

УДК 614.8
№ держреєстрації 0114U002477
Інв. № _____

Державна служба України з надзвичайних ситуацій

Національний університет цивільного захисту України
61023, м. Харків, вул. Чернишевська, 94, тел. (057) 707-34-20

ЗАТВЕРДЖУЮ
Ректор НУЦЗ України,
доктор наук з державного управління,
професор

В.П. Садковий

«___» _____ 201__ р.

ЗВІТ
НА СКЛАДОВУ ЧАСТИНУ НАУКОВО-ДОСЛІДНОЇ РОБОТИ
ПРОВЕСТИ ДОСЛІДЖЕННЯ ТА РОЗРОБИТИ ДОВІДНИК КЕРІВНИКА ГА-
СІННЯ ПОЖЕЖІ ("ДОВІДНИК – КГП")

Проректор НУЦЗ України
з наукової роботи,
доктор технічних наук, професор

В.А. Андронов

Відповідальний виконавець

Ю. М. Сенчихін

2016

Рукопис закінчено 11 лютого 2016 року

СПИСОК АВТОРІВ

- Відповідальний виконавець
професор кафедри пожежної тактики
та аварійно-рятувальних робіт
кандидат технічних наук, професор
Ю.М. Сенчихін
(2 розділ, додаток 1)
- Відповідальний виконавець
доцент кафедри пожежної тактики
та аварійно-рятувальних робіт
кандидат технічних наук, доцент
В.В. Сировий
(2 розділ, додаток 1)
- Виконавці:
начальник кафедри пожежної тактики
та аварійно-рятувальних робіт
кандидат технічних наук, доцент
А.А. Лісняк
(2 розділ)
- доцент кафедри пожежної тактики
та аварійно-рятувальних робіт
кандидат технічних наук, доцент
В.Г. Аветісян
(2 розділ)
- доцент кафедри пожежної тактики
та аварійно-рятувальних робіт
кандидат технічних наук, доцент
В.В. Тригуб
(2 розділ)
- ад'юнкту кафедри пожежної тактики
та аварійно-рятувальних робіт
К.М. Остапов
(2 розділ)
- начальник кафедри спеціальної хімії та
хімічних технологій,
кандидат технічних наук, доцент
О.В. Тарахно
(2 розділ)
- заступник начальника кафедри спеціальної
хімії та хімічних технологій,
кандидат хімічних наук, доцент
К.В. Жернокльов
(2 розділ)
- начальник кафедри пожежної та
рятувальної підготовки,
кандидат технічних наук, доцент
П.А. Ковальов
(1, 3 розділи)
- доцент кафедри пожежної та
рятувальної підготовки,
кандидат технічних наук, доцент
П.Ю. Бородич
(1, 3 розділи, додаток 2)
- доцент кафедри охорони праці та
техногенно-екологічної безпеки,
кандидат технічних наук, с.н.с.
В.М. Стрілець
(3 розділ, додаток 2)

РЕФЕРАТ

Звіт про НДР: 105 с., 15 рис., 21 табл., 2 додатки, 88 джерел.

Об'єкт досліджень – фактори, що впливають на ефективність дій пожежно-рятувальних підрозділів під час виконання оперативно-тактичних заходів та аварійно-рятувальних робіт в процесі гасіння пожеж.

Мета роботи – збір, аналіз та узагальнення інформації щодо тактико-технічних характеристик сучасної протипожежної техніки, характеристик вогнегасних речовин, технологій їх застосування як наукового підґрунтя удосконалення методичної і довідкової баз щодо дій керівника гасіння пожежі для виконання завдань за призначенням.

Предмет досліджень – параметри розвитку та гасіння пожеж, показники якості вогнегасних речовин, тактико-технічні характеристики протипожежної техніки, рятувальних засобів та засобів індивідуального захисту, дії пожежно-рятувальних підрозділів під час виконання оперативно-тактичних заходів та аварійно-рятувальних робіт, а також вимоги щодо складання оперативної документації, пов'язаної з організацією пожежогасіння.

У результаті виконання складової частини науково-дослідної роботи отримані розділи довідника керівника гасіння пожеж.

Використання результатів роботи дозволить підвищити ефективність управління при гасінні пожеж.

Результати НДР упроваджені в підрозділи ДСНС України, а також у навчальний процес НУЦЗ України у вигляді Довідника керівника гасіння пожеж.

Пожежа, гасіння пожеж, КГП.

