

*Ковальов П.А., канд. техн. наук, заст. нач. каф., УЦЗУ,
Стрілець В.М., канд. техн. наук, нач. лаб., УЦЗУ,
Васильєв М.В., ад'юнкт, УЦЗУ*

**ВДОСКОНАЛЕННЯ ПОРІВНЯЛЬНОЇ ОЦІНКИ
АПАРАТІВ НА СТИСНЕНОМУ ПОВІТРІ**
(представлено д-ром техн. наук Кривцовою В.І.)

Запропоновано контрольні випробування ізолюючих апаратів із застосуванням контрольних приладів доповнити порівняльною оцінкою ефективності їх використання під час лабораторних досліджень на людях та полігонних випробувань

Ключові слова: порівняльна оцінка, апарат на стисненому повітрі, тестові навантаження, смуга психологічної підготовки, експоненціальний закон

Постановка проблеми. В теперішній час існує велика кількість різноманітних засобів індивідуального захисту органів дихання. Їх придбання в оперативно-рятувальні підрозділи супроводжується протиріччям між тим, що всі наявні на ринку ізолюючі апарати відповідають основним вимогам [1] щодо захисних властивостей, часу роботи, маси, з одного боку, але, все ж таки, відрізняються один від іншого стосовно ефективності їх використання в тих чи інших умовах, з іншого боку. Це вимагає застосування об'єктивної порівняльної оцінки ефективності їх застосування.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. В основу існуючого підходу до порівняння ізолюючих апаратів покладено, в першу чергу, [1] їхні контрольні випробування із застосуванням відповідних приладів, з яких необхідно виділити стенд-імітатор зовнішнього дихання людини. Проте, при цьому не враховується те, що робота в засобах індивідуального захисту органів дихання уявляє собою функціонування ергатичної системи «людина – техніка – середовище». В [2] передбачено проведення лабораторних випробувань на людях, за результатами яких на базі думок трьох спеціалістів, що залучаються до випробувань, фіксуються суб'єктивні дані щодо стану, зручності використання та умов дихання. Тобто, в цьому випадку кількісні показники, які б було можливим використати для порівняння однотипних апаратів, фак-

тично не застосовуються (під час дослідження після кожної вправи тільки заміряють частоту дихання і частоту пульсу). Аналогічна ситуація має місце і під час проведення полігонних випробувань ізолюючих апаратів [2]. Під час лабораторних досліджень лицевих частин [3] залучають значно більше осіб (для визначення коефіцієнту підсосу 10 осіб, а для визначення загального поля зору – 5), але статистичний аналіз також не проводиться, оскільки основною умовою є участь людей з різними антропометричними даними.

Постановка завдання та його вирішення. Виходячи з вищевикладеного, було поставлено завдання визначити можливість порівняльної кількісної оцінки ефективності роботи в однотипних ізолюючих апаратах.

Для цього розглядалась робота в апаратах на стисненому повітрі АСП-2, АВІМ-09 та АУЕР ВД 96. Тестуванню були підвернені особи, які мають 3-5 річний стаж роботи в ізолюючих апаратах. Враховуючи майже однаковий вік та близький рівень фізичної підготовки, а також те, що в кожній групі, яка залучалась до досліджень, використовували всі наявні в УЦЗУ марки апаратів на стисненому повітрі, можна вважати, що розбіжності в отриманих результатах викликані саме модифікацією ізолюючого апарату.

Це підтвердила оцінка рівня адаптації рятувальників, які працюють в ізолюючих апаратах, до фізичних навантажень за допомогою [4] індексу Гарвардського степ-тесту

$$ИГСТ = \frac{t \cdot 100}{(f_1 + f_2 + f_3) \cdot 2}, \quad (1)$$

де t - фактичний час виконання навантаження, с; f_1, f_2, f_3 - сума пульсуючих ударів за перші 30 с кожної хвилини (починаючи з другої) відновлювального періоду.

Видно, що збільшення індексу свідчить про кращу пристосованість газодимозахисників до виконання важких робіт. Результати порівняння апаратів на стисненому повітрі за показником Гарвардського степ-тесту наведені на рис. 1.

