



МАТЕРІАЛИ ДРУКУЮТЬСЯ УКРАЇНСЬКОЮ,
АНГЛІЙСЬКОЮ, НІМЕЦЬКОЮ
ТА ПОЛЬСЬКОЮ
МОВАМИ

ЗБІРНИК НАУКОВИХ ПРАЦЬ

**ПОЖЕЖНА
БЕЗПЕКА**

ЛДУ БЖД

№ 34, 2019

заснований у 2002 році

РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ:

д-р с-г. наук **Кузик А.Д.** – головний редактор

д-р техн. наук **Ковалишин В.В.** – науковий редактор

д-р техн. наук **Антонов А.В.**

канд. техн. наук **Баланюк В.М.**

д-р інж. **Єжи Волянін**

д-р інж. **Даріуш Врублевський**

д-р техн. наук **Гашук П.М.**

д-р техн. наук **Гуліда Е.М.**

д-р техн. наук **Демчина Б.Г.**

канд. пед. наук **Коваль М.С.**

д-р пед. наук **Козяр М.М.**

д-р техн. наук **Костенко В.К.**

д-р техн. наук **Круковський П.Г.**

канд. техн. наук **Лозинський Р.Я.**

д-р хім. наук **Михалічко Б.М.**

д-р фіз.-мат. наук **Тацій Р.М.**

ISSN 2078-6662

DOI: 10.32447/20786662.33.2018.00

ЗАСНОВНИК ТА ВИКОНАВЕЦЬ Львівський державний університет
безпеки життєдіяльності (ЛДУ БЖД)

ЗАРЕЄСТРОВАНО Державною реєстраційною службою України
14. 07. 2014 р. Серія КВ №20916-10716 ПР

ВНЕСЕНО ДО ПЕРЕЛІКУ НАУКОВИХ ФАХОВИХ ВИДАНЬ УКРАЇНИ
Наказ МОН України від 06.11. 2014 року № 1279)

ВНЕСЕНО ДО БІБЛОГРАФІЧНОЇ БАЗИ ДАНИХ
«ULRICH'S PERIODICALS DIRECTORY»

Рекомендовано до друку рішенням Вченої ради ЛДУ БЖД
(*Протокол № 4 від 20. 12. 2018 р.*)

Літературний редактор Падик Г.М.

Технічний редактор Сорочич М.П.

Комп'ютерна верстка Хлевной О.В.

Відповідальний за друк Фльорко М.Я.

Друк на різнографі Трачук О.В.

АДРЕСА РЕДАКЦІЇ: ЛДУ БЖД, вул. Клепарівська, 35, м. Львів, 79007
Контактні телефони: (032) 233-24-79, тел/факс 233-00-88
E-mail: mail@ubgd.lviv.ua, pb_zbirnyk@i.ua

Збірник наукових праць "Пожежна безпека" видається з 2002 року. Запланована періодичність 2 рази на рік. Тематична спрямованість: оригінальні та оглядові праці в галузі технічних наук з напряму пожежна безпека.

Здано в набір 27. 06. 2019. Підписано до друку 01. 07. 2019.
Формат 60x84^{1/3}. Папір офсетний. Ум. друк. арк. 7,5.
Гарнітура Times New Roman. Друк на різнографі.
Наклад: 100.
Друк: ЛДУ БЖД
вул. Клепарівська, 35, м. Львів, 79007.