ЗМІСТ

Розділ 1. АНАЛІЗ ВІТЧИЗНЯНОГО ТА СВІТОВОГО ДОСВІДУ, ІНФОРМАЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ, НОРМАТИВНИХ ДОКУМЕНТІВ У СФЕРІ ОРГАНІЗАЦІЇ ТА ПРОВЕДЕННЯ ПОЖЕЖНО-РЯТУВАЛЬНИХ РОБІТ	5
Розділ 2. ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ	6
2.1. Провести дослідження методик розрахунку сил та засобів для гасіння пожеж на різних об'єктах	6
2.2. Провести дослідження параметрів розвитку пожеж	11
2.3. Провести дослідження характеристик вогнегасних речовин	13
Розділ 3. ПРОВЕДЕННЯ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ...	14
3.1. Провести експериментальні дослідження розрахунку кисню та повітря для роботи ланок газодимозахисної служби.....	14
3.1.1. Експериментальні дослідження витрати повітря в АСП.....	19
3.1.2. Експериментальні дослідження витрати кисню в РДА.....	31
3.1.3. Методика розрахунку часу роботи газодимозахисників в АСП та РДА.....	40
3.1.4. Методика спрощених розрахунків часу роботи в АСП та РДА.....	48
3.1.5. Особливості розрахунків на посту безпеки під час роботи в АСП при ліквідації надзвичайних ситуацій в метрополітені.....	53
ДОДАТОК 1 Методика розрахунку сил та засобів для гасіння пожеж на різних об'єктах	56
ДОДАТОК 2 Програма та методика експериментальні дослідження розрахунку кисню та повітря для роботи ланок газодимозахисної служби.....	90
Література.....	98

1. АНАЛІЗ ВІТЧИЗНЯНОГО ТА СВІТОВОГО ДОСВІДУ, ІНФОРМАЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ, НОРМАТИВНИХ ДОКУМЕНТІВ У СФЕРІ ОРГАНІЗАЦІЇ ТА ПРОВЕДЕННЯ ПОЖЕЖНО-РЯТУВАЛЬНИХ РОБІТ

Найбільш поширеною і важливою характеристикою процесу дихання людини, яку використовують в більшості ситуацій, пов'язаних з розрахунком часу роботи в ізолюючих апаратах, а також обґрунтуванням вимог щодо створення та експлуатації засобів індивідуального захисту органів дихання, є [1] легенева вентиляція. У науково-технічній [2,3] і нормативній літературі [4,5] наведені значення легеневої вентиляції, відповідно до виконання робіт різного ступеня тяжкості. Сходячи з цих даних, розраховується час захисної дії ізолюючих апаратів. Однак в реальних умовах час роботи в апаратах на стисненому повітрі (АСП), які найбільш поширені в Україні в пожежно-рятувальних підрозділах, значно нижче. Аналіз останніх досягнень і публікацій показав, що легенева вентиляція визначається [6] кількістю повітря, що циркулює в легенях в одиницю часу, тобто залежить від частоти дихання і дихального обсягу. Ця характеристика залежить від фізичного стану людини. Так в стані спокою людина робить 15-18 дихальних циклів в хвилину, дихальний обсяг в цьому випадку дорівнює близько $0,5 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$, а легенева вентиляція, відповідно, $0,12-0,15 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3 \cdot \text{с}^{-1}$ [6]. В [6] також зазначено, що при навантаженнях, які супроводжуються прискоренням окислювальних процесів в тканинах і збільшенням їх потреби в кисні, показники всіх трьох параметрів збільшується. При цьому, з огляду на зручність користування (оскільки на практиці [4,5] запас Q повітря в АСВ, як правило, розраховують в літрах, а час t захисної дії в хвилинах), в якості легеневої вентиляції використовується показник (1) з розмірністю [л/хв].

Так, при роботі в АСП в керівних документах [4] рекомендується використовувати при проведенні розрахунків $\omega_{\text{л}}=30$ л/хв, коли використовуються вітчизняні апарати (АСВ-2, АІР-317, АВІМ і ін.), або $\omega_{\text{л}}=40$ л/хв, коли використовуються [7] закордонні (Drager, Ауер і ін.), незалежно від характеру виконуваних робіт.

У науково-технічної [6,8] і довідкової літературі [3] наведені значення легеневої вентиляції, відповідно виконанню робіт різного ступеня важкості. В [9] відмічена тенденція збільшення різниці між реальними значеннями легеневої вентиляції і відповідними нормативними [4,5] значеннями при збільшенні важкості виконуваної роботи.

2. ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1. Провести дослідження методик розрахунку сил та засобів для гасіння пожеж на різних об'єктах

При виконанні НДР після аналітичного огляду (аналізування) наступних довідників керівників гасіння пожежі:

1. Иванников В.П., Ключ П.П., Мазур Л.К. Справочник руководителя тушения пожара. Изд. 2-е, доп. и перераб. – К.: РИО МВД УССР, 1975. – 226 с.
2. Иванников В.П., Ключ П.П., Мазур Л.К. Справочник руководителя тушения пожара. Изд. 3-е, доп. и перераб. – К.: РИО МВД УССР, 1983. – 284 с., с ил.
3. Иванников В.П., Ключ П.П. Справочник руководителя тушения пожара. – М.: Стройиздат, 1987. – 287 с.
4. Терещнев В.В. Справочник руководителя тушения пожара. Тактические возможности пожарных подразделений. – М.: Пожкнига, 2004. – 248 с., ил.
5. Повзик Я. С. Справочник руководителя тушения пожара. – М.: Спецтехника, 2000, – 361 с.,

можна зробити основний висновок, що в них як такий, відсутній розділ "Розрахунок сил і засобів для гасіння пожеж на різних об'єктах", надаючи приклади рішення пожежно-тактичних задач, та загальні розрахунки, у т.ч. довідкові дані щодо геометричних параметрів розвитку пожежі тощо.

Метою досліджень було отримання теоретичних даних для наукового обґрунтування ефективності застосування розрахунку сил та засобів при гасінні пожеж, щодо їх внесення у довідник КГП.

Аналізуючи статистичні дані та світовий досвід можна зробити висновок, що в житті не зустрічаються двох однакових пожеж. Усі вони різні і відрізняються фізико-хімічними властивостями речовин, що горять, особливостями планування та забудови об'єкту, кліматичними умовами та експлуатаційними особливостями (на електростанціях, іноді неможливо відключити об'єкт від електромережі, на об'єкті із масовим перебуванням людей необхідно спочатку організувати евакуацію, а вже потім гасити пожежу тощо). Усі ці фактори і умови визначають конкретну обстановку на пожежі і обумовлюють різну кількість сил та засобів для її гасіння.

Ліквідувати пожежу із мінімальним залученням сил та засобів може тільки КГП, який має високий рівень тактичної підготовки, досвід у гасінні пожеж, та який може швидко і чітко виконувати розрахунок сил та засобів для її гасіння.

У Статуті дій при НС зазначається, що КГП зобов'язаний визначити вирішальний напрямок оперативних дій та необхідну кількість сил та засобів для проведення цих дій. Це забезпечить якісне гасіння пожежі, зменшення збитків і забезпечення безпеки людям.

Але, як показує практика гасіння пожеж, деякі КГП допускають помилки при гасінні пожеж і основним недоліком є, невірний вибір вирішального напрямку. Внаслідок цього – невірне рішення щодо організації гасіння пожежі, невірне визначення потрібної кількості сил та засобів, а в цілому - невиконання основного оперативного завдання.

В практиці, інколи великий досвід гасіння пожеж дозволяє КГП, НШ дати кінцеві результати потрібної кількості сил та засобів із накопиченого досвіду раніше ліквідованих пожеж. Особи, які починають оперативну діяльність з гасіння пожеж такого досвіду не мають, тому для більш швидкого входження на посаду (виконання обов'язків у ролі КГП) необхідно разом із здійсненням інших функцій вміти виконувати розрахунок сил та засобів.

Правильне визначення необхідної кількості сил та засобів для гасіння пожежі є важливим елементом планування оперативних дій з гасіння пожеж.

Розрахунок сил та засобів може проводитись:

- завчасно, на місці пожежі;
- у процесі гасіння;
- після ліквідації пожежі.

Його виконують: під час визначення потрібної кількості сил та засобів для гасіння після прибуття на пожежу; у процесі оперативно-тактичного вивчення об'єктів; для розробки оперативних планів пожежогасіння та інших оперативних документів; в умовах підготовки тактичних навчань і тактичних занять; під час проведення експериментів з гасіння речовин та матеріалів різними вогнегасними засобами та встановленні ефективності їх гасіння; після гасіння пожеж у процесі їх дослідження для оцінки дій КГП, штабу та пожежно-рятувальних підрозділів.

