

УДК 614.841.

*В.І. Луц, канд. техн. наук*

### **ВИБІР ЗАХИСНИХ ДИХАЛЬНИХ АПАРАТІВ ДЛЯ ОБ'ЄКТІВ АТОМНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ**

Розглянуто критерії вибору регенеративних захисних дихальних апаратів на стисненому кисні на основі порівняльних характеристик та виду навантажень під час проведення аварійно-рятувальних робіт на об'єктах атомної енергетики України. Проведено експериментальні дослідження з визначення витрати повітря при застосуванні захисних дихальних апаратів на стисненому повітрі двобалонної конструкції, визначено запас кисню для регенеративного захисного дихального апарату, потрібного для проведення аварійно-рятувальних робіт на відмітці 48 м рівня реактора АЕС.

*Ключові слова:* критерії вибору, захисні дихальні апарати на стисненому кисні, об'єкти атомної енергетики, витрата кисню, навантаження, аварійно-рятувальні роботи.

*V. Lusch, Cand. of Sc. (Eng.)*

### **CHOICE OF PROTECTIVE RESPIRATORY DEVICES CONTAINING COMPRESSED OXYGEN FOR ATOMIC POWER OBJECTS**

Criteria for the selection of regenerative protective respiratory devices containing compressed oxygen have been considered based on a number of comparative characteristics and loading types when conducting emergency and rescue operations at atomic power objects in Ukraine. Some experimental researches have been conducted for the determination of the airflow while using protective respiratory devices containing compressed oxygen of two-cylindered construction, and oxygen reserve amount has been determined for a regenerative protective respiratory device that is necessary for the conduction of the emergency and rescue operations at the 48 m level of an APS nuclear reactor.

*Keywords:* choice criteria, protective respiratory devices containing compressed oxygen, atomic power objects, oxygen flow rate, load, emergency and rescue activities.

На сьогоднішній час в підрозділах ДСНС України по охороні атомних електростанцій (далі АЕС) знаходяться апарати на стисненому повітрі як вітчизняного: АВІМ, так і закордонного виробництва: "AUER" та "Dreger". Проведені розрахунки щодо проміжку часу, та витрати повітря газодимозахисником ланки на проведення аварійно – рятувальних робіт на відмітці 48 м. блоку реактора, показали, що за 40 хв газодимозахисник ланки ГДЗС витрачає близько 2726 л повітря. Відповідно при виборі захисних дихальних апаратів (далі ЗДА) на стисненому повітрі для об'єктів атомної енергетики потрібно звертати увагу більше на запас повітря, а не на термін захисної дії ЗДА [ 1 ] .

Будь-який апарат на стисненому повітрі має основні недоліки, які полягають у наступному: значна маса та відносно малий час захисної дії. В свою чергу збільшення об'єму балону для того, щоб збільшити запас повітря та час захисної дії, або заміна однобалонної конструкції на двобалонну, призводить до збільшення ваги апарату, і, як наслідок, до важкого фізичного навантаження на газодимозахисника, що негативно впливає на хід проведення аварійно-рятувальних робіт на об'єктах атомної енергетики України. Відповідно до класифікації засобів індивідуального захисту органів дихання та зору (ЗІЗОД) і загальної статистики щодо забезпечення газодимозахисної служби ЗІЗОД підрозділів ДСНС України є сенс розглянути регенеративні захисні дихальні апарати на стисненому кисні для проведення аварійно-рятувальних робіт на об'єктах атомної енергетики України, які за своєю масою є значно менші в порівнянні з апаратами на стисненому повітрі [ 2 ] .

Отже, виходячи з вище вказаного, на даний час є актуальна проблема відсутності методики вибору регенеративних захисних дихальних апаратів на стисненому кисні з відповідним терміном захисної дії для особового складу підрозділів ДСНС України по охороні об'єктів АЕС для проведення аварійно-рятувальних робіт у непридатному для дихання середовищі.

Для обґрунтування методики необхідно було вирішити такі задачі:

1) експериментально визначити:

а) об'єм повітря, яке потрібно газадимозахиснику ланки для ліквідації НС в головному корпусі АЕС на відмітці 48 м при використанні ЗДА на стисненому повітрі двобалонної конструкції ;

б) запас кисню в балоні регенеративного захисного дихального апарату на стисненому кисні для газодимозахисника ланки для проведення аварійно-рятувальних робіт;

2) на основі результатів експериментів обґрунтувати та запропонувати для підрозділів ДСНС України по охороні АЕС регенеративний ЗДА на стисненому кисні.

