)$$

де $P_{\text{а}} \approx 0,1 \text{ МПа}$ – атмосферний тиск.

За отриманими результатами будується залежність легеневої вентиляції від характеру роботи, яку виконує газодимозахисник.

1.2.2 Порядок виконання лабораторної роботи

1. Виконати першу перевірку АСП
2. Після прибуття до місця дослідження по команді командира ланки виконати бойову перевірку.
3. По команді командира ланки включитися до апарату та виконати роботу відповідного ступеня важкості:
 - спокій;
 - легка;
 - середньої важкості;
 - тяжка;
 - дуже тяжка.
4. Для кожного випадку заміряти початковий та кінцевий тиск (МПа), час виконання відповідної роботи (хвилин).
5. Визначити показники легеневої вентиляції $\omega_{\text{л}}$ за результатами вимірювань для роботи відповідного ступеня важкості:

$$\omega_{\text{л}} = \frac{(P_{\text{поч}} - P_{\text{кін}}) \cdot V_{\text{б}}}{P_{\text{а}} \cdot t},$$

де $P_{\text{а}} \approx 0,1 \text{ МПа}$ – атмосферний тиск.

6. Побудувати залежність легеневої вентиляції від ступеня важкості роботи, яку виконує газодимозахисник.
7. Зробити висновки

1.3 Лабораторна робота „Дослідження подачі кисню в регенеративних дихальних апаратах”

1.3.1 Особливості дослідження подачі кисню в регенеративних дихальних апаратах

Метою дослідження є оцінка рівня подачі кисню при виконанні в регенеративних дихальних апаратах роботи різного ступеня важкості. При дослідженні можуть використовуватись апарати як з комбінованою подачею, так і з економною (або близькою до економної) подачею кисню, які можуть мати згідно із своїми тактико-технічними характеристиками балони різного об'єму.

Послідовність виконання досліджень відповідає послідовності, яка рекомендується в 1.2.1 під час дослідження легеневої вентиляції за допомогою апаратів на стисненому повітрі. Проте, треба мати на увазі, що під час дослідження газодимозахисник не повинен міняти апарат. Це пояснюється не тільки вимогами безпеки його праці, але й тим, що характер залежності подачі кисню від ступеня важкості роботи відрізняється для апаратів з комбінованою та економною подачею кисню. Крім того, постійна подача в кожному конкретному апараті також має своє значення (1,2÷1,6 л/хв.).

Специфічною вимогою, якої треба дотримуватись, є обов'язковий початок з дослідження подачі кисню при перебуванні в спокої. Під час цього етапу через п'ять хвилин після включення обов'язково перевірити, що в апараті відбувається реакція поглинання вуглекислого газу (свідченням цього є нагрів регенеративного патрону).

1.3.2 Порядок виконання лабораторної роботи

1. Виконати першу перевірку регенеративного дихального апарату
2. Після прибуття до місця дослідження по команді командира ланки виконати бойову перевірку.

3. По команді командира ланки включитися до апарату та виконати роботу відповідного ступеня важкості:

- спокій;
- легка;
- середньої важкості;
- тяжка;
- дуже тяжка.

4. Для кожного випадку заміряти початковий та кінцевий тиск (МПа), час виконання відповідної роботи (хвилин).

5. Визначити показники подачі кисню q за результатами вимірювань для роботи відповідного ступеня важкості

$$q = \frac{(P_{\text{поч}} - P_{\text{кін}}) \cdot V_{\text{б}}}{P_{\text{а}} \cdot t},$$

де $P_{\text{а}} \approx 0,1 \text{ МПа}$ – атмосферний тиск.

6. Побудувати залежності подачі кисню від важкості роботи на одному рисунку для газодимозахисників, які працювали в різних апаратах.

Контрольні питання до першого розділу

1. Чим визначаються легенева вентиляція і частота дихання?
2. Нормовані показники легеневої вентиляції та частоти дихання?
3. Чим визначається мертвий простір?
4. Закон Бойля-Маріота
5. Як доза споживання кисню пов'язана з легеневою вентиляцією?
6. У чому полягає різниця між подачею кисню в РДА та дозою споживання кисню?

2 ЗАСОБИ ІНДИВІДУАЛЬНОГО ЗАХИСТУ ОРГАНІВ ДИХАННЯ (ЗІЗОД)

2.1 Класифікація та принцип дії засобів індивідуального захисту органів дихання

Газодимозахисні апарати індивідуального користування одержали загальну назву “засоби індивідуального захисту органів дихання”. ЗІЗОД за своїм призначенням, принципом дії і технічними даними різноманітні. Можна виділити п’ять основних ознак поділу ЗІЗОД (див. рис. 2.1).

За характером навколишнього середовища (газ або рідина) і за його тиском ЗІЗОД поділяють на наземні, висотні й підводні. Наземні дихальні апарати застосовуються на поверхні та під землею при нормальному атмосферному тиску з невеличкими його відхиленнями від середнього рівня (звичайно діапазон приймають 70-125 кПа). Висотні застосовують в основному в авіації (мінімальний тиск, якщо для дихання подається кисень без домішок, складає 7 кПа). Підводні дихальні апарати застосовують для водолазних робіт. Максимальна глибина занурення під воду, за умови дихання спеціальними киснево-гелієвими сумішами, на даний момент перевищує 300м.

Загальний принцип – захист органів дихання від проникнення в них отруйних продуктів горіння.

Ізолюючі дихальні апарати ізолюють органи дихання людини від навколишнього середовища і забезпечують дихання чистим повітрям або повітряно-кисневою сумішшю із самого апарата. Внаслідок цього дихання за допомогою ізолюючих ЗІЗОД універсальне і не залежить від газового складу навколишнього середовища.

На відміну від ізолюючих ЗІЗОД, людина, що включилась у дихальний апарат, що фільтрує, дихає навколишнім повітрям, яке очищається в патроні фільтруючого апарата від шкідливого газу, групи газів або аерозолів.

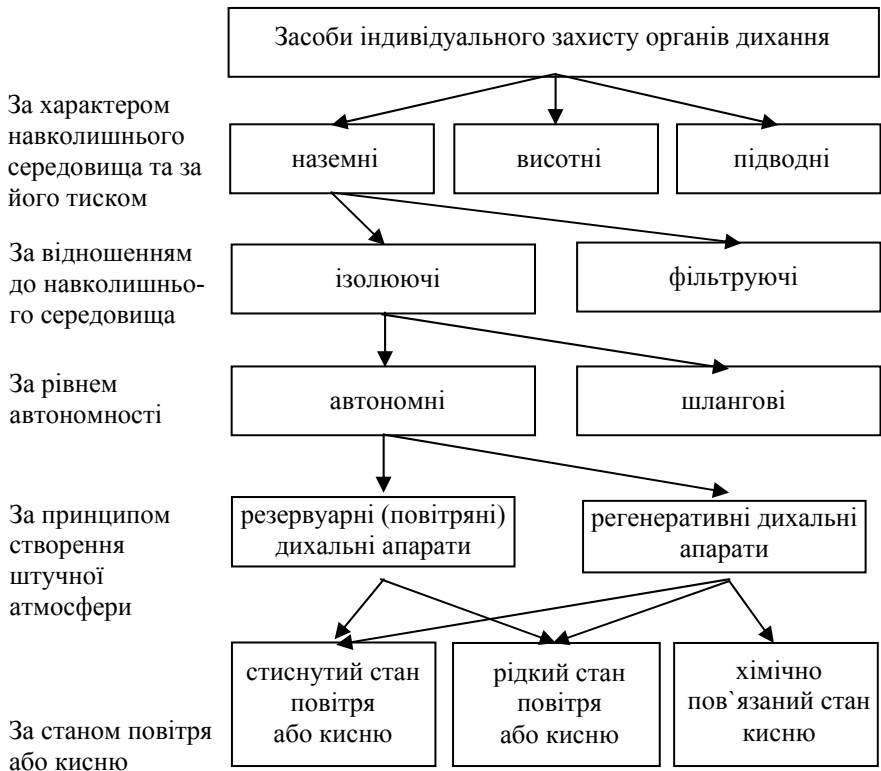


Рисунок 2.1 – Класифікація ЗІЗОД

Застосовувані за методом фільтрації апарати називаються “респіраторами” (від латинського *respiratio* - дихання). Вони фільтрують вдихуване повітря від радіоактивних і отруйних речовин, пилуки, бактеріальних засобів. Перший фільтруючий протигаз був розроблений академіком М.Д.Зелінським. Протигази, що працюють таким чином, стали випускати в 1914 році для російської армії для захисту особового складу від отруйних речовин.

Принцип дії фільтруючих протигазів полягає в тому, що забруднене домішками повітря проходить через фільтр, в якому очищається від домішок, і в очищеному виді надходить в органи дихання людини.

У залежності від призначення, дані ЗІЗОД поділяють на:

- протипилові (ФП) – фільтрують повітря від різноманітних аерозолів (дим, туману, пилюки);

- протигазові (ФГ) – в них повітря фільтрується від парогазоподібних забруднюючих речовин;

- газопилозахисні фільтруючі протигази (ФГП) – повітря очищається від газів, парів і аерозолів різноманітних речовин.

Якщо вміст шкідливої домішки в повітрі занадто великий або патрон, що фільтрує, не розрахований на поглинання даного газу, чи в повітрі недостатня кількість кисню, фільтруючі ЗІЗОД не придатні для захисту дихання.

Будь-який протипиловий респіратор складається з фільтра для очистки забрудненого повітря й лицьової частини, за допомогою якої цей фільтр підключається до органів дихання. Вони можуть бути різноманітними за своєю конструкцією і формою, в залежності від типу респіратора. Прикладом таких апаратів служить респіратор ПРШ-741. Елементом фільтруючого респіратора є матеріал ФПП (“фільтр Петрова” із перхлорвінілу). Завдяки великій площі фільтра, респіратор характеризується підвищеною пилоємкістю. У промисловості використовуються також і деякі інші типи протипилових респіраторів: У-2К; ШБ-1 ”Пелюсток”; “Кама”; “Снежок-П”; “Астра-2”; Ф-62Ш, РПА-1 та ін.

У сучасних високоефективних протипилових респіраторах фільтрація повітря від аерозолів являє собою непросте відсівання часток пористою перегородкою типу сита і є складним процесом осадження часток на волокна фільтруючого матеріалу.