Завчасний розрахунок дозволяє у спокійній обстановці, ґрунтуючись на закономірностях розвитку та гасіння пожеж, визначати потрібну кількість сил та засобів для ліквідації можливої пожежі. Результати такого розрахунку є необхідними для розробки і проведення організаційних та інших заходів з підготовки та гасіння реальних пожеж.

Розрахунок сил та засобів в умовах обстановки реальних пожеж, що постійно змінюється, представляє значну складність та у великій мірі зумовлюється доброю підготовкою і достатнім практичним досвідом начальницького складу, який організує гасіння пожеж, умінням швидко розраховувати сили та засоби, використовуючи таблиці, графіки, експонетри, комп'ютерні програми.

Розрахунок сил та засобів при дослідженні погашених пожеж необхідний для аналізу та об'єктивної оцінки організації і результатів оперативних дій пожежно-рятувальних підрозділів, а також для коригування і розробки нових рекомендацій, оперативних документів та заходів, що спрямовані на удосконалення тактичної підготовки особового складу пожежно-рятувальних підрозділів.

Отже, методами розрахунку сил та засобів повинен володіти кожний оперативний керівник пожежно-рятувального підрозділу для своєї практичної діяльності в області пожежогасіння.

Згідно з прийнятою класифікацією пожеж методика розрахунку сил та засобів для різних класів пожеж буде різною. Її можна класифікувати, наприклад, за видами пожеж (що розповсюджуються і не розповсюджуються), за способом подачі вогнегасних речовин (гасіння за площею, об'ємне гасіння) тощо.

Приблизна класифікація методів розрахунку сил та засобів для гасіння пожеж наведена на рис. 2.1.

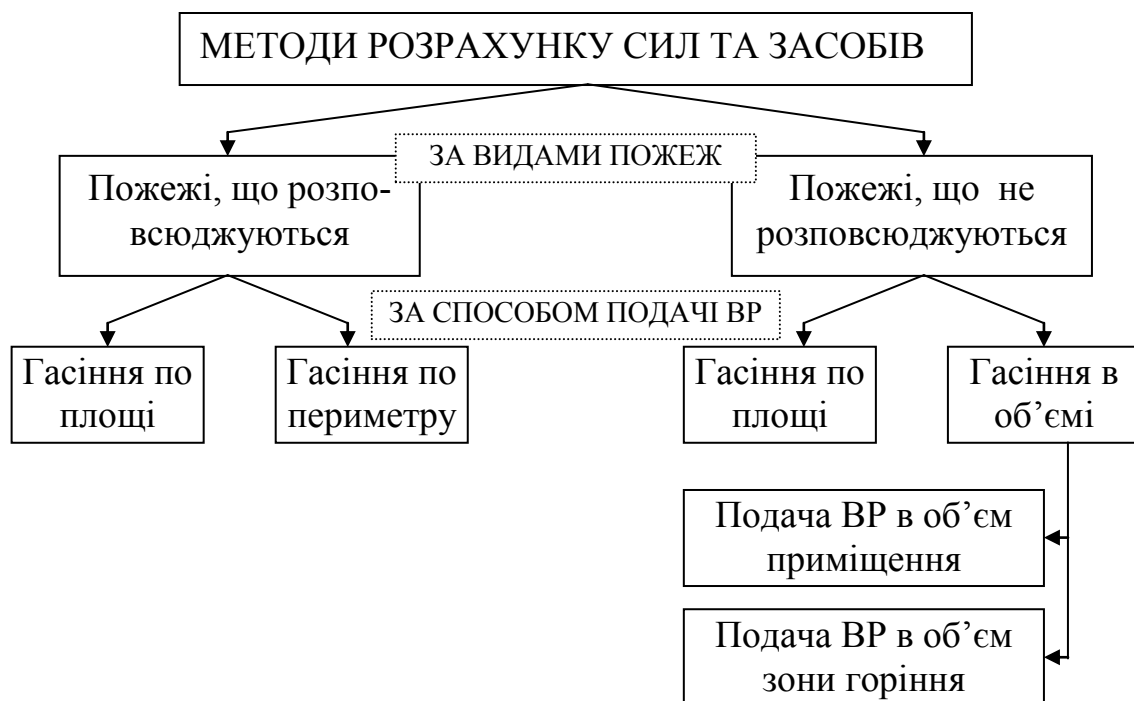


Рисунок 2.1 – Приблизна класифікація методів розрахунку сил та засобів

Не зважаючи на те, що в умовах реальних пожеж один її вид може переходити в інший (той, що не розповсюджуються, у той, що розповсюджуються, і навпаки), у методиці розрахунку, у деяких випадках, пожежі, що розповсюджуються, умовно приводять до пожеж, що не розповсюджуються. Наприклад, пожежі ЛЗР та ГР у резервуарах, пожежі в театрах, на лісоскла-

дах тощо. Проте, у цьому випадку за розрахунковий параметр береться максимальний розмір площі пожежі.