В конструктивному плані найскладнішою будівлею АЕС є головного корпусу, де основну небезпеку представляють реакторне відділення та машинний зал. Відповідно ланці ГДЗС у разі надзвичайної ситуації (далі НС) потрібно буде подолати шлях від місця включення в апарати на свіжому повітрі сходовими маршами догори до відмітки 48 м та по горизонталі до середини приміщення 33 м. Так як сходові клітки розташовані по периметру будівлі гермооболонки реактора, тому є змога дійти до місця НС із необхідної сторони та повернутись назад.

Для проведення експериментального дослідження було створено три ланки курсантів згідно «рекомендацій по підбору особового складу» з однаковими антропологічними даними (зросту, ваги та фізичного розвитку). Ланки були оснащені всім необхідним спорядженням згідно наказу [3], зокрема, захисним одягом, апаратами на стисненому повітрі однобалонної або двобалонної конструкції, зв'язкою, рукавною лінією зі стволом, ломом легким, груповим ліхтарем, рятувальною мотузкою та переносною радіостанцією. [ 4 ]

Враховуючи, що на озброєнні НПРЧ ЛДУ БЖД не має апаратів двобалонної конструкції на стисненому повітрі, для імітації маси апарату двобалонної конструкції до апаратів фірми "Dreger" однобалонної конструкції масою 14 кг закріплювався композитний балон фірми «Fazer» масою 4,5 кг, що в сумі становило 18,5 кг.

Якщо зробити порівняльну характеристику середньої витрати повітря по трьом ланкам ГДЗС, під час проведення експериментального дослідження по підйомі та спуску сходовими маршами ланкою ГДЗС з однобалонною конструкцією (далі ОБК) масою 14 кг та двобалонною конструкцією ( далі ДБК) масою 18,5 кг , ми бачимо суттєву різницю (табл. 1).

Таблиця 1 – Порівняльна характеристика впливу навантаження на змінення тиску повітря при застосуванні одно та двобалонної конструкції ЗДА

| Ланки ГДЗС | Підйом на висоту 48 м з масою 14 кг ОБК | Спуск з відмітки 48 м з масою 14 кг. ОБК | Підйом на висоту 48 м з масою 18,5 кг ДБК | Спуск з відмітки 48 м з масою 18,5 кг ДБК |
|------------|---|--|---|---|
| I          | 54 бар                                  | 24 бар                                   | 81 бар                                    | 37 бар                                    |
| II         | 54 бар                                  | 26 бар                                   | 87бар                                     | 40 бар                                    |
| III        | 59 бар                                  | 34 бар                                   | 92 бар                                    | 41 бар                                    |

На підставі експериментального дослідження можна зробити висновок, що в середньому витрата повітря збільшується в 1,5 рази, а час з середнього на підйом та спуск з 14 хв збільшується до 19 хв. При цьому при опитуванні курсантів, які брали участь у проведенні експериментів звертали увагу на більшу втому при застосуванні повітряного апарату з двобалоною конструкцією в порівнянні з однобалоною конструкцією. Тому є необхідність

розглянути в якості ЗДА для проведення аварійно-рятувальних робіт на відмітці 48 м рівня реактора АЕС - регенеративні захисні дихальні апарати на стисненому кисні, та визначити необхідний запас кисню газодимозахисника ланки ГДЗС.

**Розрахунок витрати кисню ланкою ГДЗС:**

Перед тим як провести розрахунок витрати кисню, використаємо дані щодо розрахунку тривалості роботи ланки ГДЗС  $T_{заг. хв.}$  на відмітці 48 м по тій самій методиці, що використовували при розрахунку витрати повітря : [ 1 ]

- тривалість підйому по сходовими маршами ланкою ГДЗС до відмітки - 48 м = 7,53 хв;
- тривалість слідування який потрібен ланці ГДЗС від сходової клітки до місця аварії довжиною - 33 м, і повернення назад, що становить разом 66 м = 1,31 хв;
- тривалість роботи ланки ГДЗС на місці аварії, середньо - статистичне значення = 25 хв;
- тривалість спуску ланки ГДЗС сходовими маршами = 5,56 хв.

$$T_{заг.} = 7,53 + 1,31 + 25 + 5,56 = 39,40 \approx 40 \text{ хв.}$$

Отже, згідно розрахункового проміжку часу, який потрібен ланці ГДЗС для проведення аварійно – рятувальних робіт та ліквідації аварії на відмітці реактора 48 м, середньому дорівнює значенню 40 хв з важкими умовами праці.