Протигазові ЗІЗОД захищають органи дихання людини від різноманітних шкідливих речовин у виді парів і газів, а газопилозахисні використовуються для одночасного захисту від аерозолів і газів. Основним конструкційним вузлом цих ЗІЗОД є фільтруючий елемент, спроможний поглинати, у першому випадку, парогазові речовини, а в другому випадку – гази й аеродисперсні домішки. Поглинання газів і парів відбувається за рахунок фізико-хімічних процесів (адсорбції, абсорбції, хемосорбції, каталізу й ін.), що відбуваються у фільтруючому

елементі. В якості адсорбентів використовують природні або штучні тіла з розвиненою поверхнею, що добре поглинає (адсорбує) речовини з повітря (активне вугілля, силікагелі, алюмогелі, алюмосилікатні каталізатори, іоніти й ін.).

Найбільш широке поширення в протигазовій техніці одержали сорбенти у вигляді активованого вугілля різноманітних марок, що має високорозвинену поверхню. У газопилозахисних ЗІЗОД, крім сорбційних матеріалів, застосовується також протиаерозольний фільтр. У залежності від конструктивного виконання, дану групу ЗІЗОД підрозділяють на респіратори, протигази і самоврятувачі. У промислових протигазах в якості лицьової частини використовується шолом-маска або маска, а фільтруючий елемент виконано у виді протигазової коробки різноманітної конструкції, яка заповнена шихтою.

Метод ізоляції застосовується для захисту від шкідливої дії продуктів горіння, склад яких заздалегідь не відомий. Сутність методу ізоляції полягає в тому, що дихальні органи людини цілком ізолюються від навколишнього середовища. Ізолюючі апарати можуть бути як автономними, так і неавтономними (шлангові).

Автономні дихальні апарати забезпечують подачу дихальної суміші з власного, індивідуального джерела повітропостачання, знаходяться при людині і дозволяють їй переміщатися в будь-якому напрямку на необхідну для рятувальних операцій відстань.

В шлангових дихальних апаратах подача повітря, придатного для дихання, здійснюється ззовні робочої зони по шлангу невеличкої довжини, що обмежує рухливість (ще в 1785 р. французькі конструктори запропонували всмоктувальний шланг довжиною 40 м як засіб захисту органів дихання). Шлангові апарати поділяються на самоусмоктуючі, в яких чисте повітря всмоктується за рахунок легень людини, із примусовою подачею повітря за допомогою повітродувки та з подачею стиснутого повітря від компресора. Переваги всіх цих апаратів – простота конструкції і невелика маса спорядження, що надівається на людину.

Шлангові протигази першими одержали деяке поширення в пожежній охороні на початку ХХ сторіччя. Найбільш простий із них шланговий самоусмоктуючий протигаз, що має маску та приєднаний до неї шланг, другий кінець якого знаходиться на свіжому повітрі. Вони можуть захищати органи дихання людини як в атмосфері, що містить шкідливі гази у великих концентраціях, так і в атмосфері, в якій має місце нестача кисню. Шлангові протигази найбільш зручні для здійснення тривалих робіт на невеликій відстані від свіжого повітря. Час дії цих апаратів захисту не обмежено. На сьогодні шлангові протигази цілком витиснені резервуарними та регенеративними апаратами захисту.

В регенеративних апаратах атмосфера для дихання створюється за рахунок регенерації видихуваного повітря шляхом поглинання з нього вуглекислого газу і додавання кисню з наявного в апараті запасу, після чого регеноване повітря поступає на вдих. Таку схему дихання називають “закритою”.

Принцип роботи регенеративного дихального апарата (РДА):

- 1) замкнута ізольована система (закрита система дихання);
- 2) очищення повітря, яке видихнув газодимозахисник, від вуглекислого газу;
- 3) перемішування очищеного повітря з киснем, що додатково надійшов.

Принципова схема РДА (див. рис. 2.2) складається з повітропровідної та киснепостачальної систем.

Повітропровідна система включає лицьову частину 1, слюнозбірник 2, дихальні шланги 3 та 4 і клапани 5 та 6, регенеративний патрон 7, холодильник 8, дихальний мішок 9 і збитковий клапан 10.

У киснепостачальну систему входять контрольний прилад 11 (індикатор), що показує запас кисню в апараті, пристрій 12 для додаткової подачі кисню, пристрій 13 основної подачі кисню, запірний пристрій 14 і ємність 15 для зберігання кисню (як правило, кисневий балон).

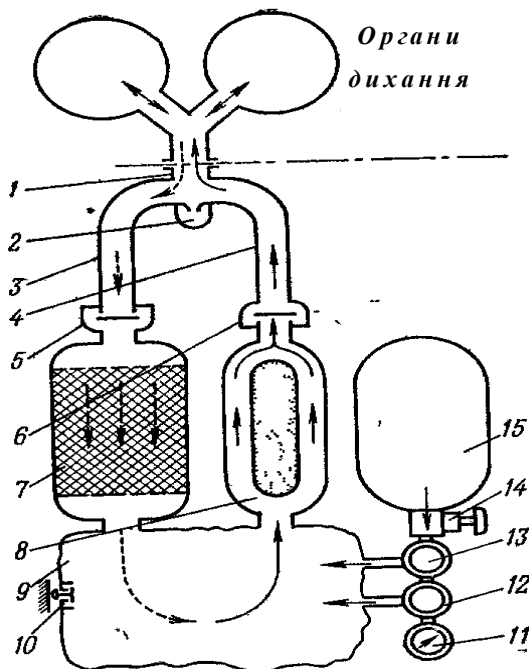


Рисунок 2.3 – Схема регенеративного дихального апарата

Лицьова частина 1 служить для приєднання повітропровідної системи РДА до органів дихання людини. Спільно з легеньми вона складає єдину замкнуту систему “апарат – органи дихання”, яка ізолювана від навколишнього середовища. В цій замкнутій системі під час дихання деякий об’єм повітря здійснює перемінний за напрямком рух між двома еластичними елементами: самими легеньми та дихальним мішком 9. Завдяки клапанам 5 та 6, цей рух йде по замкнутому колу: видихуване з легень повітря проходить в дихальний мішок по гілці видиху (1, 3, 5, 7), а вдихуване повітря повертається в легені по гілці “вдиху” (8, 6, 4, 1). Така схема циркуляції повітря отримала назву “кругової”.

Окремо виділяються РДА з хімічно пов’язаним киснем (див. рис. 2.3), в яких останній міститься в гранульованому продукті на базі супероксидів лужних металів і виділяється під

час реакції поглинання продуктів вуглекислого газу і водяних парів, які мають місце у видихуваному повітрі.

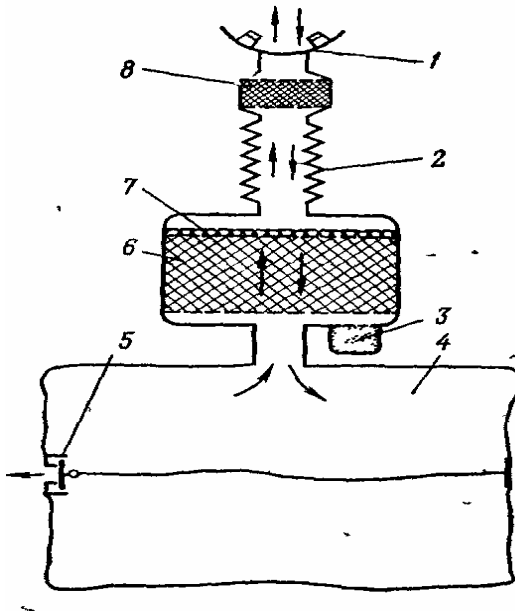


Рисунок 2.3 – Схема РДА з хімічно пов'язаним киснем

1 – лицева частина; 2 – дихальний шланг; 3 – пусковий пристрій; 4 – дихальний мішок; 5 – збитковий клапан; 6 - регенеративний патрон; 7 – фільтр; 8 – тепловологообмінник.

В резервуарних апаратах (див. рис.2.4) весь необхідний для вдиху запас повітря зберігається в балоні у стиснутому або рідкому стані, а видих здійснюється в атмосферу. Така схема дихання називається “відкритою”. Ця принципова відзнака від регенеративних ЗІЗОД призводить до того, що запас газу для дихання в резервуарних повинен бути більше, ніж запас кисню в регенеративних, у 20-25 разів.

Ідея використання стиснутого повітря при роботі в непридатному для дихання середовищі, була запропонована в 1871 році російським інженером А.І. Лодигіним. Перший

апарат, який працював на стиснутому повітрі, сконструював мічман А. Хотинський у 1873 році. Він являв собою еластичний газонепроникний мішок, що наповнювався повітрям під нормальним тиском. Проте такий апарат не знайшов широкого застосування, оскільки запас повітря забезпечував можливість роботи протягом кількох хвилин. Надалі, по мірі розвитку техніки одержання стиснутого повітря, еластичні мішки були замінені більшими балонами і час захисної дії проти газів зріс до 30 хв. З'явилася група ізолюючих проти газів резервуарного типу з розімкнутим циклом дихання.

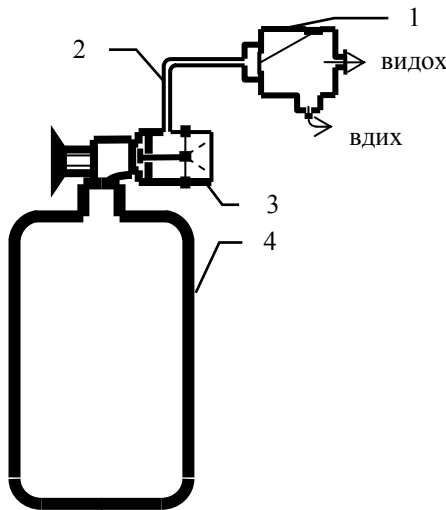


Рисунок 2.4 – Принципова схема резервуарного дихального апарата

1 – легеневий автомат; 2 – гнучкий шланг; 3 – редуктор; 4 – балон(и) зі стисненим повітрям

До складу апаратів на стисненому повітрі (див. 2.4) входять балон (-и) 4 зі стисненим повітрям, редуктор 3, що забезпечує зниження тиску повітря до безпечного для дихання людини рівня, гнучкого шлангу 2 та легеневого автомату 1, який постачає редуковане повітря до органів дихання газодимозахисника тоді, коли це їй потрібно.

Принцип роботи резервуарних ЗІЗОД – пульсуюча подача повітря для дихання (тільки на вдих) за відкритою схемою, тобто з видихом в атмосферу. При цьому виключається перемішування видихуваного повітря з вдихуваним або повторне його використання, як це відбувається в апаратах із замкнутою схемою дихання.

Важливим показником автономних апаратів є питомий час захисної дії, який являє собою час захисної дії, що припадає на 1 кг маси апарата. Для резервуарних дихальних апаратів він складає 4-6 хв/кг, тоді як для регенеративних – 18-24 хв/кг.