- | | | |
|---|----|---|
| <p>О. І. Башинський, М. З. Пелешко,
Т. Г. Березанський
ВОГНЕСТІЙКІСТЬ БУДІВЕЛЬНИХ
КОНСТРУКЦІЙ СКЛАДСЬКИХ БУДІВЕЛЬ
ДЛЯ ЗБЕРІГАННЯ ЛЕГКОЗАЙМИСТИХ ТА
ГОРЮЧИХ РІДИН</p> | 5 | <p>O. I. Bashynskiy, M.Z. Peleshko,
T.G. Berezhanskiy
FIRE RESISTANCE OF BUILDING
STRUCTURES OF FLAMMABLE AND
COMBUSTIBLE LIQUIDS STORES</p> |
| <p>О. І. Башинський, М. З. Пелешко,
Ю. Т. Судніцин
АНАЛІЗ ПРИЧИН ПОЖЕЖНОЇ НЕБЕЗПЕКИ
ВИСОТНИХ БУДИНКІВ ТА БУДИНКІВ
ПІДВИЩЕНОЇ ПОВЕРХОВОСТІ МІСТА
ЛЬВІВ</p> | 10 | <p>O. I. Bashynskiy, M. Z. Peleshko,
Y. T. Sydnytsyn
ANALYSIS OF REASONS OF HIGH-RISE
BUILDINGS FIRE HAZARD IN LVIV</p> |
| <p>С. Я. Вовк, Н. О. Ференц, Д. В. Харишин
ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ПОЛІСІЛОКСА-
НОВОГО ЗАХИСНОГО ПОКРИТТЯ НА
ВОГНЕСТІЙКІСТЬ КОНСТРУКЦІЙ З
АЛЮМІНІЄВИХ СПЛАВІВ</p> | 16 | <p>S. Ya. Vovk, N. O. Ferents, D.V. Kharyshyn
RESEARCH ON THE EFFECT OF
PROTECTING COATING ON THE FIRE
RESISTANCE OF ALUMINUM ALLOY
STRUCTURES</p> |
| <p>Т. М. Войтович, В. В. Ковалишин,
В. В. Чернецький
ОСОБЛИВОСТІ ПРОЕКТУВАННЯ І
РОЗРАХУНКУ СИСТЕМИ «ПІДШАРОВОГО»
ГАСІННЯ</p> | 21 | <p>T. M. Voitovych, V. V. Kovalyshyn,
V. V. Chernetskiy
DESIGN AND CALCULATION SPECIFICS
OF THE SUBSURFACE FIRE
EXTINGUISHING SYSTEM</p> |
| <p>Е. М. Гуліда, О. М. Коваль, В. В. Шарій
ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПРОТИПОЖЕЖНОГО
ЗАХИСТУ ВИРОБНИЧО-СКЛАДСЬКИХ
ОБ'ЄКТІВ ПРОМИСЛОВИХ ПІДПРИЄМСТВ
З УРАХУВАННЯМ ПОЖЕЖНОГО РИЗИКУ</p> | 28 | <p>E. M. Hulida, O. M. Koval, V. V. Sharii
PROVIDING FIRE PROTECTION
OF INDUSTRIAL WAREHOUSE
FACILITIES CONSIDERING FIRE RISK</p> |
| <p>О. О. Ковальов, А. Я. Калиновський,
О. Г. Поліванов
РОЗРОБКА ОКРЕМИХ АСПЕКТІВ
КОНТЕЙНЕРНОГО МЕТОДУ ПОЖЕЖО-
ГАСІННЯ</p> | 35 | <p>O. O. Kovalev, A. Y. Kalinovsky,
O. G. Polivanov
DEVELOPMENT OF INDIVIDUAL
ASPECTS OF CONTAINER METHOD
OF FIRE EXTINGUISHING</p> |
| <p>І. П. Кравець, О. І. Башинський,
А. П. Кушнір, О. В. Шаповалов
ЧИННИКИ ПОЖЕЖНОЇ НЕБЕЗПЕКИ
ЕЛЕКТРООБЛАДНАННЯ ТА
ЕЛЕКТРОУСТАНОВОК</p> | 43 | <p>I. Kravets, O. Bashynskiy, A. Kushnir,
O. Shapovalov
FACTORS OF FIRE HAZARD OF
ELECTRICITY-GENERATING EQUIPMENT</p> |
| <p>А. Д. Кузык, Д. В. Лагно
ОСОБЛИВОСТІ ПРОЦЕСУ ЛІКВІДАЦІЇ
ПОЖЕЖІ У ЗАБРУДНЕНИХ
РАДІОНУКЛІДАМИ ЛІСАХ НА ТЕРИТОРІЇ
ЗОНИ ВІДЧУЖЕННЯ</p> | 47 | <p>A. D. Kuzyk, D. V. Lagno
SPECIAL CHARACTERISTICS OF FIRE-
FIGHTING IN RADIONUCLIDE-
CONTAMINATED FORESTS OF THE
CHORNOBYL EXCLUSION ZONE</p> |
| <p>О. В. Лазаренко, О. Д. Синельников,
І. М. Биков, А. С. Кусковець
ПОЖЕЖОГАСІННЯ ТА ПРОВЕДЕННЯ
ІНШИХ НЕВІДКЛАДНИХ РОБІТ
В ЕЛЕКТРОКАРАХ</p> | 54 | <p>O. V. Lazarenko, O. D. Synelnikov,
I. M. Bykov, A. S. Kuskovets
FIRE EXTINGUISHING AND OTHER
URGENT WORK IN ELECTRIC CARS</p> |

**В. І. Луц, О. В. Лазаренко, В. Б. Лоїк,
С. В. Волошко**
ОБГРУНТУВАННЯ ПОПРАВКОВИХ
КОЕФІЦІЄНТІВ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ЧАСУ
РОБОТИ ЛАНОК ГАЗОДИМОЗАХИСНОЇ
СЛУЖБИ

59

**V. I. Lushch, O. V. Lazarenko, V. B. Loik,
S. V. Voloshko**
THE REASONING OF CORRECTIVE
COEFFICIENTS FOR DETERMINING THE
TIME OF PROTECTIVE ACTION OF SELF-
CONTAINED BREATHING APPARATUS
FOR FIREFIGHTERS

**П. В. Пастухов, В. В. Кочубей,
О. І. Лавренюк, Б. М. Михалічко**
ХІМІЧНОСТІЙКІ ВОГНЕЗАХИСНІ
ПОКРИТТЯ НА ОСНОВІ МОДИФІКОВАНИХ
КУПРУМ(ІІ) КАРБОНАТОМ
ЕПОКСІАМІННИХ КОМПОЗИЦІЙ

66

**P. V. Pastuhov, V. V. Kochubei,
O. I. Lavrenyuk, B. M. Mykhalitchko**
CHEMICALLY RESISTANT FLAME
RETARDING COATINGS BASED ON
EPOXY-AMINE COMPOSITES MODIFIED
WITH COPPER(II) CARBONATE

А. А. Ренкас
ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ВОГНЕСТІЙКОСТІ
ЗАЛІЗОБЕТОННИХ БАГАТОПУСТОТНИХ
ПЛИТ ПЕРЕКРИТТЯ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ
ЛИСТОВИХ БУДІВЕЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ

72

A. A. Renkas
FIRE RESISTANCE PROVIDING OF
HOLLOW-CORE CONCRETE SLABS
USING SHEET BUILDING MATERIALS

Ю. І. Рудик, В. М. Шунькін
ВИЗНАЧЕННЯ ОБСЯГУ ГОРЮЧОГО
МАТЕРІАЛУ КАБЕЛЬНИХ ВИРОБІВ ПРИ
ВИПРОБУВАННІ ЗА ПОКАЗНИКАМИ
ПОЖЕЖНОЇ БЕЗПЕКИ

78

Yu. Rudyk, V. Shunkin
DETERMINATION OF THE QUANTITY OF
COMBUSTIBLE MATERIAL IN CABLE
PRODUCTS IN THE PROCESS OF FIRE
SAFETY TESTING