Їх аналіз показує, що найкраще підходять для виконання газодимозахисниками важкої роботи саме апарати АУЕР ВД96. На наш погляд це викликано як тим, що вони є дещо легшими у порівнянні з вітчизняними апаратами, так і тим, що їх конструкція передбачає використання легеневих автоматів, які якнайменше

здійснюють опір диханню людини. Крім того, цьому сприяє також наявність в цих апаратах ортопедичної спинки, не зважаючи на те, що вона додає майже 1,5 кг зайвої ваги, та збалансоване розміщення приладів апарату.

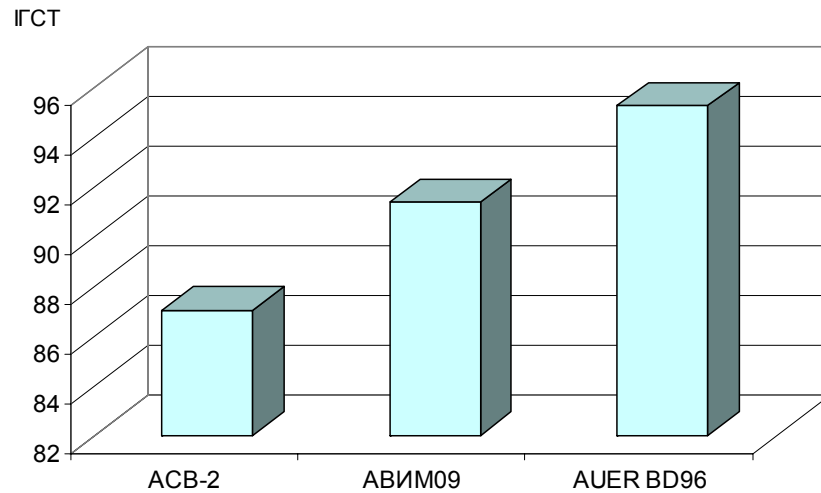


Рис. 1 – Залежність індексу Гарвардського степ-тесту від модифікації АСП

Останнє ще в більшій мірі сприяє здатності газодимозахисників працювати в цих апаратах в умовах, які вимагають здатності добре орієнтуватись в просторі (див. рис.2). Для оцінки цієї якості застосовувався [4] показник динамічної стійкості

$$ДУ = \Delta L \cdot t, \quad (2)$$

де ΔL – відхилення від осі при подоланні 10-метрової дистанції з закритими очима (їх для цього зав'язують або, якщо застосовується шолом-маска, окуляри закриваються непрозорим матеріалом) після того, як газодимозахисника повернуть кілька разів кругом себе, см; t – час подолання дистанції, с.

Крім цього, під час проходження вогневої смуги психологічної підготовки, було оцінено не тільки час її проходження з першої спроби, але й те, наскільки швидко особовий склад при звичається до виконання хоча й досить складних, але однотипних вправ. Для цього газодимозахисники проходили смугу за одним і тим же маршрутом п'ять разів. Видно (див. рис.3), що ефективність засто-

сування АСП тієї чи іншої модифікації найбільш сильно проявляється під час першого проходження смуги.