Окремо необхідно відмітити, що серед резервуарних апаратів також існують так звані комбіновані апарати (наприклад, ШАП-62, АВМ-3), в яких повітря подається в залежності від місця бойової роботи спочатку по шлангах (як в шлангових апаратах), а потім (або у випадку розриву шлангу) – з балону.

2.2 Дослідження особливостей роботи в ізолюючих апаратах

2.2.1 Використання навантажувальних тестів для оцінки працездатності газодимозахисників

Оцінка працездатності газодимозахисників на сучасному рівні неможлива без широкого застосування навантажувальних тестів, оскільки данні обстежень, якщо їх провести в стані спокою, не повністю відбивають функціональний стан і резервні можливості організму, що задіюються під час виконання бойової роботи.

Задачі навантажувальних тестів:

- визначення працездатності та придатності до виду діяльності, яка розглядається (в нашому випадку до роботи в одному з типів ізолюючих апаратів);

- детальна оцінка функціонального стану та резервних можливостей газодимозахисника.

Тестування дозволяє оцінювати функціональний стан організму в цілому, його готовність до виконання функціональних обов'язків в конкретному ізолюючому апараті, рівень загальної та спеціальної працездатності та ін.

Всі матеріали тестування розглядаються не ізольовано, а комплексно з іншими ергономічними показниками. В самому загальному вигляді до тестів висуваються вимоги, найбільш важливими серед яких є надійність та валідність функціональних проб. В першому випадку мова йде, головним чином, щодо повтору результату при збереженні незмінним функціонального стану організму тієї людини, яка досліджується, та зовнішніх умов проведення тестів. У другому – про точність, з якою виконуються вимірювання того або іншого параметру, інформативність проби.

Розділяють наступні види вхідних дій, які використовуються при тестуванні:

- фізичне навантаження;
- зміна положення тіла в просторі;
- зміна газового складу повітря, яке вдихується.

Внаслідок складності досліджень та низької інформативності для вирішення поставлених питань порівняльної оцінки різноманітних ізолюючих апаратів тести, які пов'язані з питаннями зміни газового складу повітря, що вдихується, розглядатись не будуть.

Найбільш часто у якості вхідної дії застосовується фізичне навантаження, форми якого можуть бути різноманітними. При використанні рухових тестів, особливо у нетренованих людей, можуть виникнути складності, які в більшості випадків пов'язані з перевантаженням досліджуваного. Для їх уникнення дотримуються визначених правил.

Існуючі тести мають добру фізіологічність, простоту та доступність. Вони не вимагають дорогого обладнання та спеціальних навичок. Використання навіть найбільш простого степ-тесту дозволяє отримати достатню фізіологічну та клінічну інформацію. Внаслідок цього двоступеневий тест знайшов широке застосування для оцінки рівня витривалості як у нас в країні, так і за кордоном.

У самому загальному вигляді фізична працездатність пропорційна тій кількості механічної роботи, яку людина здатна виконувати з високою ефективністю досить протяжно.

Для оцінки рівня фізичної працездатності газодимозахисника можна використовувати метод функціональної проби з дозованим фізичним навантаженням (степ-тест). Для проведення тесту потрібні сходинок висотою 25 та 50 см, секундомір і метроном. Тест полягає в контролі за частотою серцевих скорочень (ЧСС) на початку 4 хвилини виконання першого та другого фізичного навантаження.

Газодимозахисник (у повсякденному одязі) при температурі 20⁰С виконує два фізичних навантаження підіймаючись на сходинок на протязі 4 хвилин. Перше навантаження виконується при підйомі на сходинок висотою 25 см та спуск з неї зі швидкістю $f = 20$ сходів за 1 хвилину, друга (вона проводиться через 2 хвилини після першої) – в підйомі на сходинок висотою 50 см у тому ж темпі. Темп підйому задається метрономом. Пульс прощупується пальцями на лівій артерії кисті руки або, при наявності апаратури, дистанційно. Інтегральний показник, який характеризує працездатність людини та рівень його загальної фізичної працездатності, виражається кількісно через показник фізичної працездатності PWS_{170} (кг·м/хв·кг) на 1 кг маси тіла і розраховується за формулою

$$PWS_{170} = \frac{N_1 + (N_2 - N_1) \cdot \frac{170 - P_1}{P_2 - P_1}}{M}, \quad (2.1)$$

де P_1 та P_2 - ЧСС на початку 4-ої хвилини виконання, відповідно, першого та другого фізичного навантаження, удар/хв.;

M - маса тіла, кг;

170 удар/хв. – критерій граничного фізичного навантаження для ЧСС людини;

N_1 та N_2 – потужність виконаної роботи при першому та другому навантаженні, кг·м/хв.;

$$N = f \cdot M \cdot h, \quad (2.2)$$

де $f = 20$ - швидкість підйому на сходинок, 1/хв.;

h - висота сходинки, м.

На основі PWS_{170} оцінюють загальну фізичну працездатність за таблицею 2.1.

Таблиця 2.1 – Показник фізичної працездатності газодимозахисників в залежності від віку

| Вік, років | Фізична працездатність, кг·м/хв. на 1 кг маси тіла | | | | |
|------------|--|-----------|-----------|-----------|-------------|
| | низька | знижена | середня | висока | дуже висока |
| 20-29 | < 14.3 | 14.3-16.2 | 16.3-19.3 | 19.4-20.9 | >21 |
| 30-39 | < 13.0 | 13.0-14.9 | 15.0-17.9 | 18.0-19.1 | >19.2 |
| 40-49 | < 11.6 | 11.6-13.4 | 13.5-16.4 | 16.5-17.9 | >18 |
| 50-59 | < 9.8 | 9.8-12.0 | 12.1-14.9 | 15.0-16.4 | >16.5 |

Поряд з терміном “загальна фізична працездатність” існує термін “спеціальна працездатність”, який характеризує можливість газодимозахисників у випадку, що розглядається, до виконання роботи в специфічних умовах.

Для оцінки рівня адаптації газодимозахисника до фізичних навантажень в тепловій камері він виконує в ній (при температурі 30⁰С та відносній вологості 25-30 %) підйом на сходинку висотою 50 см та спуск з неї на протязі 5 хвилин. Підйом на сходинку виконується в темпі 30 раз за хвилину. Підйом виконується в чотири рухи: 1 — на сходинку ставиться одна нога; 2 - на сходинку ставиться друга нога; 3 – на підлогу ставиться нога, з якої починався рух; 4 – на підлогу ставиться друга нога. У тих випадках, коли газодимозахисник виконує вправу менше 5 хвилин, фіксується час, на протязі якого виконувалась робота. Якщо з-за втоми газодимозахисник не здатний підтримувати заданий темп на протязі 20с, виконання вправи припиняється. При розрахунках приймається фактичний час виконання навантаження.

Після виконання вправи газодимозахисник відпочиває сидячи. Починаючи з другої хвилини, у нього через 30-секундні відрізки підраховують число пульсових ударів (з 60 до 90с; з 120 до 150с та зі 180 до 210с).. Результати цих трьох

підрахунків складають та помножують на два (перевід ЧСС до 1 хвилини). Результати тестування виражають в умовних одиницях у вигляді індексу, так званого, Гарвардського степ-тесту (ІГСТ). Цей показник розраховують за формулою:

$$\text{ІГСТ} = \frac{t \cdot 100}{(f_1 + f_2 + f_3) \cdot 2}, \quad (2.3)$$

де t – фактичний час виконання навантаження, с;

f_1, f_2, f_3 – сума пульсуючих ударів за перші 30с кожної хвилини (починаючи з другої) відновлювального періоду.

Розмір ІГСТ (див. таблицю 2.2) характеризує швидкість відновлювального процесу після напруженої м'язової роботи.

Таблиця 2.2

Оцінка результатів Гарвардського степ-тесту

| | ІГСТ | Оцінка |
|--------|-------|-----------------|
| Менше | 55 | Погана |
| | 55-64 | Нижче середньої |
| | 65-79 | Середня |
| | 80-89 | Добра |
| Більше | 90 | Відмінна |

Для порівняння здатності орієнтуватись у просторі при використанні різноманітних ізолюючих апаратів застосовується показник динамічної стійкості (ДУ). Для цього досліджуваний повинен подолати дистанцію в 10 м вздовж прямої лінії з закритими очима (їх для цього зав'язують або, якщо застосовується шолом-маска, окуляри закриваються непрозорим матеріалом) після того, як його повернуть кілька разів кругом себе.

Показник ДУ розраховується наступним чином:

$$\text{ДУ} = \Delta L \cdot t, \quad (2.4)$$

де ΔL – відхилення від осі при подоланні 10-метрової дистанції з закритими очима, см;

t – час подолання дистанції, с.

2.3 Лабораторна робота „Порівняльна оцінка роботи в ізолюючих апаратах”

2.3.1 Особливості дослідження

Для порівняльної оцінки ефективності використання різноманітних ізолюючих апаратів, у якості можуть бути вибрані апарати на стислому повітрі (наприклад АСВ-2), регенеративні ізолюючі апарати (наприклад, КИП-8 або Р-30) та апарати на хімічно пов'язаному кисню (наприклад, ИП-4), особовий склад ГДЗС, що залучається до дослідження, виконує в цих засобах індивідуального захисту органів дихання тест функціональної проби з дозованим фізичним навантаженням (тобто, при виконанні розрахунків за (2.1) необхідно брати суми мас як безпосередньо газодимозахисника, так і його апарату), Гарвардський степ-тест та тест оцінки динамічної стійкості.

Отримані результати за (2.1), (2.3) та (2.4) кожного газодимозахисника записуються до відповідних таблицях. Там же приводяться підсумкові результати, розрахунок яких виконується із застосуванням методів математичної статистики. У якості підсумкових результатів доцільно вибрати математичне очікування

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}, \quad (2.5)$$

де x_i - результативна оцінка відповідного тесту, яку отримав i -ий газодимозахисник;

n - кількість досліджуваних газодимозахисників;
а також середньоквадратичне відхилення

$$G_x = \sqrt{\frac{1}{n-1} \cdot \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}. \quad (2.6)$$

Після цього отримані підсумкові результати наводяться на графіках, за аналізом яких робляться висновки щодо порівняльної оцінки результатів роботи в ЗІЗОД, які розглядаються.

2.3.2 Порядок виконання

1. Виконати першу перевірку АСП та РДА.

2. Розбити групу тих, хто навчається, на ланки з двох-трьох чоловік (№ 1 працює в РДА; № 2 – в АСП; № 3 – в апараті на хімічно пов'язаному кисню).

3. Після прибуття до місця дослідження по команді командира ланки (№1) другому номеру виконати бойову перевірку АСП. Запис результатів дослідження веде третій номер.