Як відомо, робота ланок ГДЗС поділяється за ступенем важкості на легку, середню, важку та дуже важку роботу, відповідно до навантаження збільшуються витрати кисню (табл. 2) [3].

Таблиця 2 – Залежність витрати кисню від ступеня важкості виконуваної роботи

| Вид роботи за ступенем важкості | Витрата кисню, л/хв | Витрата повітря, л/хв | ЧСС, уд/хв |
|---------------------------------|---------------------|-----------------------|------------|
| Легка                           | до 1,0              | 12,5                  | 85 - 100   |
| Середня                         | від 1,0 до 1,5      | 30                    | 101 – 125  |
| Важка                           | від 1,5 до 2,0      | 60                    | 126 – 150  |
| Дуже важка                      | більше 2,0          | 85                    | 151 - 170  |

Розглянемо позначення, які будуть використовуватись для проведення розрахунків: пересування горизонтальною поверхнею зі стволем за тиски води 4,0-4,5 кгс/см<sup>2</sup> по приміщенню - важка робота, споживання кисню 1,5 - 2 л/хв, приймаємо середнє значення 1,8 л/хв: підйом по сходових маршах - важка робота із споживанням кисню 1,5 - 2 л/хв, приймаємо середнє значення 1,8 л/хв: спуск сходовими маршами – легка робота, споживання кисню до 1 л/хв, робота ланки ГДЗС в осередку виникнення пожежі - дуже важка робота, споживання кисню більше 2 л/хв приймаємо середнє значення 2,5 л/хв.

$$V_{заг.} = V_{під.} + V_{сл.г.п.} + V_{роб.} + V_{сп.} \tag{1}$$

де:  $V_{заг.}$  - загальний об'єм кисню, який потрібен газодимозахиснику ланки для ліквідації НС на відмітці реактора 48 м, л;

$V_{під.}$  - об'єм кисню який потрібен для підйому газодимозахиснику в ланці по сходових маршах, л ;

$V_{сл.г.п.}$  - об'єм кисню, який потрібен газодимозахиснику ланки для слідування горизонтальною поверхнею, л;

$V_{роб.}$  - об'єм кисню, який потрібен газодимозахиснику для роботи на 25 хв, л;

$V_{сп.}$  - об'єм кисню, який потрібен газодимозахиснику для спуску сходовими маршами, л;

$Q_L$  – легенева вентиляція, залежно від ступеня важкості роботи, яку виконує ланка ГДЗС, л/хв.

1. Визначаємо потрібну кількість кисню  $V_{\text{під.}}$ , яку затрачає газодимозахисник ланки на підйом сходовими маршами на відмітку 48 м:

$$V_{\text{під.}} = \tau_{\text{під.}} \cdot Q_L = 7,53 \cdot 1,8 = 13,55 \approx 14 \text{ л ,}$$

де:

$\tau_{\text{під.}}$  - тривалість підйому по сходових маршах на відмітку 48 м;

$Q_L$  - легенева вентиляція, при важкій роботі (витрата кисню – 1,8 л/хв).

2. Визначаємо потрібну кількість повітря сл.г.п., яку споживає газодимозахисник ланки на пересування горизонтальною поверхнею зі стволом під тиском води 4,0-4,5 кгс/см<sup>2</sup>.

$$V_{\text{сл.г.п.}} = \tau_{\text{сл.г.п.}} \cdot Q_L = 1,31 \cdot 1,8 = 2,35 \approx 3 \text{ л}$$

де:

$\tau_{\text{сл.г.п.}}$  - тривалість слідування горизонтальною поверхнею, хв;

$Q_L$  - легенева вентиляція, при важкій роботі (витрата кисню – 1,8 л/хв).

3. Визначаємо потрібну кількість кисню  $V_{\text{роб.}}$ , яку затрачає газодимозахисник ланки на роботу в осередку виникнення пожежі або аварії.

$$V_{\text{роб.}} = \tau_{\text{сл.г.п.}} \cdot Q_L = 2,5 \cdot 2,5 = 6,25 \approx 6,3 \text{ л}$$

де:

$\tau_{\text{роб.}}$  - тривалість роботи ланки ГДЗС при ліквідації пожежі, аварії, хв;

$Q_L$  - легенева вентиляція, при дуже важкій роботі (витрата кисню – 2,5 л/хв).