Р. М. Тацій, О. Ю. Пазен, Л. С. Шупот
ВИЗНАЧЕННЯ НЕСТАЦІОНАРНОГО ТЕМ-
ПЕРАТУРНОГО ПОЛЯ В СИСТЕМІ ДВОХ
ЦИЛІНДРИЧНИХ ТІЛ
ЗА УМОВ ПОЖЕЖІ

84

R. Tatsii, O. Pazen, L. Shypot
DETERMINATION OF THE NON-
STATIONARY TEMPERATURE FIELD IN
THE SYSTEM OF TWO CYLINDRICAL
SHELL UNDER THE FIRE CONDITIONS

**Н. О. Ференц, С. Я. Вовк, А. С. Лин,
Д. В. Харишин**
ДОСЛІДЖЕННЯ НЕБЕЗПЕКИ ВИБУХУ
СФЕРИЧНИХ РЕЗЕРВУАРІВ ІДПРИЄМСТВ
НАФТОГАЗОПЕРЕРОБНОЇ
ПРОМИСЛОВОСТІ

91

**N. O. Ferents, S. Ya. Vovk, A. S. Lyn,
D. V. Kharyshyn**
EXPLOSIVE HAZARD OF SPHERICAL
TANKS OF OIL AND GAS REFINING
ENTERPRISES

**Р. С. Яковчук, А. Д. Кузик,
О. С. Ємельяненко, Т. М. Скоробагатко**
МЕХАНІЗМ ПОШИРЕННЯ ПОЖЕЖІ
ПОВЕРХНЕЮ КОНСТРУКЦІЙ ЗОВНІШНІХ
СТІН ІЗ ФАСАДНОЮ ТЕПЛОІЗОЛЯЦІЄЮ З
ГОРЮЧИМ УТЕПЛЮВАЧЕМ ТА ОПО-
РЯДЖЕННЯМ ШТУКАТУРКОЮ

96

**R. Yakovchuk, A. Kuzyk, S. Yemelyanenko,
T. Skorobatko**
FIRE SPREAD MECHANISM ON SURFACE
OF CONSTRUCTION FIT WITH FACADE
HEAT INSULATION BASED ON
COMBUSTIBLE INSULANT AND
FINISHED WITH PLASTER

В. І. Луц¹, О. В. Лазаренко¹, В. Б. Лоїк¹, С. В. Волошко²
¹Львівський державний університет безпеки життєдіяльності
²Департамент реагування на надзвичайні ситуації ДСНС України

ОБГРУНТУВАННЯ ПОПРАВКОВИХ КОЕФІЦІЄНТІВ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ЧАСУ РОБОТИ ЛАНОК ГАЗОДИМОЗАХИСНОЇ СЛУЖБИ

Згідно з нормативними документами та правилами безпеки праці, кожен пожежник, що працює в АСП під час роботи у загазованому та задимленому середовищі повинен стежити за показаннями манометра і вміти розрахувати витрату повітря (кисню) та тривалість роботи в ЗІЗОД. Основними показниками, які враховуються під час розрахунків часу роботи у загазованих і задимлених середовищах, є: контрольний тиск виходу повітря (кисню) в ЗІЗОД, при якому необхідно виходити на свіже повітря; час роботи у загазованих і задимлених середовищах; очікуваний час повернення на свіже повітря.

Таким чином, поняття про безпечні параметри роботи пожежного в АСП включає в себе запас повітря (тиску), який необхідний для прямування до місця пожежі (роботи), виконання роботи на місці пожежі та повернення назад на чисте повітря а також на резерв. Запас повітря в першу чергу буде залежати від об'єму балона (балонів) та робочого тиску АСП, а потім-від умов роботи та фізіологічних особливостей пожежника.

Оскільки при визначенні середнього часу роботи ланки ГДЗС в загазованому і задимленому середовищі, згідно з формулою яка зазначена в нормативному документі, не враховується ємність балона АСП, метою роботи було визначення поправкових коефіцієнтів, які б враховували ємність балона АСП.

Розглянувши укомплектованість пожежно-рятувальних підрозділів ДСНС України ЗІЗОД, можна зробити висновок що найбільша кількість апаратів на стисненому повітрі якими оснащені в оперативні розрахунки, -це АСП провідних фірм Європи, а саме Drager та MSA AUER. Що до ступеня навантаження роботи пожежника в загазованому та задимленому середовищі, то 50 % становить робота середнього ступеня важкості що відповідає легеневої вентиляції 40 л/хв. Аналіз технічних характеристик АСП фірм Drager та MSA AUER показав, що у цих АСП однакова продуктивність легеневої автоматів-40 л/хв та робочий тиск $P = 300$ бар, але різні ємності балонів: 6; 6,8; 7 л, а це відповідно впливає на запас повітря, яке необхідне для виконання роботи газодимозахисником.

Провівши розрахунки середнього часу роботи ланки ГДЗС в загазованому і задимленому середовищі за двома формулами: перша – згідно з нормативним документом, що визначає такий розрахунок, друга, - згідно з законом Бойля-Мариотта, яка враховує ємність балона, робочий тиск та витрату повітря при середніх навантаженнях запасу, ми отримали такі дані:

– для балонів ємністю 6 л ця різниця не суттєва-2 хв, що становить 5%, отже поправкового коефіцієнта до базової формули не потрібно.

– для балонів ємністю 6,8 л ця різниця суттєва-7 хв, що становить 20 %, отже пропонуємо ввести до базової формули поправковий коефіцієнт + 7 хв.

– для балонів ємністю 7 л ця різниця суттєва-8 хв, що становить 23 %, отже пропонуємо ввести до базової формули поправковий коефіцієнт + 8 хв.

Окрім того, для АСП двобалонної конструкції, наприклад Drager PSS-5000, пропонуємо у запропонованих формулах додатково середній час роботи ланки ГДЗС множити на 2.