4. По команді командира ланки №2 включитися до апарату та виконати відповідні тести:

– метод функціональної проби з дозованим фізичним навантаженням (підйом на протязі 4 хвилин по чергово через 2 хвилини на сходи висотою 25 та 50 см зі швидкістю 20 сходів за хвилину);

– динамічної стійкості (рух на відстань 10 м по прямій лінії з закритими очима після 3-5 обертів) ;

– Гарвардський степ-тест (підйом на сходинку висотою 50 см та спуск з неї на протязі 5 хвилин зі швидкістю 30 сходів за хвилину).

5. У першому випадку заміряємо ЧСС на початку четвертої хвилини, у другому - відхилення від осі, у третьому – ЧСС за 20 секунд: з 60-ї до 90-ї секунди; з 120-ї до 150-ї та з 180-ї до 210-ї секунди.

6. Поміняти командира ланки, яким призначається №3. За його командами під контролем викладача першому номеру здійснити бойову перевірку РДА та виконати вправи за п.п. 3-5. Запис результатів веде другий номер.

7. Поміняти командира ланки, яким призначається №2. За його командами під контролем викладача третьому номеру здійснити бойову перевірку АХПК та виконати вправи за п.п. 3-5. Запис результатів веде перший номер.

8. Визначити показники фізичної працездатності, динамічної стійкості та адаптації до фізичних навантажень за результатами вимірювань для відповідних тестів.

9. Побудувати залежність працездатності від типу ізолюючого апарата.

10. Побудувати залежність здатності орієнтуватись у просторі від типу ізолюючого апарата.

11. Побудувати залежність адаптації до фізичного навантаження від типу ізолюючого апарата.

Контрольні роботи до другого розділу

1. Яким чином здійснюється осадження диму і шкідливих газів?

2. Яким чином поділяються засоби індивідуального захисту органів дихання за різними класифікаційними признаками?

3. Чому дорівнює питомий час захисної дії АСП з масою 15 кг та часом захисної дії 1 година?

4. Принцип роботи різноманітних ізолюючих апаратів

5. Недоліки та переваги різноманітних за принципом дії ізолюючих апаратів

6. Характеристики навантажувальних тестів

7. Яким чином змінення характеру(ступеня її важкості) роботи впливає на час захисної дії ізолюючих апаратів, що мають різний принцип дії?

8. В якому діапазоні знаходяться показники, що характеризують витрати запасу повітря (в АСП) та кисню (в РДА)?

3 ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ГЕРМЕТИЧНОСТІ ІЗОЛЮЮЧИХ АПАРАТІВ

3.1 Ізоляція системи ”дихальний апарат-органи дихання” від навколишнього середовища

3.1.1 Шляхи проникнення навколишнього повітря в середину апарата

ЗІЗОД цілком ізолюють органи дихання людини від навколишнього середовища. Проте ступінь ізоляції системи “ЗІЗОД - органи дихання людини” від навколишнього середовища або ж герметичність цієї системи не може бути абсолютною.

У повітропровідній системі апарата, або її частині в періоди вдихів створюється розрідження, яке залежить від типу дихального апарата й інтенсивності фізичного навантаження. Під дією різниці тисків зовні й усередині системи навколишнє повітря, що містить шкідливі домішки, може проникати двома шляхами:

- через недостатньо затягнуті з’єднання повітропровідної системи, або через ушкодження цілісності її оболонки;
- через нещільне з’єднання лицьової частини апарата з органами дихання людини.

Проникнення у повітропровідну систему шкідливих газів у результаті дифузії через гумові стінки дихального мішка є незначним.

Ступінь герметичності характеризують коефіцієнтом проникнення в систему “апарат-органи дихання” навколишнього повітря, що містить шкідливі домішки (коефіцієнтом підсосу (3.2) або коефіцієнтом захисту (3.3), який однозначно характеризує ефективність ізоляції ЗІЗОД і органів дихання від навколишнього середовища, а його числове значення показує, у скільки разів вміст шкідливого газу в повітрі, яке вдихується під час перебування в ЗІЗОД, нижче, ніж у навколишньому повітрі.

Фізичний зміст зазначеного коефіцієнта подібний такому для коефіцієнту токсичної небезпеки середовища $K_{ТН}$.

Як було зазначено вище, для забезпечення захисту органів дихання повинна дотримуватися умова (3.4). Очевидно, що коли коефіцієнт захисту K_3 дорівнює коефіцієнту токсичної небезпеки $K_{ТН}$, людина буде вдихати повітря з концентрацією, яка дорівнює гранично допустимій.

Позначимо через $K_{П1}$ і $K_{П2}$ коефіцієнти підсосу відповідно через нещільність повітропровідної системи і нещільності в з'єднанні лицьової частини з органами дихання, а через K_{31} і K_{32} - коефіцієнти захисту відповідно за герметичністю повітропровідної системи й лицьової частини. Тоді загальний коефіцієнт підсосу $K_{П}$ дорівнює сумі коефіцієнтів підсосу повітропровідної системи та лицьової частини, оскільки:

$$K_{П} = \frac{\omega_{п}}{\omega_{л}} = \frac{\omega_{п1} + \omega_{п2}}{\omega_{л}} = \frac{\omega_{п1}}{\omega_{л}} + \frac{\omega_{п2}}{\omega_{л}} = K_{П1} + K_{П2}. \quad (3.10)$$

У той же час

$$K_3 = \frac{1}{K_{П}} = \frac{1}{K_{П1} + K_{П2}} = \frac{1}{\frac{1}{K_{31}} + \frac{1}{K_{32}}} = \frac{K_{31} \cdot K_{32}}{K_{31} + K_{32}}. \quad (3.11)$$

Тобто загальний коефіцієнт захисту K_3 не дозволяється розглядати як суму відповідних коефіцієнтів захисту повітропровідної K_{31} та лицьової K_{32} частин.

3.1.2 Перевірка герметичності дихального апарата

Після створення ЗІЗОД у процесі експлуатації, а також після кожного розбирання та складання ЗІЗОД при їх переспоряджанні перевіряють ступінь герметичності. Мета перевірки

герметичності - контроль якості складання апарата та виявлення можливих ушкоджень, що не були виявлені під час зовнішнього огляду. Методика перевірки полягає в створенні у повітропровідній системі апарата визначеного надлишкового тиску та контролю за швидкістю його падіння, а потім у створенні розрідження і такому ж контролю. Суть подвійної перевірки полягає в тому, що витоки повітря через деякі зіпсовані гумові деталі (свищі, тріщини) можуть виявлятися як під тиском, так і при розрідженні. Високий тиск, як правило, провокує їх появу.

Для регенеративних дихальних апаратів, які застосовуються у пожежній охороні, прийняті такі норми перевірки герметичності: перевірочний тиск (розрідження) - 2 (1) кПа; швидкість падіння тиску (розрідження) не більше 50 Па протягом першої хвилини після стабілізації перевірочного тиску (розрідження). Аналогічні ж норми, наприклад, у фірми “Дрегерверк” складають відповідно 0,7 кПа та 100 Па.

За результатами перевірки ЗІЗОД на герметичність з розрідження можна розрахувати можливий підсос у його повітропровідну систему навколишнього повітря $\omega_{п1}$ (л/хв.) за наступною формулою:

$$\omega_{п1} = \frac{0,4 \cdot \frac{\Delta p}{\Delta t} \cdot V_p \cdot \sqrt{\frac{p_{вд}}{p_{пер}}}}{m \cdot p_a}, \quad (3.12)$$

де $\frac{\Delta p}{\Delta t}$ - швидкість падіння розрідження під час перевірки герметичності, Па/хв.;

V_p - місткість повітропровідної системи при розрідженні, л;

$p_{вд}$ - опір ЗІЗОД вдиху при відповідному навантаженні, Па;

$p_{пер}$ - розрідження у повітропровідній системі при перевірці, Па;

m - коефіцієнт, який враховує, що повітропровідна система не є жорсткою;

p_a - атмосферний тиск, Па.

Для вітчизняних ЗІЗОД приймаються такі значення: $\frac{\Delta p}{\Delta t}$

менше 50 Па/хв.; $V_p = 2.5$ л для РДА та $V_p = 0.2$ л для АСП (не більше мертвого простору безпосередньо апарату); $p_{вд} = 300$ Па; $m = 0.16$; $p_{пер} = 1000$ Па. У результаті обчислень видно, що $\omega_{пл} < 1.85 \cdot 10^{-5}$ л/хв., тобто менше 2 см³/хв. для регенеративних дихальних апаратів і $\omega_{пл} < 13.7 \cdot 10^{-3}$ л/хв. для апаратів на стисненому повітрі. При легеневій вентиляції біля 30 л/хв. для РДА відповідний коефіцієнт захисту $K_{з1} > 1.8 \cdot 10^4$ (у фірми “Дрегерверк” відповідний коефіцієнт $K_{з1} > 0.75 \cdot 10^4$), а для апаратів на стисненому повітрі при легеневій вентиляції біля 40 л/хв. – $K_{з1}$ більше $2.92 \cdot 10^5$. Отже, порівнюючи з (3.9), видно, що повітропровідна система і в першому, і в другому випадку має цілком достатній ступінь герметичності.

3.1.3 Лицеві частини ЗІЗОД

Друга можливість проникнення навколишнього повітря - підсоси в зоні з'єднання лицевої частини з органами дихання (ОД). Зазначені підсоси звичайно більші, ніж підсоси через нещільності повітропровідної системи.

Відомі п'ять видів лицевих частин ЗІЗОД: мундштуковий пристрій із загубником і носовим затискачем, напівмаска (іноді розглядають і чвертьмаску, але вона має коефіцієнт захисту ще менше, ніж у напівмаски), маска, шолом-маска і шолом.

Мундштуковий пристрій забезпечує надійну ізоляцію органів дихання, оскільки смуга обтюрації, яка ущільнює, має невеличку довжину та постійно змочена слиною, а щільність притискання губів до поверхні пластини загубника постійно

контролюється газодимозахисником. За результатами дослідження фірми “Дрегерверк” підсоси під загубник не перевищують рівня підсосів під обтюратор кращих дихальних масок. Тобто коефіцієнт захисту мундштукового пристрою оцінюється величиною $K_{32} \geq 10^4$. Саме мундштуковий пристрій має просту конструкцію, малу масу (до 0,2 кг), мінімальний мертвий простір (до 60 см³), дозволяє швидко включатись в апарат і виключатись з нього.