4. Визначаємо потрібну кількість кисню  $V_{\text{сп.}}$ , яку затрачає газодимозахисник ланки на спуск сходовими маршами з висоти 48 м.

$$V_{\text{сп.}} = \tau_{\text{сп.}} \cdot Q_L = 5,56 \cdot 1 = 5,56 \text{ л} \approx 6 \text{ л}$$

де:

$\tau_{\text{сп.}}$  - тривалість спуску по сходовим маршам з висоти 48 м, хв;

$Q_L$  - легенева вентиляція за легкої роботи (витрата кисню – 1,25 л/хв).

5. Визначаємо загальний об'єм кисню  $V_{\text{заг.}}$ , який витрачає газодимозахисник ланки ГДЗС на проведення аварійно – рятувальних робіт на відмітці реактора 48 м.

$$V_{\text{заг.}} = 14 + 3 + 6,3 + 6 = 29,3 \text{ л}$$

Отже, газодимозахисник ланки ГДЗС при роботі в регенеративному захисному дихальному апараті на стисненому кисні за 40 хв витрачає в середньому 29,3 л кисню.

Якщо розглядати технічну характеристику щодо запасу кисню в регенеративному захисному дихальному апараті на стисненому кисні, то вона залежить від ємності балону та робочого тиску. В основному в Україні та закордоном випускаються регенеративні захисні дихальні апарати на стисненому кисні з ємністю балону 1 л або 2 л та з робочим тиском

20 МПа і постійною подачею кисню в систему  $1,4 \pm 0,2$  л/хв, відповідно тривалість захисної дії складає в середньому 2 або 4 години [ 2 , 3 ] .

З розрахунку запасу кисню, який потрібно газодимозахиснику ланки на проведення аварійно – рятувальних робіт на відмітці реактора 48 м, цілком достатньо регенеративного захисного дихального апарату на стисненому кисні з ємністю балону 1 л, це міг би бути, наприклад, КИП-8 (Росія). Але так як даний апарат є морально застарілим, дорогим в обслуговуванні, то пропонується для підрозділів ДСНС України по охороні АЕС регенеративний ЗДА на стисненому кисні Р-30 вітчизняного виробництва та має ряд переваг перед вітчизняними апаратами двобалонної конструкції на стисненому повітрі – меншу масу та більшу тривалість захисної дії (табл. 3).

Таблиця 3 – Порівняльні технічні характеристики

| ЗНАЧЕННЯ                         | Р-30        | АВИМ-01     |
|----------------------------------|-------------|-------------|
| Маса апарату, кг                 |             |             |
| - з льодом                       | 11,8        | -           |
| - без льоду                      | 11,0        | 23          |
| Кількість балонів, шт.           | 1           | 2           |
| Ємність балону, л                | 2           | 7           |
| Робочий тиск, МПа                | 20          | 29,4        |
| Запас кисню/ повітря в балоні, л | 400         | 3818        |
| Тривалість захисної дії, хв      | 240         | 123         |
| Габаритні розміри, мм            | 450x375x165 | 699x355x231 |

**Висновки.** Провівши експериментальні дослідження, щодо варіанту апарату на стисненому повітрі двобалонної конструкції, який має необхідний запас стисненого повітря на проведення аварійно – рятувальних робіт на відмітці 48 м блоку реактора, можна зробити висновок, що маса апарату двобалонної конструкції на стисненому повітрі суттєво впливає на тривалість виконання аварійно – рятувальних робіт, витрату повітря та негативно впливає на фізіологічний стан організму газодимозахисника, крім цього ціна апарату двобалонної конструкції в середньому складає від 22 тис. до 27 тис. грн.

Для підрозділів ДСНС України по охороні АЕС пропонується регенеративний ЗДА на стисненому кисні марки Р-30, який порівняно з апаратом на стисненому повітрі двобалонної конструкції, має значно меншу масу та в два рази більшу тривалість захисної дії, крім цього виготовляється, продається на території України.

#### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Луц В.І. Проект методики вибору захисних дихальних апаратів під час аварій на атомних електростанціях / В.І. Луц // Збірник наукових праць Вісник № 7. – ЛДУ БЖД., – 2013. – С.103-108.
2. Ковалишин В.В., Кусковець С.Л., Луц В.І. Основи створення та експлуатації засобів індивідуального захисту органів дихання. ЛДУ БЖД. – Львів : Вид-во “СПОЛОМ”, 2011. – 440 с.
3. Грачев В.А., Поповский Д.В. Газодымозащитная служба. Пожарная техника. – М.: Пожкнига, 2004. – 384 с.
4. Наказ МНС України №1342 від 16.12.2011 року. Настанова з організації газодимозахисної служби в підрозділах Оперативно-рятувальної служби цивільного захисту МНС України.