Таким чином, на підставі вище сказаного при практичних розрахунках із визначення середнього часу роботи ланки ГДЗСу загазованому і задимленому середовищі при використанні базової формули, якщо застосовуються АСП з балонами ємністю 6,8 та 7 л, або двобалонної конструкції, пропонуємо застосовувати поправкові коефіцієнти, а для АСП з балоном ємністю 6 л залишати формулу незмінною. Введення в базову формулу поправкових коефіцієнтів дасть змогу ланкам ГДЗС більш безпечно проводити розвідку під час гасіння пожеж, ліквідацію надзвичайних НС та їх наслідків, рятування людей, матеріальних цінностей із загазованих та задимлених приміщень.

Ключові слова: газодимозахисник, запас повітря, поправкові коефіцієнти, апарат на стисненому повітрі.

Вступ. Щодня в нашій країні виникає понад 100 пожеж, в яких гине 5-6 чоловік. У порівнянні з країнами Західної Європи кількість пожеж та людей, що на них загинули в нашій країні є досить значною. Аналіз оперативних дій гарнізонів опера-

тивно-рятувальної служби багатьох областей України показує, що своєчасне і правильне застосування газодимозахисної служби (ГДЗС) дозволяє своєчасно надати необхідну допомогу людям, значно скоротити час гасіння і зменшити втрати від пожежі.

В процесі еволюції людство винайшло багато різноманітних речовин та матеріалів, що використовуються в промисловості та побуті, при горінні яких виділяються токсичні продукти горіння, які здатні отруїти організм людини. Тому, щоб уникнути загрози отруєння, рятувальники (газодимозахисники) під час гасіння пожеж та ліквідації надзвичайних ситуацій (НС) повинні працювати у засобах індивідуального захисту органів дихання та зору (ЗІЗОД). Забезпечення безпечної роботи газодимозахисників у загазованих і задимлених середовищах з метою проведення розвідки під час гасіння пожеж, ліквідації надзвичайних НС та їх наслідків, рятування людей і матеріальних цінностей є основним завданням ГДЗС. Первинною тактичною одиницею газодимозахисної служби є ланка ГДЗС, яка складається не менше як трьох газодимозахисників, враховуючи командира ланки, ця ланка повинна мати ЗІЗОД одного типу, з однаковими технічними характеристиками. [1,2,3].

Проаналізувавши матеріальне забезпечення ЗІЗОД газодимозахисної служби України станом на 1 липня 2018 року, бачимо що пожежно-рятувальні підрозділи на 96% оснащені апаратами на стисненому повітрі (далі АСП) вітчизняного та закордонного виробництва, (табл. 1).

Таблиця 1
Аналіз забезпечення ЗІЗОД газодимозахисної служби України [4]

№ з/п	Назва ЗІЗОД, (виробник)	Кількість, шт.	Примітка
ЗІЗОД на стисненому повітрі			
1.	АСВ-2 (Горизонт)	2853	у 60 % станом на 2018 р. закінчується термін експлуатації
2.	Drager	1656	
3.	MSAAUER	1263	
4.	Інші апарати на стисненому повітрі (АСП), вітчизняного та закордонного виробництва	235	у 50 % станом на 2018 р. закінчується термін експлуатації
ВСЬОГО		6188	
ЗІЗОД на стисненому кисні			
5.	КИП-8	49	
6.	Р-30/34	186	
ВСЬОГО		235	

На підставі даних таблиці 1 видно, що в основному більшість пожежно-рятувальних підрозділів ДСНС України оснащені АСП закордонного виробництва фірм Drager та MSAAUER і є тенденція до зростання. АСП вітчизняного виробництва представлені апаратами типу АСВ-2, але зв'язку з тим що завод гірничорятувальної техніки

«Горизонт», де виготовляють ці апарати, розташовані на невідконтрольній території України, відповідно проведення ремонтів та технічного обслуговування із закупівлею запчастин стало неможливим. З цієї причини оснащення пожежно-рятувальних підрозділів новими апаратами типу АСВ-2 не відбувається, а у 60% тих, що ще стоять в оперативному розрахунку станом на 2018 р. закінчується термін експлуатації, отже існує тенденція до їх заміни закордонними АСП [1,5].

Розглянувши укомплектованість пожежно-рятувальних підрозділів ДСНС України ЗІЗОД, можна зробити висновок що найбільша кількість апаратів на стисненому повітрі якими оснащені підрозділи, – це АСП провідних фірм Європи, а саме Drager та MSA AUER, а частка вітчизняних АСП типу АСВ-2 в силу певних обставин зменшується.

Постановка проблеми. Згідно з настановою з ГДЗС [1], кожен газодимозахисник під час роботи у складі ланки ГДЗС у загазованому та задимленому середовищі повинен стежити за показаннями манометра і вміти здійснювати розрахунок витрат повітря та тривалості роботи в ЗІЗОД.

Основними показниками, які враховуються під час розрахунків часу роботи у загазованих і задимлених середовищах, є:

- контрольний тиск виходу повітря (кисню) в ЗІЗОД, при якому ланці ГДЗС необхідно виходити на свіже повітря;
- час роботи ланки ГДЗС у загазованих і задимлених середовищах;
- очікуваний час повернення ланки ГДЗС на свіже повітря.

Отже, поняття про безпечні параметри роботи ланок ГДЗС включає в себе запас повітря (тиску), який необхідний для прямування до місця пожежі (роботи), виконання роботи на місці пожежі та повернення назад на чисте повітря а також на резерв (рис. 1).