До недоліків мундштукового пристрою насамперед відноситься фізіологічно неправильний вид дихання - через рот. Крім того, пристрій, коли довгий час знаходиться у роті, подразнює слизову оболонку. Жувальні м'язи утомлюються. Газодимозахисники не можуть розмовляти. Можливі випадкові зіскакування носового затискача та випадання мундштукового пристрою. В окремих випадках, без очевидних порушень правил праці в ізолюючому апараті, коефіцієнт підсосу підвищується до величини $K_{П2} = 0.7 \cdot 10^{-3}$, яка відповідає коефіцієнту захисту $K_{32} = 1.43 \cdot 10^3$, що менше нормованого рівня показника ($K_3 = 5 \cdot 10^3$).

Напівмаска (як і чвертьмаска) має недостатню надійність ущільнення в зоні притискання до обличчя людини. Внаслідок цього $K_{32} \ll 5 \cdot 10^3$ і, відповідно, її під час експлуатації ізолюючих ЗІЗОД (окрім тих випадків, коли є можливість створити надлишковий тиск чистого повітря в підмасочному просторі) не застосовують.

Дихальна маска герметизується з органами дихання шляхом притискання обтюратора до обличчя за лінією лоб-щоки-підбородок. Маска кріпиться на обличчі за допомогою гумового оголов'я. У нижній частині її корпусу розміщується штуцер, де знаходиться клапан видиху, якщо маска використовується в ЗІЗОД з відкритою схемою дихання; під час роботи з регенеративними дихальними апаратами штуцер щільно зачиняється заглушкою.

Дихальні маски захищають також очі людини і забезпечують фізіологічно правильний тип дихання - через ніс. Щоб додатково обмежити підсос навколишнього повітря в систему ЗІЗОД, конструкція маски включає до себе підмасочник. Крім того, завдяки підмасочнику об'єм шкідливого простору зводиться до 180-220 см³. Панорамне небитке скло забезпечує досить високий огляд. У більшості сучасних масок обмеження поля зору складає всього 18-22%, а в деяких й ще менше – до 2-5%. Прозорість скла на протязі зміни забезпечується натиранням перед роботою спеціальною рідиною. В деяких масках передбачаються ручні склоочишувачі. Майже всі конструкції мають мембрани, які практично не зменшують гучність і розбірливість переговорів. Дослідження герметичності показали, що коефіцієнт підсосу під правильно вдягнуту і добре підігнану маску коливається від 10⁻⁵ до 10⁻⁶ і не перевищує 10⁻⁴. В той же час наявність на обличчі у людини бакенбардів та довгого волосся підвищує коефіцієнт підсосу на один-два порядки, а наявність бороди - навіть на три.

Недоліками масок є також досить велика маса (0,6-0,7 кг), складна конструкція, значний час на одягання та підгонку. Маска виключає обдув обличчя навколишнім повітрям. Для відпрацювання правильної підгонки маски та набуття навичок роботи в ній на пожежі газодимозахисник повинен заздалегідь навчитись виконанню тренувальних вправ на чистому повітрі та в непридатному для дихання середовищі.

Шолом-маски закривають вуха і велику частину волосяного покриву голови і не мають оголов'я. Конструкція включає до себе два окремих круглих скла. Внаслідок того, що в шолом-масці відсутній підмасочник, шкідливий простір складає до 450 см³. У той же час, за герметичністю шолом-маска значно краще, ніж маска. Величина її коефіцієнта захисту дорівнює близько 10⁶.

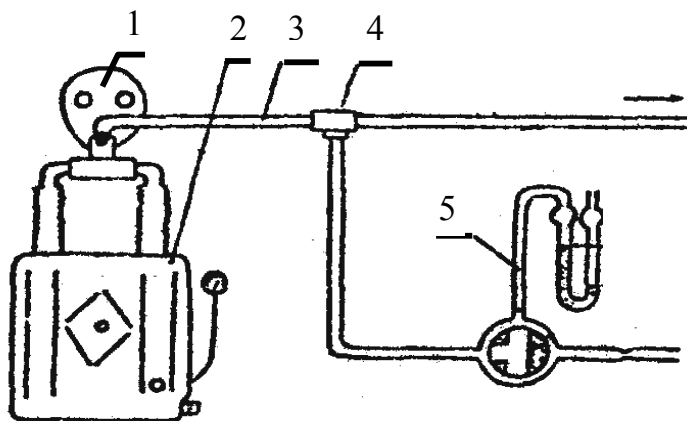
Шолом має складну конструкцію, великий шкідливий простір, значну масу та громіздкість і тому, незважаючи на те, що має коефіцієнт захисту не менший, ніж 10⁷, у пожежній охороні майже не використовується.

Таким чином, коефіцієнт захисту лицевих частин K_{32} , які застосовуються газодимозахисниками, більший, ніж 10^4 . З урахуванням раніше отриманого значення K_{31} коефіцієнта захисту безпосередньо самого апарату, яке дозволяє говорити, що $K_{31} > 1.8 \cdot 10^4$, за (3.11) можна стверджувати, що коефіцієнт захисту системи “апарат-органи дихання” буде більше, ніж $K_3 > 6,4 \cdot 10^3$. Це вище нормованого рівня цього параметра, який за (3.9) дорівнює $5 \cdot 10^3$.

3.2 Лабораторна робота „Дослідження герметичності ізолюючих апаратів”

Мета роботи: Оцінка ступеня герметичності апаратів в залежності від величини розрідження

Схема дослідження



1 – лицева частина; 2 – ізолюючий апарат; 3 – трубопровід низького тиску; 4 – трійник; 5 – реометр-манометр

Порядок проведення

1. Зібрати схему. Вентиль повітряного (кисневого) балону зачинений.

2. В повітропровідній системі апарату створити розрідження в діапазоні:

- 1750÷2100 Па;
- 1400÷1750 Па;
- 1100÷1400 Па;
- 1000÷1100 Па;
- 750÷1000 Па

2. Для кожного випадку заміряти час (хв.) та величину падіння (Па) розрідження. Отримані результати внести до відповідної (в залежності від апарату) таблиці.

3. Провести розрахунки швидкості падіння розрідження, підсосу та коефіцієнту захисту повітропровідної системи.

4. Розрахувати загальний коефіцієнт захисту для апаратів, які обладнано як маскою, так і шолом-маскою.

5. Побудувати залежності підсосу в апарат від перевірконого тиску та коефіцієнта захисту апарата від швидкості падіння тиску..

6. Побудувати залежність загального коефіцієнта захисту від коефіцієнта захисту повітропровідної системи для апаратів, які обладнано як маскою, так і шолом-маскою.

Поміняти тип апарату (якщо був АСП, взяти регенеративний; якщо РДА – навпаки) і виконати дослідження за п.п. 1÷6. Отримані залежності для АСП та РДА побудувати на одних і тих же графіках.

Розрахункова частина

1. Визначення підсосу в систему апарату за результатами перевірки по розрідженню:

$$\omega_{\text{пл}} = \frac{0,4 \cdot \frac{\Delta p}{\Delta t} \cdot V_p \cdot \sqrt{\frac{p_{\text{вд}}}{p_{\text{пер}}}}}{m \cdot p_a},$$

де $\frac{\Delta p}{\Delta t}$ - швидкість падіння розрідження під час перевірки

герметичності, Па/хв.;

V_p - місткість повітропровідної системи при розрідженні, л;

$p_{вд}$ - опір ЗІЗОД вдиху при відповідному навантаженні, Па ($p_{вд} \leq 300$ Па або, для АСП, експериментальний показник, за якого спрацьовує клапан вдиху);

$p_{пер}$ - розрідження у повітропровідній системі при перевірці, Па;

m - коефіцієнт, який враховує, що повітропровідна система не є жорсткою;

p_a - атмосферний тиск, Па.

2. Визначення коефіцієнта захисту повітропровідної системи:

$$K_{31} = \frac{\omega_{л}}{\omega_{п1}}$$

де $\omega_{л}$ – легенева вентиляція, л/хв.;

$\omega_{п1}$ – проникнення (підсос) навколишнього повітря в систему, л/хв.

3. Визначення загального коефіцієнта захисту K_3 системи “апарат – орган подиху”

$$K_3 = \frac{K_{31} \cdot K_{32}}{K_{31} + K_{32}},$$

де K_{31} – коефіцієнт захисту повітропровідної системи;

K_{32} – коефіцієнт захисту лицевої частини.

Контрольні питання до третього розділу

1. Показники якості ЗІЗОД
2. Які показники відносяться до показників захисної ефективності?
3. Кратність зниження концентрації шкідливої речовини, що утримується в повітрі робочої зони, забезпечувану даним засобом захисту це _____
4. Відношення концентрації шкідливої речовини в підмачочному просторі ЗІЗОД (C_{om} , C_{ov}) до концентрації цієї речовини в повітрі (C_m , C_v) виражає _____
5. Яким чином пов'язані коефіцієнт захисту та коефіцієнт підсосу?
6. За яких умов припустимо застосування ЗІЗОД у токсичному середовищі?
7. На практиці характеристику токсичної небезпеки середовища, яка складається з суміші небезпечних газів, дають через еквівалентний вміст у ньому _____
8. Чому дорівнює нормований розмір коефіцієнта захисту?
9. Під дією чого навколишнє повітря проникає усередину системи „ЗІЗОД – органи дихання людини”
10. Шляхи проникнення навколишнє повітря усередину системи „ЗІЗОД – органи дихання людини”
11. Чи дозволяється розглядати загальний коефіцієнт підсосу як суму коефіцієнтів підсосу повітропровідної системи та лицевої частини?
12. Мета і методика перевірки герметичності
13. Недоліки та переваги різноманітних лицевих частин

4 ПОВІТРОПОСТАЧАЛЬНА СИСТЕМА АСП (КИСНЕПОСТАЧАЛЬНА СИСТЕМА РДА)

4.1 Принцип дії

Повітропостачальна система апаратів на стиснутму повітрі (ППС АСП) та киснепостачальна система регенеративних дихальних апаратів (КПС РДА) є досить складними та відповідальними частинами ізолюючих апаратів зі стиснутим повітрям або киснем. Вони визначають надійність роботи відповідно апарата в цілому.

Основні елементи відповідної системи були показані раніше (див. рисунки 2.2 та 2.3).

Крім того, в залежності від конкретної моделі, системи, що розглядаються, можуть містити ряд додаткових пристроїв. Повітря (кисень) в апараті зберігається в балоні, що за допомогою приєднального елемента (як правило накидної гайки) з'єднується з вузлами ППС (КПС). Від попадання часток окалини з балону запобігає спеціальний фільтр. Для аварійного ручного відключення трубки манометра при її пошкодженні використовується перекривний вентиль. Зменшення тиску в балоні до заданого рівня фіксується автоматичним сигналізатором з акустичним (звуковим) або яким-небудь іншим (наприклад, фізіологічним) сигналом. Для додаткової або аварійної подачі кисню в повітропровідну систему РДА безпосередньо з каналу високого тиску служить байпас, який являє собою клапан з ручним управлінням.