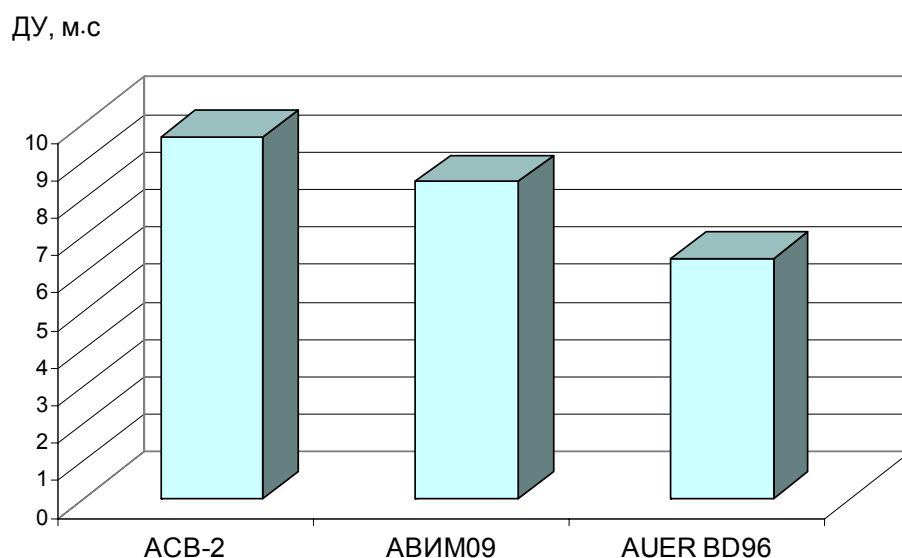


Рис. 2 – Порівняльний аналіз здатності орієнтуватись в просторі в АСП різних модифікацій

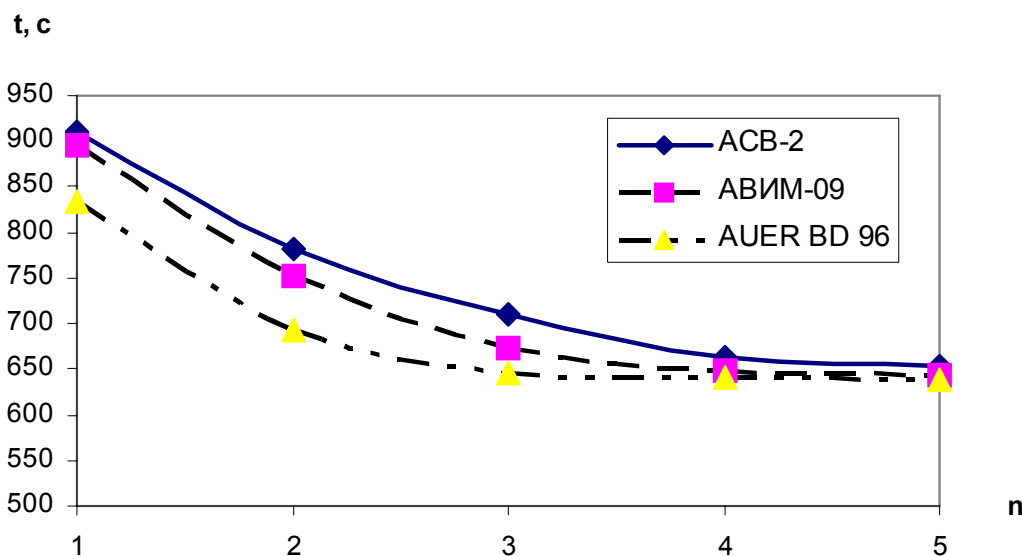


Рис. 3 – Порівняльна оцінка часу проходження смуги вогневої психологічної підготовки газодимозахисниками в різних типах АСП

Оцінка отриманих експериментальних результатів показала, що залежності часу подолання смуги t в кожному із АСП від кіль-

кості спроб n з 5%-им рівнем значимості можуть бути описаними, як це і можна було передбачити у відповідності до [5], експоненціальними залежностями

$$t = \bar{t}_{\text{гран}} + (\bar{t}_1 - \bar{t}_{\text{гран}}) \cdot e^{-\lambda(n-1)}, \quad (3)$$

де оцінкою математичного очікування, до якого наближається час подолання смуги за результатами навчання з її використанням, є

$$\bar{t}_{\text{гран}} = \begin{cases} 654 \text{ с} - \text{при подоланні смуги в АСВ-2;} \\ 643 \text{ с} - \text{при подоланні смуги в АВІМ-09;} \\ 639 \text{ с} - \text{при подоланні смуги в АУЕР ВD96;} \end{cases}$$

математичне очікування часу подолання смуги в першій спробі дорівнює

$$\bar{t}_1 = \begin{cases} 911 \text{ с} - \text{при подоланні смуги в АСВ-2;} \\ 896 \text{ с} - \text{при подоланні смуги в АВІМ-09;} \\ 835 \text{ с} - \text{при подоланні смуги в АУЕР ВD96;} \end{cases}$$

параметр експоненціального закону дорівнює

$$\lambda = \begin{cases} 0.78 - \text{при подоланні смуги в АСВ-2;} \\ 0.95 - \text{при подоланні смуги в АВІМ-09;} \\ 1.33 - \text{при подоланні смуги в АУЕР ВD96.} \end{cases}$$