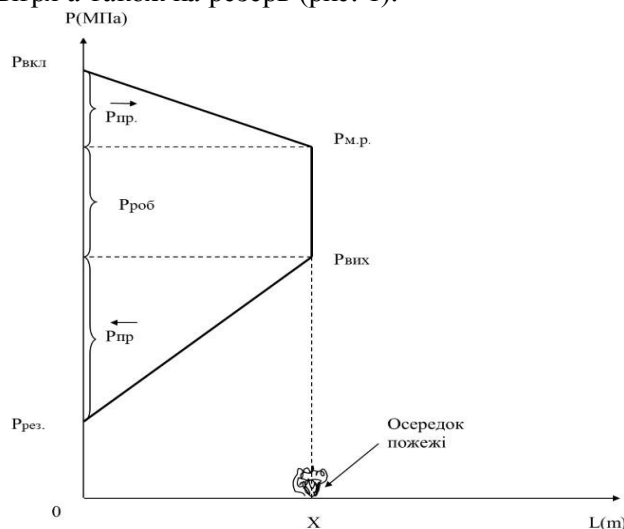


Рисунок 1 – Запас повітря (тиску), який необхідний для виконання роботи газодимозахисником

Запас повітря напряму в першу чергу буде залежати від об'єму балона (балонів) та робочого тиску АСП, а потім - від умов роботи та фізіологічних особливостей газодимозахисника.

Відповідно, тиск виходу $P_{вих.}$ не буде залежати від об'єму балона (балонів) та робочого тиску АСП і його можна визначити за формулою, враховуючи умови роботи [1]:

$$P_{вих.} = P_{пр.} + P_{рез.} \quad (1)$$

де

$P_{вих.}$ – тиск повітря в балоні (балонах) АСП одного з газодимозахисників, при якому ланці ГДЗС необхідно виходити з непридатного для дихання середовища;

$P_{пр.}$ – максимальний тиск повітря, який витрачений одним з газодимозахисників ланки на прямуювання до місця роботи (ліквідації НС);

$P_{рез.}$ – тиск резерву повітря, визначений виробником.

Що стосується часу роботи $\tau_{роб.}$ ланки ГДЗС у загазованих і задимлених середовищах, то він визначається за формулою [1]:

$$\tau_{роб.} = \frac{P_{поч.} - P_{рез.}}{7} \quad (2)$$

де: $\tau_{роб.}$ – середній час роботи ланки в загазованому і задимленому середовищі;

$P_{поч.}$ – найменший початковий тиск в одному із АСП ланки;

7 - середнє значення витрати повітря для інших апаратів на стисненому повітрі (бар/хв).

Як зазначалось вище, запас повітря залежить від об'єму балона (балонів) та робочого тиску АСП, а в формулі 2 враховується тільки тиск в АСП, нехтуючи об'ємом балона, що суттєво буде впливати на загальний час роботи та ефективність проведення аварійно-рятувальних робіт ланкою ГДЗС в загазованому та задимленому середовищі. Відповідно нижче буде обґрунтовано поправкові коефіцієнти для середнього часу роботи ланки ГДЗС враховуючи технічну характеристику апаратів. Перш за все - це об'єм повітряних балонів та їх робочий тиск.

Виклад основного матеріалу. Як зазначено у роботах [2, 3, 6], на сьогодні приблизно 50% робіт, що виконують газодимозахисники під час гасіння пожеж та ліквідації НС, має середній ступінь важкості та 38% робіт становить важка робота (рис.2).

Якщо розглядати ступені навантаження на газодимозахисника із витратою повітря (легеневою вентиляцією) в апараті на стисненому повітрі та частою серцевих скорочень (далі ЧСС), то ми отримуємо таку залежність (табл.2) [2,3,6,8,9].

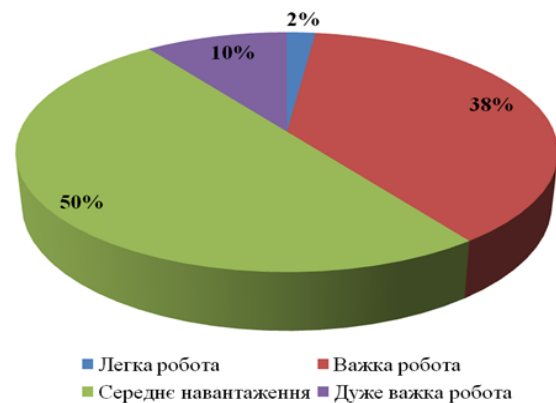


Рисунок 2 – Діаграма навантаження на газодимозахисника під час роботи на пожежі

Таблиця 2
Залежність легеневої вентиляції та ЧСС від ступеня важкості роботи

Види роботи за ступенем важкості	Легенева вентиляція, л/хв	ЧСС, уд./хв
Легка	15-20	85-100
Середня	30-40	101-125
Важка	55-60	126-150
Дуже важка	75-80	151-170

Проаналізувавши ступені навантаження роботи газодимозахисника в загазованому та задимленому середовищі бачимо що 50 % становить робота середнього ступеня важкості, що відповідає легеневої вентиляції 30-40 л/хв.

Технічні характеристики апаратів на стисненому повітрі провідних фірм Європи: Drager та MSAUER наведені в таблиці 3.

Таблиця 3
Технічні характеристики апаратів на стисненому повітрі

Характеристика	Drager PSS-3000/4000	Drager PSS-5000	POSTAUER-SL, AUER-BD Compact	MSA AirGo
1	2	3	4	5
Кількість балонів, шт.	1	2	1	1
Ємність балона, л	7	2x6,8	6	6,8
Робочий тиск у балоні, бар	300	300	300	300
Запас повітря, л	2100	2x2040	1800	1800
Час захисної дії, хв	52	136	45	60
Маса апарата, кг	14	18	14	14,7
Тиск у камері редуктора, бар	7	7	7	6-8
Тиск спрацювання запобіжного клапана редуктора, бар	13-20	13-20	11-15	11-15

Продовження таблиці 3

1	2	3	4	5
Тиск спрацювання вмикача резерву (бар)	-	-	-	-
Тиск спрацювання звукового сигналу, бар	50-60	50-60	50-60	50-60
Легенева вентиляція (л/хв)	40	40	40	40
Опір на вдиху (Па)	<400	<400	<390	<400
Опір на видиху (Па)	<600	<650	<650	<350 (450)