В каналах ППС (КПС), які знаходяться до редуційного клапана (редуктора), повітря (кисень) знаходиться під високим тиском (в сучасних апаратах, в залежності від марки, 20-30 МПа), який поступово зменшується за мірою витрати його запасу з балону. Редуктор зменшує тиск газу та підтримує його в системі на постійному рівні, який є безпечним (рисунок 4.1) для здоров'я людини (у більшості апаратів 0,4-0,75 МПа).

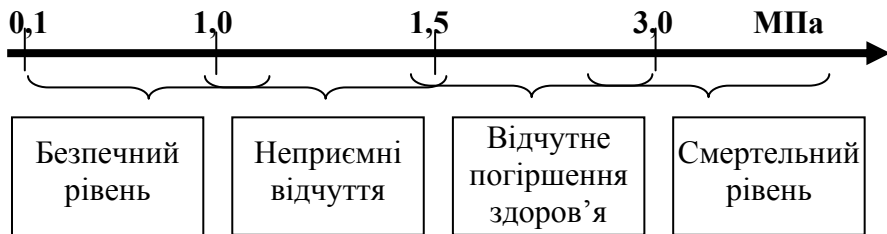


Рисунок 4.1 – Вплив тиску газоповітряної суміші, якою дихає людина, на стан її здоров'я

На випадок непередбаченого підвищення тиску в камері редуктора до складу ППС (КПС) входить запобіжний клапан. Для контролю тиску в балоні служить, як правило, манометр, який з'єднується з каналом високого тиску через металеву капілярну трубку, яку скручують в спіраль та захищають від пошкоджень гнучким шлангом з прогумованої тканини. Безпосередньо для забезпечення повітрям дихання газодимозахисника під час роботи в АСП або подачі в повітропровідну систему РДА додаткової порції кисню служить легеневий автомат.

Додатково РДА містить дросель (дюзу), який забезпечує постійну подачу кисню. До його складу можуть входити пристрій попередньої продувки та продувочний насос (в РДА з економною витратою кисню). Насос забезпечує видалення до атмосфери деякого об'єму газоповітряної суміші і приводиться до дії енергією кисню, який надходить, у повітропровідну систему, а управляється постійною або легенево-автоматичною подачами кисню, чи обома спільно. З байпасу кисень подається до повітропровідної системи через свій дросель, який обмежує об'ємну швидкість подачі.

В той же час вище названі конструктивні елементи можуть бути не в кожній моделі. Так, в апаратах може бути відсутнім редуктор; легеневий автомат в цьому випадку працює безпосередньо під високим тиском. Внаслідок того, що конструкція автоматичного сигналізатора досить складна і дещо ненадійна, його застосовують не завжди. Замість ручного перекривного вентиля останнім часом використовують автоматичний пристрій, який відключає капіляр та манометр при виникненні

в них витоку газової суміші. В деяких апаратах (наприклад, в РДА, в яких манометр розташований в межах ранцю) вентиль взагалі є відсутнім.

В РДА може бути (РДА фірми “Дрегер”, КІП-8) пристрій, який являє собою нормально зачинений клапан, що перекриває повітровід, з акустичним сигналом. Останній приводиться до дії диханням газодимозахисника при закритому стані повітроводу. Якщо людина включиться до апарата і не відкриє вентиль балона, нормальне дихання через перекритий повітровід стане неможливим, а акустичний сигнал нагадає про необхідність відкрити вентиль балона. Як тільки редукований тиск поступить до пристрою, що розглядається, клапан на повітроводі відкриється. Крім того, конструкція РДА може містити автоматичний пристрій попередньої продувки, завдяки якому при відкриванні вентиля балона у повітропровідну систему подається 5-6 л кисню.

Таким чином, принцип дії повітропостачальної системи АСВ та киснепостачальної системи РДА базується на витіканні повітря кисню з балона в камеру легеневого автомата АСП (повітропровідну систему РДА) через дроселі постійного перетину та клапанні пари редуктора, легеневого автомата, байпаса та інших елементів, які є дроселями перемінного перетину.

4.2 Особливості вибору, розробки та експлуатації газових редукторів в ізолюючих апаратах

Автономні ізолюючі апарати, які використовують стиснуту газоповітряну суміш, мають три ступеня її тиску:

- високий, що змінюється від 20-30 МПа до рівня нормального редукування (біля 1 МПа у більшості апаратів, хоча можуть бути інші значення, наприклад, в КІП-8 такий тиск становить 3 МПа);

- редукований (як правило, біля 0,4 МПа, хоча в АІР 317, наприклад, він становить 0,7-0,05 МПа);

- тиск у підмасочному просторі АСП або у повітропровідній системі РДА, який дорівнює атмосферному (0,1 МПа) або є близьким до нього.

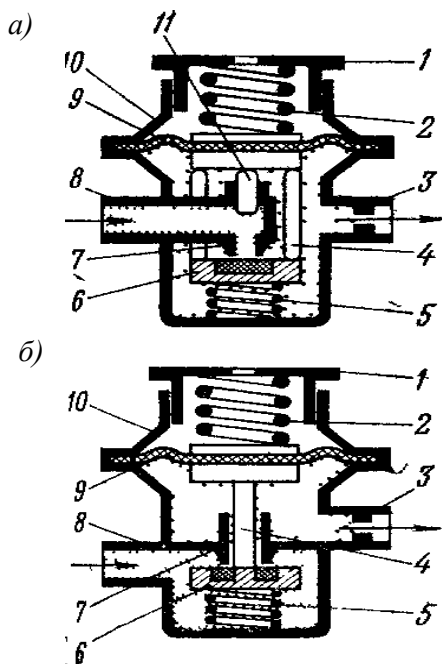


Рисунок 4.2 – Газовий редуктор:

а) прямої дії; б) зворотної дії

З наведеного раніше видно, що одним з найважливіших вузлів автономних ізолюючих апаратів зі стиснутою газоповітряною сумішшю є редуктор. За принципом дії редуктор є регулятором (стабілізатором) тиску газу з від'ємним зворотним зв'язком. В апаратах на стиснутому повітрі та регенеративних дихальних апаратах застосовуються редуктори прямої (див. рис. 4.2а) та зворотної (див. рис. 4.2б) дії.

Редуктор прямої дії (див. рис. 4.2а) складається з регулювальної гайки 1, регулювальної пружини 2, відвідного штуцера 3 з дроселем, штовхачів (шпильок) 4, пружини клапана 5, клапанної пари (клапана 6 та сідла 7), що забезпечує дроселювання газу, підвідного штуцера 8, мембрани 9 та корпусу 10. Дросель постійного перетину, що знаходиться у штуцері 3, може бути й поза редуктором у споживача редукованого тиску кисню.

Корпус, клапан, штовкачі редуктора виготовляються з латуні, мембрана 9 зі спеціальної прогумованої тканини, подушка клапану з фторопласту або іншої пластмаси.

Тиск газу в редукторі підтримується на трьох рівнях:

- на вході й до клапанної пари 6-7- високий тиск p_1 ;
- у камері редуктора під мембраною й до дроселя в штуцері 3 – редукований p_2 ;
- у надмембранному просторі – $p_{ат}$ (атмосферний тиск).

Під час роботи редуктора високий тиск газу розповсюджується до кільцевого зазору між сідлом 7 та подушкою клапана 6, через який витікає у камеру редуктора.

Сутність регулювання тиску полягає у тому, що розмір зазору між сідлом та подушкою клапана і пов'язана з ним об'ємна швидкість витікання газу автоматично встановлюється на такому рівні, щоб у камері редуктора підтримувався постійний розрахунковий тиск.

Кільцевий зазор забезпечується взаємодією сил, одні з яких прагнуть збільшити його (відкрити клапан), а інші – зменшити (закрити клапан). Зусилля запорної пружини клапана 5 менше, ніж зусилля регулювальної пружини 2. Внаслідок цього загальною силою F_1 , під дією якої відкривається клапан 6, вважалась загальна дія обох пружин 2 та 5 і деяке зусилля жорсткості мембрани 9. Закривається клапан під дією сили F_2 , яка з'являється у результаті тиску газу в камері редуктора на поверхню мембрани 9. Крім того, у редукторі прямої дії відкрити клапан намагається й сила F_3 , що виникає внаслідок високого тиску газу на поверхню клапана, площа якої дорівнює площі поперечного перетину сідла.

Сила F_2 , що виконує роль зворотного зв'язку, залежить від зазору у клапанній парі, тобто від висоти підйому клапана h . Якщо при певному режимі роботи редуктора з якої-небудь причини виникне перепідйом клапана над сідлом, то у цьому випадку збільшується витрата газу через клапанну пару, а внаслідок останнього тиск у камері редуктора p_2 та сила F_2 , під дією якої рухома система займе вихідне положення. При зменшенні висоти підйому клапана над сідлом відповідне зменшення сили

F_2 також поверне систему у вихідне положення. Таким чином, рухома система редуктора автоматично та стійко встановлюється в таке положення, що забезпечує стабільний робочий тиск газу в камері редуктора.

Редуктор зворотної дії складається з таких же елементів і діє так само, як і редуктор прямої дії. Принципова різниця полягає у тому, що клапанна пара 6-7 знаходиться у камері високого тиску p_1 , а штовкач 4 клапана проходить у середину сідла. У цьому редукторі високий тиск газу p_1 прагне закрити клапан під дією сили F_3 .

Рівняння рівноваги рухомої системи редукторів прямої та зворотної дії має наступний вигляд:

$$F_1 - F_2 \pm F_3 = 0. \quad (4.1)$$

Знак “плюс” відноситься до редуктора прямої, а знак “мінус” – до редуктора зворотної дії.

Силу F_1 (Н) можна визначити через її початкове значення F_0 при закритому клапані:

$$F_1 = F_0 - r \cdot h, \quad (4.2)$$

де r – сумарна жорсткість усіх пружних елементів рухомої системи редуктора, Н/м.

Сила F_2 (Н) дорівнює перетину різниці тисків, що діють на ефективну площу мембрани S_m (m^2):

$$F_2 = (p_2 - p_a) \cdot S_m, \quad (4.3)$$

$$S_m = 0.26 \cdot (D^2 + D \cdot d + d^2), \quad (4.4)$$

де D та d – відповідно діаметри вільної (незащемленої) частини мембрани та жорсткого центру, м.

Сила F_3 (Н):

$$F_3 = (p_1 - p_2) \cdot S_c, \quad (4.5)$$

де S_c – площа сідла клапана, м².