На відміну від [5], де експоненціальний характер скорочення часу виконання вправ пояснюється тільки людським чинником, аналіз залежності (3) показує, що параметр λ експоненціального закону може також служити кількісним показником для порівняння того обладнання, в якому (або з яким) працюють рятувальники. Видно, що під час підготовки в апаратах АУЕР ВD96 газодимозахисники вже в третій спробі наближались до результату, який потім фактично стає стабільним, тоді як в АСВ-2 та АВІМ-09 це відбувається під час четвертої-п'ятої спроби. Також видно, що різниця в показниках, за якими порівнюються апарати, що є близькими за своїми масо-габаритними розмірами та експлуатаційними характеристиками, найбільш сильно проявляється під час першої спроби.

Враховуючи [6], де було відмічено, що характер роботи, яку виконують газодимозахисники, впливає не тільки на час виконання конкретної операції, а й на показник легеневої вентиляції

$\omega_{л}$, під час проходження вогневої смуги психологічної підготовки було оцінено також розхід повітря (див. рис.4).

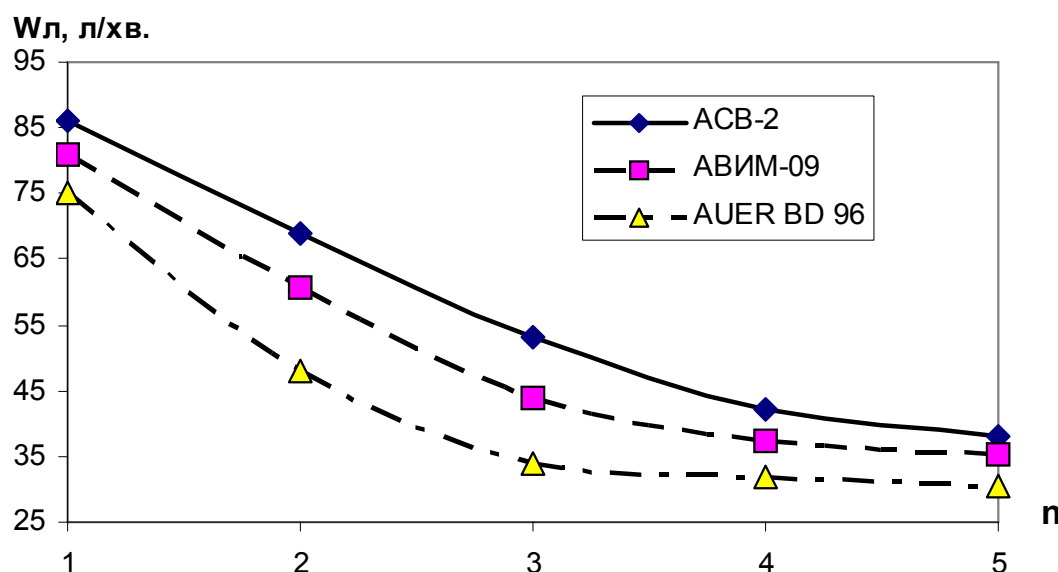


Рис. 4 – Порівняльна оцінка того, як змінюється легенева вентиляція під час проходження смуги вогневої психологічної підготовки газодимозахисниками в різних типах АСП

Для цього через те, що апарати, які розглядались, мають різний об'єм повітряних балонів, використовувався закон Бойля-Маріота, у відповідності до якого розрахунок легеневої вентиляції проводився наступним чином

$$\omega_{лi} = \frac{(P_{начi} - P_{конi}) \cdot V_{бi}}{P_a \cdot t_i}, \quad (4)$$

де $P_{начi}$ й $P_{конi}$ – відповідно початковий і кінцевий тиск у балоні, МПа; $V_{бi}$ – об'єм балону, л; $P_a \approx 0.1 \text{ МПа}$ – атмосферний тиск; t_i – розглянутий проміжок часу (час подолання смуги), хв.