На підставі аналізу технічних характеристик АСП (в нашому випадку це продуктивність їх легеневи автоматів, що забезпечують легеневу вентиляцію), то у вітчизняних АСП, вона приймалась на рівні 30 л/хв, що відповідає середньому ступеню важкості, що відобразилось у технічній характеристиці апарата АСВ-2 та інших. Але, якщо розглянути технічні характеристики АСП провідних фірм Європи (табл. 3): Drager, MSA AUER, то ми побачимо, що продуктивність легеневи автоматів цих апаратів приймається на рівні 40 л/хв і це обумовлено дослідженнями та стандартизовано [10] окрім того в даних АСП однаковий робочий тиск $P = 300$ бар, але різні ємності балонів: 6; 6,8; 7 л відповідно це впливає на запас повітря, яке необхідне для виконання роботи газодимозахисником. Оскільки Україна з 2004 р. гармонізувала свої стандарти з європейськими, то в своїй роботі ми будемо приймати легеневу вентиляцію для середнього навантаження – 40 л/хв.

Середній час роботи ланки ГДЗС в загазованому і задимленому середовищі або орієнтовний час повернення ланки ГДЗС з небезпечної зони можна розрахувати за формулою:

$$\tau_{роб.} = \frac{V_{нов.}}{Q_{л.в.}}, \quad (2)$$

де

$\tau_{роб.}$ – середній час роботи ланки в загазованому і задимленому середовищі (хв);

$V_{нов.}$ – запас повітря в балоні (балонах) захисного дихального апарата (л);

$Q_{л.в.}$ – витрата повітря (легенева вентиляція) (л/хв)

Для визначення запасу повітря в апараті на стисненому повітрі використовується закон Бойля-Маріотта [11].

$$V_{нов.} \cdot P_{атм.} = N_{б.} \cdot V_{б.} \cdot P_{поч.}, \quad (4)$$

де

$P_{атм.}$ – атмосферний тиск;

$P_{поч.}$ – мінімальний тиск повітря в балоні (балонах) апарата одного з газодимозахисників ланки ГДЗС при включенні;

$N_{б.}$ – кількість балонів;

$V_{б.}$ – місткість балона (балонів) з повітрям (л).

Тоді,

$$V_{нов.} = \frac{N_{б.} \cdot V_{б.} \cdot P_{поч.}}{P_{атм.}}. \quad (5)$$

Підставимо вираз (5) у формулу (3) і отримаємо:

$$\tau_{роб.} = \frac{N_{б.} \cdot V_{б.} \cdot P_{поч.}}{Q_{л.в.} \cdot P_{атм.}}. \quad (6)$$

Враховуючи, що в конструкції АСП є звуковий сигнал для сповіщення користувача про закінчення робочого запасу повітря та необхідності виходу ланки на свіже повітря, який спрацьовує при тиску ($P_{рез.}$) 55-60 бар, отримуємо формулу для визначення середнього часу роботи ланки ГДЗС в загазованому і задимленому середовищі:

$$\tau_{роб.} = \frac{N_{б.} \cdot V_{б.} \cdot (P_{поч.} - P_{рез.})}{Q_{л.в.} \cdot P_{атм.}}. \quad (7)$$

Аналіз технічних характеристик АСП, які наведені у таблиці 3, показує що у всіх апаратах однаковий робочий тиск $P = 30$ МПа тільки різняться ємності балонів зі стисненим повітрям $V = 6; 6,8; 7$ л.

Отже, для прикладу проведемо розрахунок часу роботи за формулами 2 і 7 для балонів зі стисненим повітрям ємністю $V = 6; 6,8; 7$ л та порівняємо різницю у часі.

Приклад № 1 для АСП з балоном ємністю 6 л та тиском $P = 300$ бар

За формулою 2, в якій нехтуємо ємністю балона, а враховується тільки тиск, отримаємо:

$$\tau_{роб.} = \frac{P_{поч.} - P_{рез.}}{7} = \frac{300 - 50}{7} = 35 \text{ хв.}$$

Але, якщо врахувати запас повітря при ємності балона $V = 6$ л та легеневу вентиляцію $Q_{л.в.} = 40$ л/хв при середньому навантаженні за формулою 7, то отримаємо:

$$\tau_{роб.} = \frac{N_{б.} \cdot V_{б.} \cdot (P_{поч.} - P_{рез.})}{Q_{л.в.} \cdot P_{атм.}} = \frac{1 \cdot 6 \cdot (300 - 50)}{40} = 37 \text{ хв.}$$

Як видно з розрахунків за формулами 2 та 7, ми отримали середній час роботи ланки в загазованому і задимленому середовищі 35 хв і 37 хв, різниця не суттєва - 2хв, що становить 5% а отже поправкового коефіцієнта не потрібно.

Аналогічно проведемо розрахунки для АСП з балонами ємністю $V = 6,8$ л та 7л та робочим тиском $P = 300$ бар.

Приклад № 2 для АСП з балоном ємністю 6,8 л

За формулою 2 середній час роботи ланки ГДЗС в загазованому і задимленому середовищі як і для АСП з балоном ємністю $V = 6$ л буде становити 35 хв.