Підставляючи в рівняння (4.1) вирази (4.2), (4.3), (4.5) та нехтуючи членом $p_2 S_c$, внаслідок його малої величини, отримуємо рівняння рівноваги рухомої системи у розгорнутому вигляді:

$$F_0 - rh - (p_2 - p_a) S_M \pm p_1 S_c = 0. \quad (4.6)$$

Максимальна витрата газу у редукторі з вільним перетином сідла забезпечується при висоті підйому клапана $h_{\max} = 0.25 \cdot d_c$, а у редукторі з штовхачем – при

$$h_{\max} = \frac{(d_c^2 - d_T^2)}{4d_c}, \quad (4.7)$$

де d_T – діаметр штовхача.

При $h=0$ і абсолютно гладких поверхнях сідла та подушки клапана витрата газу повинна дорівнювати нулю. В реальному редукторі при $h=0$ газ проходить крізь шорсткі поверхні в клапанній парі. Якщо цей витік більше допустимої витрати газу, то для забезпечення останньої редуктор повинен працювати у режимі силової взаємодії в клапанній парі.

При цьому клапан повинен притискатися до сідла додатковою силою, що призведе до зменшення поверхні порожнин у зоні контакту, крізь які має місце витікання газу, головним чином, за рахунок пружної деформації матеріалу пружини.

Додаткове зусилля, що закриває клапан і виникає за рахунок деякого збільшення тиску в камері редуктора, визначає реакцію сідла R_c , розмір якої залежить від глибини пружного втискування (вдавлювання) сідла в подушку клапана h_1 (висота підйому клапана зі знаком “мінус”).

При значенні сили, що вдавлює, та реакції сідла $R_c = R_c(h_1)$, яку звичайно знаходять експериментальним шляхом,

клапанна пара герметизується. Це має місце внаслідок припинення відбору газу після редуктора та супроводжується деяким подальшим збільшенням тиску p_2 .

Такий режим роботи редуктора має місце в апаратах на стиснутому повітрі, а також в РДА без постійної подачі кисню, в яких легеневий автомат заповнюється від редуктора, коли клапан цього автомата закритий.

У режимі силової взаємодії в контактній парі рівняння рівноваги рухомої системи редуктора має вигляд:

$$F_0 + rh_1 + R_c(h_1) - (p_2 - p_a) \cdot S_M \pm p_1 S_c = 0. \quad (4.8)$$

Звідки редукований тиск:

$$p_2 = \frac{(F_0 + r \cdot h_1 + R_c + p_a \cdot S_M \pm p_1 \cdot S_c)}{S_m}. \quad (4.9)$$

Основним показником якості роботи редуктора як регулятора тиску є усталеність редукованого тиску p_2 при зміні двох параметрів: тиску на вході p_1 та масової витрати газу m . Функціональна залежність $p_2 = p_2(p_1; m)$ має складний вигляд і називається *статичною характеристикою редуктора*.

Залежність змінення редукованого тиску Δp_2 від p_1 можливо знайти, якщо прийняти $m=0$, тобто для безвитратного режиму. Для цього рівняння (4.9) спочатку записується для двох значень первинного тиску: p_{1max} і p_{1min} . Після цього віднімають з першого друге.

Враховуючи, що перші чотири члени в дужках мають однакові значення в обох випадках, вираз для змінення редукованого тиску має вигляд:

$$\Delta p_2 = \pm \frac{S_c \cdot (p_{1max} - p_{1min})}{S_m}. \quad (4.10)$$

Тобто змінення пропорційно відношенню площини сідла клапана до ефективної площини мембрани. Знак \pm вказує на те, що в редукторі прямої дії за мірою витрати газу з балона редукований тиск зменшується, а в редукторі зворотної дії – збільшується. Така ж залежність зберігається й для режиму з витратою газу, але в цьому випадку на неї впливає висота підйому клапана та змінення множини $r \cdot h$.

В існуючих редукторах прямої дії площа сідла клапана складає біля 0,05% ефективної площини мембрани, а в редукторах зворотної дії – біля 0,1%. Завдяки цьому забезпечується висока стійкість вторинного тиску.

Аналогічним чином знаходиться залежність тиску Δp_2 від змінення висоти підйому клапана h , тобто від витрати m в межах роботи редуктора без силової взаємодії в клапанній парі, при $p_1 = \text{Const}$. З виразу (4.6)

$$p_2 = \frac{(F_0 - rh + p_{AT} S_M \pm p_1 S_C)}{S_M}. \quad (4.11)$$

Якщо записати це рівняння для h_{min} та h_{max} та відняти з першого виразу другий, то отримаємо:

$$\Delta p_2 = \frac{r \cdot (h_{max} - h_{min})}{S_m}. \quad (4.11)$$

Тобто в редукторах обох типів зі збільшенням витрати газу редукований тиск зменшується пропорційно жорсткості пружних елементів обернено пропорційно ефективній площині мембрани.

В сучасних автономних ізолюючих апаратах зі стиснутою газоповітряною сумішшю застосовують різноманітні типи редукційних клапанів.

Шпильковий редуктор прямої дії (див. рис. 4.1а) в свій час використовувався в апаратах РКР3, РКК1, РКК2, КП5. Редуктор такого ж типу, але з розвантаженим клапаном (рис. 4.2а

з деталлю 11) застосовується в РДА ВG174 та Travox-120 фірми “Дрегер”.

Ричажний редуктор зворотної дії (див. рис. 4.2б) з металевим клапаном, який має форму конуса, та сідлом з фторопласту використано в РДА P12, P30, P35, а також в апараті на стиснутому повітрі АСП2М. Поршневий редуктор зворотної дії (див. рис.4.3) застосовується в конструкціях резервуарних апаратів АІР 317 (217) та апаратах на стиснутому повітрі фірми “Дрегерверк”.

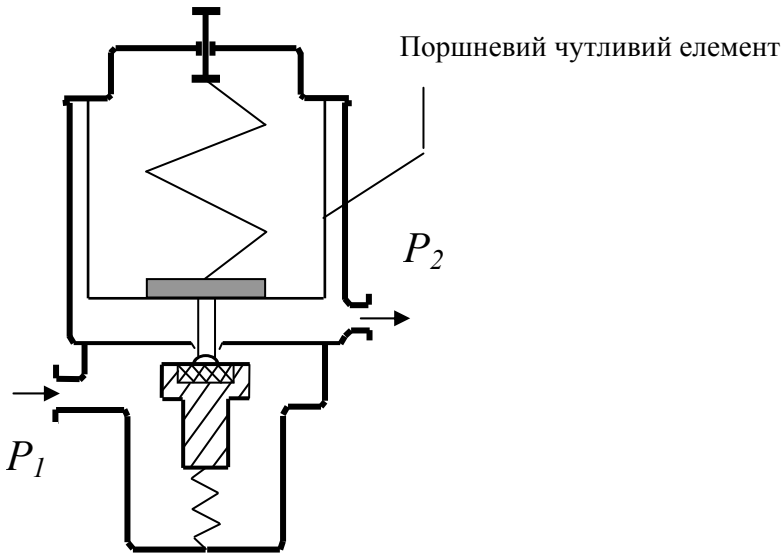


Рисунок 4.3 – Поршневий редуктор

Це викликано тим, що поршневий чутливий елемент (див. рис.4.3) найбільш ефективний при використуванні в газових редукторах, коли вихідний тиск має досить великі значення. Внаслідок цього, до речі, тиск P_2 у камері редуктора АІР-317 (який дорівнює 0,7-0,5 МПа) значно більший, ніж у камері мембранного редуктора АСП-2М ($P_2 = 0,45-0,5$ МПа).

В саморятівнику “OXI – SR45” фірми “Дрегерверн” використано оригінальний редуктор зворотної дії з розвантаженим

клапаном. Замість мембрани в якості чутливого елемента в ньому застосовується малогабаритний металевий сиффон.

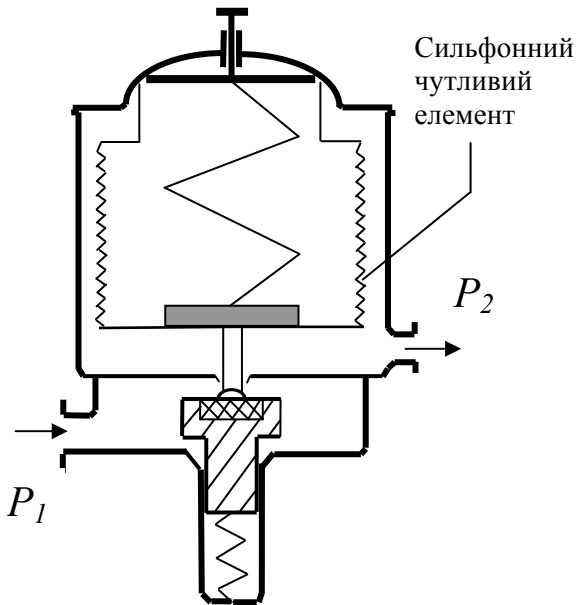


Рисунок 4.4 – Сиффонний редуктор

Сиффонний чутливий елемент (див. рис. 4.4) відрізняється від мембранного тим, що має лінійну залежність деформації від навантаження, має більший хід, а його ефективна площа не залежить від тиску. Крім того, за допомогою сиффонних чутливих елементів найбільш простим способом можна забезпечити підтримання регулятором абсолютного тиску на виході шляхом створення герметичної вакуумної сиффонної коробки. Внаслідок цього, в “OXI – SR45”, хоча його статична характеристика дещо гірша, ніж у згаданих вище, редуктор вписується в циліндр з діаметром 19 мм і є самою малогабаритною сучасною конструкцією газового редуктора, має такі тактико-технічні характеристики, що відповідають вимогам до автономних ізолюючих ЗІЗОД на стиснутій газоповітряній суміші.

4.3 Лабораторна робота ”Дослідження роботи газових редукторів”

4.3.1 Особливості лабораторного дослідження газових редукторів прямої та зворотної дії

В основу створення лабораторних робіт покладена експериментальна оцінка особливостей використання редукторів прямої та зворотної дії в той час, коли первинний тиск p_1 менше розрахункового $p_{\text{лиш}}$.

Для цього можуть бути створені лабораторні установки, схеми яких наведені на рис.рис.4.5, 4.6.

В лабораторній установці для дослідження газового редуктора прямої дії (рис.4.5) у якості джерела первинного тиску використовується редуктор АСП-2, на вхід якого поступає повітря з балону. Для контролю тиску в камері редуктора АСП-2 між редуктором і шлангом, по якому повітря поступає на вхід редуктора прямої дії, роботу якого необхідно проаналізувати, за допомогою трійника встановлюється манометр зі шкалою 0-2,5 МПа. Після відкриття вентиля балону з повітрям за показаннями цього манометру первинний тиск регулюється в межах від 1,2 до 0,3 МПа. Для цього на редукторі АСП-2 відгвинчується контргайка та, повертаючи головку редуктора, в камері встановлюється потрібний тиск, який є первинним по відношенню до редуктора прямої дії, який досліджується. Щоб не спрацював запобіжний клапан АСП-2, його максимальний тиск за допомогою регулювальної гайки встановлюють на рівні 1,5-1,7 МПа.