Видно, що змінення легеневої вентиляції під час тренування також характеризується (за результатами статистичної оцінки з 5%-им рівнем значимості) експоненціальним законом

$$\omega_{л} = \bar{\omega}_{л\text{гран}} + (\bar{\omega}_{л1} - \bar{\omega}_{л\text{гран}}) \cdot e^{-\lambda(n-1)}, \quad (5)$$

де оцінкою математичного очікування, до якого наближається легенева вентиляція під час подолання смуги за результатами навчання з її використанням, є

$$\bar{\omega}_{л\text{гран}} = \begin{cases} 38 \text{ л/хв. - при подоланні смуги в АСВ-2;} \\ 35,2 \text{ л/хв. - при подоланні смуги в АВІМ-09;} \\ 30,6 \text{ л/хв. - при подоланні смуги в АУЕР ВD96;} \end{cases}$$

математичне очікування легеневої вентиляції під час подолання смуги в першій спробі дорівнює

$$\bar{\omega}_{л\text{гран}} = \begin{cases} 86 \text{ л/хв. - при подоланні смуги в АСВ-2;} \\ 81 \text{ л/хв. - при подоланні смуги в АВІМ-09;} \\ 75 \text{ л/хв. - при подоланні смуги в АУЕР ВD96;} \end{cases}$$

параметр експоненціального закону дорівнює

$$\lambda = \begin{cases} 0,61 \text{ - при подоланні смуги в АСВ-2;} \\ 0,73 \text{ - при подоланні смуги в АВІМ-09;} \\ 1,05 \text{ - при подоланні смуги в АУЕР ВD96.} \end{cases}$$

Проте, необхідно звернути увагу на те, що в цьому випадку, більш сильно відрізняються і показники, до яких наближається легенева вентиляція по мірі проходження смуги за одним і тим же маршрутом. Також варто відмітити, що під час перших двох (для всіх апаратів, що розглядались) – трьох (для АСВ-2 та АВІМ-09) проходжень смуги легенева вентиляція була значно більшою тієї ($\omega_{л} \approx 30 \div 40 \text{ л/хв.}$), яка рекомендується в [7] для розрахунку часу роботи в АСП.

Висновки. Показана можливість кількісної порівняльної оцінки ізолюючих апаратів, які мають близькі масо-габаритні та захисні характеристики, за результатами як лабораторних досліджень на людях, так і під час полігонних випробувань. Використання отриманих оцінок спільно з результатами контрольних випробувань апаратів із застосуванням контрольних приладів сприятиме підвищенню об'єктивності рішень щодо придбання апаратів та ефективності їх застосування, вдосконаленню системи підготовки газодимозахисників.

Відмічено, що найбільш сильно різниця між апаратами проявляється при першому виконанні контрольної вправи, а параметр експоненціального закону, за яким змінюються часові характеристики виконання вправи, характеризує не тільки рівень підготовленості особового складу, але й те обладнання, в якому (або з яким) він працює.

ЛІТЕРАТУРА

1. ДСТУ EN 137:2002 Засоби індивідуального захисту органів дихання. Автономні резервуарні дихальні апарати зі стисненим повітрям. Вимоги, випробування, маркування (N 137:1993, ITD)
2. ДСТУ EN 145:2003 Засоби індивідуального захисту органів дихання. Автономні регенерувальні дихальні апарати зі стисненим киснем або зі стисненим киснем і азотом. Вимоги, випробування, маркування (EN 145:1997, IDT)
3. ДСТУ EN 136:2003 Засоби індивідуального захисту органів дихання. Маски. Вимоги, випробування, маркування (EN 136:1998, IDT)
4. Основы теории прогнозирования спортивных достижений/ Под ред. Г.П.Семенова. – М.: ВНИФК, 1983. – 326 с.
5. Введение в эргономику. / Под ред.В.П.Зинченко. – М., “Сов. радио”, 1974. – 351 с.
6. Стрелец В.М., Бородич П.Ю. Закономерности работы спасателей в изолирующих аппаратах при проведении работ на станциях метрополитена.// Проблеми надзвичайних ситуацій - № 3 – Харків, Фоліо, 2006 – С. 48-57
7. Настанова з газодимозахисної служби пожежної охорони МВС України. Наказ № 657 МВС України від 2 грудня 1994 р. – Київ, 1994. – 128 с.
nuczu.edu.ua