За формулою 7

$$\tau_{роб.} = \frac{N_{б.} \cdot V_{б.} \cdot (P_{поч.} - P_{рез.})}{Q_{л.в.} \cdot P_{атм.}} = \frac{1 \cdot 6,8 \cdot (300 - 50)}{40} = 42 \text{ хв.}$$

Як видно з розрахунків, різниця суттєва – 7 хв, що становить 20 %, отже пропонуємо введення в формулу 2 для АСП з балоном ємністю 6,8 л та тиском $P = 300$ бар поправкового коефіцієнта 7, відповідно формула 2 набуде такого виду:

$$\tau_{роб.} = \left(\frac{P_{поч.} - P_{рез.}}{7} \right) + 7. \quad (8)$$

Приклад № 3 для АСП з балоном ємністю $V = 7$ л:

За формулою 2 середній час роботи ланки в загазованому і задимленому середовищі як і для АСП з балоном ємністю $V = 6$ л, буде становити 35 хв.

За формулою 7:

$$\tau_{роб.} = \frac{N_{б.} \cdot V_{б.} \cdot (P_{поч.} - P_{рез.})}{Q_{л.в.} \cdot P_{атм.}} = \frac{1 \cdot 7 \cdot (300 - 50)}{40} = 43 \text{ хв.}$$

Як видно з розрахунків, різниця суттєва – 8 хв, що становить 23 %, отже пропонуємо введення в формулу 2 для АСП з балоном ємністю 7 л та тиском $P = 300$ бар поправкового коефіцієнта 8, відповідно формула 2 набуде такого виду:

$$\tau_{роб.} = \left(\frac{P_{поч.} - P_{рез.}}{8} \right) + 8. \quad (9)$$

Оскільки є АСП двобалонної конструкції, наприклад Drager PSS-5000, пропонуємо в запропонованих формулах додатково середній час роботи ланки ГДЗС множити на 2, відповідно для АСП з двома балонами ємністю по 6,8 л кожний та робочому тиску $P = 300$ бар отримаємо таку формулу:

$$\tau_{роб.} = \left[\left(\frac{P_{поч.} - P_{рез.}}{7} \right) + 7 \right] \cdot 2. \quad (10)$$

Відповідно провівши розрахунки середнього часу роботи ланки ГДЗС в загазованому і задимленому середовищі за двома формулами: перша – з настанови з ГДЗС, друга – згідно з законом Бойля-Мариотта, ка враховує ємність балона, робочий тиск та виграшу повітря при середніх навантаженнях запасу, ми отримали такі дані:

– для балонів ємністю 6 л ця різниця не суттєва – 2 хв., що становить 5%, отже поправкового коефіцієнта до базової формули не потрібно.

– для балонів ємністю 6,8 л ця різниця суттєва – 7 хв, що становить 20 % отже пропонуємо введення до базової формули поправкового коефіцієнту + 7 хв.

– для балонів ємністю 7 л ця різниця суттєва – 8 хв що становить 23 % отже пропонуємо введення до базової формули поправкового коефіцієнта + 8 хв.

Крім того, АСП двобалонної конструкції наприклад DragerPSS-5000, пропонуємо в запропоновані формули додатково середній час роботи ланки ГДЗС множити на 2.

Висновок. На підставі вище сказаного при практичних розрахунках із визначення середнього часу роботи ланки ГДЗС в загазованому і задимленому середовищі при використанні базової формули, якщо застосовуються АСП з балонами ємностями 6,8 та 7 л або двобалонної конструкції, пропонуємо застосовувати поправкові коефіцієнти, а для АСП з балоном ємністю 6 л залишати формулу незмінною. Введення в базову формулу поправкових коефіцієнтів дасть змогу ланкам ГДЗС більш ефективно та безпечно проводити розвідку під час гасіння пожеж, ліквідацію надзвичайних НС та їх наслідків, рятування людей і евакуацію матеріальних цінностей із загазованих та задимлених приміщень.

Список літератури:

1. Наказ МНС України №1342 від 16.12.2011 року. Настава з організації ГДЗС в підрозділах ОРС ЦЗ МНС України.
2. Ковалишин В. В., Луц В. І., Пархоменко Р. В. Основи підготовки газодимозахисника: навчальний посібник. Львів: ЛДУ БЖД, 2015. 378 с.
3. В.В.Ковалишин, С.Л.Кусковець, В.І. Луц Основи створення та експлуатації засобів індивідуального захисту органів дихання: навчальний посібник, ЛДУ БЖД – Львів: «СПОЛОМ», 2011. 440 с.
4. Інформація ДСНС України, щодо забезпечення ЗІЗОД газодимозахисної служби станом на 1 липня 2018 року (ЗІЗОД, які стоять в оперативному розрахунку).
5. Розпорядження КМУ від 7 листопада 2014 р. № 1085-р «Про затвердження переліку населених пунктів, на території яких органи державної влади тимчасово не здійснюють свої повноваження, та переліку населених пунктів, що розташовані на лінії зіткнення».
6. Луц В.І. Аналіз підготовки газодимозахисників ДСНС України та шляхи підвищення її ефективності. / В.І. Луц, Р.В. Пархоменко, І.В. Луц // Пожежна безпека: зб. наук. пр. 2017. № 30. С. 114-126.
7. Наказ МНС України від 07.05.2007 № 312. «Про затвердження Правил безпеки праці в органах і підрозділах МНС України».
8. Перепечаев В. Д., Береза В. Ю. «Газодимозащитная служба пожарной охраны». Чернигов: РИК «Деснянська правда», 2000. 468 с.

9. Грачев В. А., Поповский Д. В. «Газоды-мозащитная служба». М.: Пожкнига, 2004. 255 с.
10. ДСТУ EN 137:2017 Засоби індивідуального захисту органів дихання. Апарати дихальні автономні резервуарні зі стисненим повітрям. Вимоги, випробування, маркування (EN 137:2006, IDT).
11. Сивухин Д.В. Общий курс физики. 5-е изд. М.: Физматлит, 2005. Т. II. 544 с.