В якості редуктора прямої дії використовується редуктор КІП-8. Тиск в камері цього редуктора заміряється за допомогою манометра, ніжка якого вкручується на місце запобіжного клапану КІП-8.

Одночасно можна підтвердити теоретично доведений висновок, що постійна подача лінійно залежить від тиску в камері редуктору. Контроль рівня постійної подачі кисню здійснюється за допомогою реометру-манометру, який знаходиться

в потоці повітряної суміші, що рухається в повітропровідній системі.

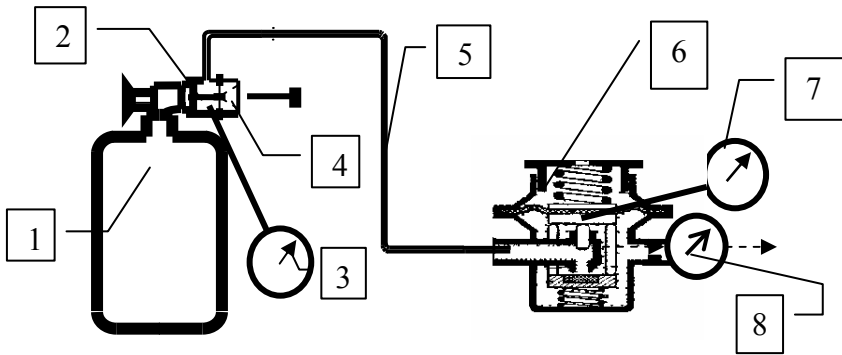


Рисунок 4.5 – Схема лабораторної установки для дослідження газового редуктора прямої дії

Лабораторна установка для дослідження газового редуктора зворотної дії (рис.4.6) принципово відрізняється від аналогічної для дослідження редуктора прямої дії (рис.4.7) тим, що в якості редуктора зворотної дії використовується редуктор АСП. Тиск в камері цього редуктора заміряється за допомогою манометра, ніжка якого за допомогою трійника вкручується між редуктором та легневим автоматом АСП.

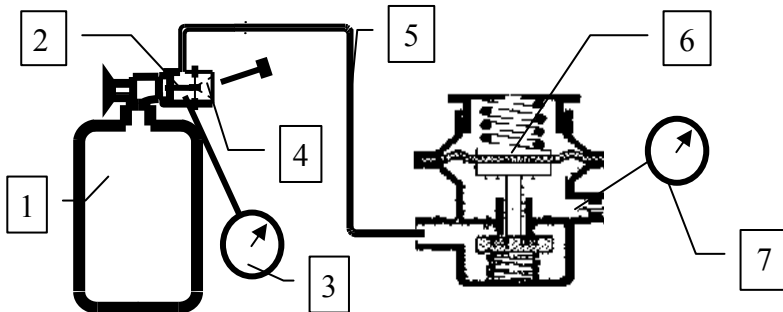


Рисунок 4.6 – Схема лабораторної установки для дослідження газового редуктора зворотної дії

Крім редукторів АСП можуть також використовуватись і редуктори тих регенеративних апаратів, конструктивні особливості яких передбачають застосування редукторів зворотної дії (наприклад, респіраторів Р-12, Р-30, Р-34 ...).

4.3.2 Порядок виконання

1. Зібрати схему з подачею первинного тиску p_1 безпосередньо від балону. **Увага! Вентиль балону повинний бути закритим!**

2. Відкрити балон та заміряти тиск p_2 в камері КПП-8 (якщо розглядається редуктор прямої дії) та рівень постійної подачі $Q_{\text{кисню}}$. Закрити вентиль.

3. Зібрати схему з подачею первинного тиску p_1 з редуктора АСП-2.

4. Відкрити балон та за допомогою регулювальної гайки 4 встановити первинний тиск p_1 на рівні, який дорівнює $1,3 \div 1,4$ МПа. Заміряти тиск p_2 та рівень постійної подачі $Q_{\text{кисню}}$.

5. Зменшувати за допомогою регулювальної гайки 4 первинний тиск p_1 та замірювати при цьому тиск p_2 в камері редуктора прямої дії та рівень постійної подачі $Q_{\text{кисню}}$.

6. Побудувати залежності тиску p_2 в камері редуктора прямої дії від первинного p_1 , а також та рівень постійної подачі $Q_{\text{кисню}}$ від тиску p_2 в камері редуктора.

7. Повторити п.п.1-6 для редуктора зворотної дії (при цьому рівень постійної подачі не міряється)..

8. Зробити висновки.

Контрольні питання до четвертого розділу

1. На чому базується принцип дії повітропостачальної системи АСВ та киснепостачальної системи РДА?
2. В чому полягає принципова різниця між редукторами прямої та зворотної дії?
3. В чому полягає сутність регулювання тиску в камері редуктора?
4. Яка сила виконує роль зворотного зв'язку в газовому редукторі?
5. Рівняння рівноваги рухомої системи редуктора
6. Функціональна залежність усталеності редукованого тиску одночасно від тиску на вході редуктора та масової витрати газу називається _____ характеристикою редуктора
7. Як змінюється редукований тиск в редукторі прямої (зворотної) дії за мірою витрати газу з балона?
8. Пропорційно чому змінюється редукований тиск в редукторі прямої (зворотної) дії?
9. Як змінюється статична характеристика редуктора внаслідок зміни розмірів мембрани?
10. Як впливає на статичну характеристику редуктора площа сідла клапану?
11. Що уявляє собою легеневий автомат ізолюючого апарату?
12. Нормовані показники за яких повинні спрацьовувати клапани вдиху легеневого автомату та клапан видиху лицевій частини

ЛІТЕРАТУРА

1. Настанова по газодимозахисній службі пожежної охорони МВС України. Наказ № 657 МВС України від 2 грудня 1994 р. – Київ, 1994. – 128 с.
2. Перепечаев В.Д., Береза В.Ю. Газодымозащитная служба пожарной охраны./ Учебник. – Чернигов, РИК «Деснянська правда», 2000. - 468 с. с ил.
3. Стрілець В.М. Засоби індивідуального захисту органів дихання./ Навчальний посібник. – Х., АПБУ, 2001. – 117 с.
4. Основи створення та експлуатації апаратів на стисненому повітрі: Навчальний посібник./ П.А. Ковальов, В.М. Стрілець, О.В. Єлізаров, О.Є. Безуглов. – Харків: АЦЗУ, 2005. – 316 с.
5. Чернов С.М., Ковалишин В.В. Ізолюючі апарати. Обслуговування та використання./ Навчальний посібник. – Львів, “СПОЛОМ”, 2002. – 194 с.
6. Диденко Н.С. Регенеративные респираторы для горноспасательных работ. – М.: Недра, 1984. – 296 с.
7. Физиолого-гигиенические требования к изолирующим средствам индивидуальной защиты. – М.: Минздрав СССР, 1981. – 64 с.

ЗМІСТ

| | |
|--|----|
| Вступ | 2 |
| Вступ | 3 |
| 1 Фізіологічні основи створення та застосування засобів індивідуального захисту органів дихання | 4 |
| 1.1 Кількісні показники, що характеризують процес дихання | 4 |
| 1.2 Лабораторна робота „Дослідження легеневої вентиляції” | 8 |
| 1.2.1 Особливості дослідження легеневої вентиляції | 8 |
| 1.2.2 Порядок виконання лабораторної роботи | 10 |
| 1.3 Лабораторна робота „Дослідження подачі кисню в регенеративних дихальних апаратах” | 11 |
| 1.3.1 Особливості дослідження подачі кисню в регенеративних дихальних апаратах..... | 11 |
| 1.3.2 Порядок виконання лабораторної роботи | 11 |
| Контрольні питання до першого розділу..... | 12 |
| 2 Засоби індивідуального захисту органів дихання (ЗІЗОД).... | 13 |
| 2.1 Класифікація та принцип дії засобів індивідуального захисту органів дихання..... | 13 |
| 2.2 Дослідження особливостей роботи в ізолюючих апаратах | 21 |
| 2.2.1 Використання навантажувальних тестів для оцінки працездатності газодимозахисників..... | 21 |
| 2.3 Лабораторна робота „Порівняльна оцінка роботи в ізолюючих апаратах” | 26 |
| 2.3.1 Особливості дослідження | 26 |
| 2.3.2 Порядок виконання..... | 27 |
| Контрольні роботи до другого розділу..... | 28 |
| 3 Забезпечення герметичності ізолюючих апаратів | 29 |
| 3.1 Ізоляція системи ”дихальний апарат-органи дихання” від навколишнього середовища..... | 29 |
| 3.1.1 Шляхи проникнення навколишнього повітря в середину апарата | 29 |
| 3.1.2 Перевірка герметичності дихального апарата | 30 |

| | |
|--|----|
| 3.1.3 Лицеві частини ЗІЗОД..... | 32 |
| 3.2 Лабораторна робота „Дослідження герметичності ізолюючих апаратів” | 35 |
| Контрольні питання до третього розділу | 38 |
| 4 Повітропостачальна система АСП (киснепостачальна система РДА)..... | 39 |
| 4.1 Принцип дії | 39 |
| 4.2 Особливості вибору, розробки та експлуатації газових редукторів в ізолюючих апаратах | 41 |
| 4.3 Лабораторна робота ”Дослідження роботи газових редукторів” | 50 |
| 4.3.1 Особливості лабораторного дослідження газових редукторів прямої та зворотної дії | 50 |
| 4.3.2 Порядок виконання..... | 52 |
| Контрольні питання до четвертого розділу | 53 |
| Література..... | 54 |

Навчальне видання

Стрілець Віктор Маркович
Ковальов Павло Анатолійович

**ОСНОВИ СТВОРЕННЯ ТА ЕКСПЛУАТАЦІЇ ЗАСОБІВ
ІНДИВІДУАЛЬНОГО ЗАХИСТУ ОРГАНІВ ДИХАННЯ**

Практикум
Лабораторні роботи

Підписано до друку 27.02.07. Формат 60x84/16.
Папір 80 г/м². Друк ризограф. Ум.друк. арк. 4,81
Тираж 300 прим. Вид. № 42/07. Зам.№
Відділення редакційно-видавничої діяльності
Університету цивільного захисту України
61023, м. Харків, вул. Чернишевська, 94