References:

1. Order of the Ministry of Emergency Situations of Ukraine from December 16, 2011 №1342 An instruction to organize use SCBA in the units of the Rescue Service of Civil Protection of the Ministry of Emergencies of Ukraine. Retrieved from <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v1342735-11>.
2. Kovalyshyn V. V. (2015), *Osnovy pidhotovky hazodymozakhysnyka* [Fundamentals of training firefighters in SCBA]. Lviv State University of Life Safety, L'viv, Ukraine.
3. Kovalyshyn V. V. (2011), *Osnovy stvorenia ta ekspluatatsii zasobiv indyvidualnoho zakhystu orhanivdykhannia* [Fundamentals of creation and use the means of individual protection of respiratory organs]. Spolom: L'viv, Ukraine.
4. Information of the State Emergency Service of Ukraine for the provision of the means of individual protection of respiratory organs on July 1, 2018 (the means of individual protection of respiratory organs which is on operative calculation)
5. The Resolution of the Cabinet of Ministers of Ukraine dated November 7, 2014 No. 1085 On approval of the list of settlements in the territory of which the state authorities temporarily not exercising their powers, and the list of settlements located on the line of collision. Retrieved from <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1085-2014-%D1%80>.
6. Lushch V.I. (2017). "Analysis of Smoke Divers Training in the Units Of State Emergency Service Of Ukraine and the Ways to Improve its Efficiency", *Pozhezhnabezpeka. Zbirnyk naukovykh prats*, no. 30, pp. 114-126.
7. Order of the Ministry of Emergency Situations of Ukraine from April 7, 2007 №312 On Approval of Safety Rules in the bodies and subdivisions of the Ministry of Emergencies of Ukraine. Retrieved from http://univer.nuczu.edu.ua/tmp_metod/952/PRAVIL_Ohor-Pr_MNS.pdf.
8. Perepechaev V. D. and Bereza V. Yu. (2000), *Gazodyimozaschitnaya sluzhba pozharной ohranyi* [SCBA fire service]. Desnianska Pravda, Chernykhov, Ukraine.
9. Hrachev V. A. and Popovskiy D. V. (2004), *Gazodyimozaschitnaya sluzhba* [SCBA fire service]. Pozhkniga, Moscow, Russia.
10. EN 137:2006, IDT Respiratory protective devices. Self-contained open-circuit compressed air breathing apparatus with full face mask. Requirements, testing, marking.
11. Syvukhyn D. V. (2005), *Obschiy kurs fiziki. Tom II*. [General course of physics. Vol. 2]. Fizmatlit, Moscow, Russia.

V. I. Lushch, O. V. Lazarenko, V. B. Loik, S. V. Voloshko

THE REASONING OF CORRECTIVE COEFFICIENTS FOR DETERMINING THE TIME OF PROTECTIVE ACTION OF SELF-CONTAINED BREATHING APPARATUS FOR FIREFIGHTERS

According to regulatory requirements and rules of safety work, every firefighter who works in the SCBA while working in a gasified and smoke environment should monitor the readings of the pressure gauge and be able to calculate the air consumption (oxygen) and the duration of work in the SCBA. The main indicators that are taken into account during calculations of working time in gaseous and smoke environments are control pressure of air (oxygen) into the SCBA, in which it is necessary to go out to fresh air; working time in gassed and smoke environments; expected return time to fresh air.

The supply of air will directly depend on, firstly, the volume of the cylinder (cylinders) and the working pressure, secondly from the working conditions and physiological features of the firefighter.

Since, in determining the average work time of firefighters in SCBA in a gasified and smoked environment, according to the formula specified in the regulatory requirement, the capacity of the SCBA cylinder has not taken into account, the purpose of the work was to determine the correction coefficients, which would consider this.

Considering the providing of fire rescue units of the SES of Ukraine with SCBA, we can conclude that the largest number of SCBA in the operative calculation, this is the SCBA of leading European firms, namely Drager and MSA AUER. The analysis of the load of the work of the firefighters in the gasified and smoked environment has shown that 50% is the work of the average degree of gravity corresponding to pulmonary ventilation of 40-liter per minute. Analysis of the technical characteristics of the SCBA of Drager and MSA AUER firms has shown that in this SCBA, the same performance of the pressure demand regulators 40-liter per minute and working pressure $P = 300$ bar. However, different capacities of cylinders 6, 6.8, 7 litres, respectively, which definitely affect the supply of air that is necessary for the work of the firefighter.

Therefore, having performed the calculations of the average time of operation of the firefighters in SCBA link in the gassed and smoked environment in two formulas. The first one - according to the regulatory requirement defining such calculation, the second – according to Boyle–Mariotte law, which takes into account the cylinder capacity, working pressure and air consumption at medium load, we got the following data:

- for cylinders of 6 l capacity, this difference is not significant (only 2 minutes), which is only 5% of the error, thus the correction coefficient to the base formula is not required;
- for cylinders with a capacity of 6.8 litres this difference is significant (7 minutes) which is 20% of the error, respectively, the introduction of a correction coefficient + 7 minutes is proposed;
- for cylinders of 7 litres, this difference is significant (8 minutes) which is 23% of the error, respectively, the introduction of a correction coefficient + 8 minutes is proposed for the base formula.

Additionally is proposing, for SCBA of double-cylinder design, such as Drager PSS-5000 in the proposed formulas additionally average working time of the firefighters in the SCBA multiply by two.

Thus, based on the above, in the practical calculations for the determination of the average time of operation of firefighters in a gasified and smoked environment, during using SCBA with cylinders of 6.8 and 7 litres, or a double-cylinder construction, it is proposed to apply correction coefficient to the base formula. However, for an SCBA with a cylinder capacity of 6 litres leave the formula unchanged. The introduction of the correction factors in the basic formula will enable firefighters units safely carry out intelligence during fire extinguishing, elimination of emergencies and their consequences, saving people and evacuation of material values from gassed and smoky premises.

Keywords: firefighter, air capacity, corrective coefficients, self-contained breathing apparatus.