Так, для резервуарних парків – площа резервуару найбільшого за діаметром або площа найбільшої групи резервуарів, що знаходяться в одному обвалуванні, для театрів та палаців культури – площа сцени, для лісоскладів – половина периметра кварталу тощо.

При визначенні потрібної кількості сил та засобів для гасіння пожеж начальницький склад, що очолює пожежно-рятувальні підрозділи, повинен якісно вивчити та різнобічно оцінити обстановку пожежі і на цій основі визначити: можливі параметри пожежі до моменту прибуття і введення на гасіння додаткових сил та засобів; потрібну кількість особового складу для подачі вогнегасних засобів, виконання об'єму робіт з рятування людей, розкриття і розбирання конструкцій та виконання інших оперативних дій на пожежі; необхідність залучення підрозділів на спеціальних пожежно-рятувальних машинах, служб міста або об'єкта; необхідну кількість пожежно-рятувальних машин для подачі вогнегасних засобів.

Розрахунок сил та засобів здійснюють такими способами:

- аналітичним (за допомогою розрахункових формул);
- за таблицями і графіками;
- за допомогою пожежно-тактичних експонометрів.

Кінцевим результатом будь-якого способу розрахунку сил та засобів є визначення необхідної кількості пожежно-рятувальних підрозділів на основних та спеціальних пожежно-рятувальних машинах з урахуванням резерву на момент локалізації пожежі і визначення номера виклику підрозділів на пожежу за гарнізонним розкладом.

Аналітичний спосіб розрахунку є базовим і найбільш повним та точним, а всі останні – ґрунтуються на цьому способі. Проте, аналітичним способом, як найбільш тривалим, не завжди можна користуватися у край обмежений час під час гасіння пожежі. В цих умовах використовують для розрахунку завчасно розроблені таблиці, графіки та експонометри. Вони дозволя-

ють визначити низку найбільш трудомістких в обчисленні показників, за допомогою яких, користуючись загальною послідовністю аналітичного розрахунку та нескладних обчислень можна визначити необхідну кількість сил та засобів для гасіння пожежі.

Слід мати на увазі, що будь-який із способів розрахунку сил та засобів не враховує різноманітності специфічних особливостей, які зустрічаються у реальній обстановці на пожежах або є характерними для конкретного об'єкта, будівлі або споруди. Ці особливості враховують у процесі розрахунку, виходячи з умов ведення оперативних дій, вимог Статуту та інших керівних документів з пожежогасіння і відповідно коригують розрахунок сил та засобів з урахуванням цих вимог.

В основу методики аналітичного розрахунку сил та засобів для гасіння пожеж була прийнята методика (додаток 1), яка загально користується в світі та викладена в навчальному посібнику «Основи тактики гасіння пожеж» (Основи тактики гасіння пожеж: навч. посіб. / В.В. Сировий, Ю.М. Сенчихін, А.А. Лісняк, І.Г Дерев`янка. – Х.: НУЦЗУ, 2015. – 216 с.). Даний навчальний посібник Рекомендований Міністерством освіти і науки України як навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів, які навчаються за напрямами підготовки "Пожежна безпека" (лист МОН України від 24.10.2014 № 1/11-16907).

2.2. Провести дослідження параметрів розвитку пожеж

Виходячи із потреб працівники служби цивільного захисту у опануванні та практичному використанні методик пов'язаних із розслідуванням причин виникнення пожеж, проведенням дослідницької роботи, розрахунком сил і засобів необхідних для гасіння пожеж, проектування систем пожежогасіння, а також гасіння різних речовин і матеріалів. Вирішення питань розробки оперативних планів з пожежогасіння, конспектів, методичних розробок на проведення занять з бойової підготовки та іншої службової документації вказу-

ють на необхідність у володінні питаннями виникнення та розвитку процесів горіння, особливостями розвитку пожеж різних класів, та особливостями гасіння пожеж, властивостями вогнегасник засобів, специфікою їх використання.

Аналіз змісту попередніх видань довідників, що призначені для використання керівниками гасіння пожеж, зокрема «Справочник руководителя тушения пожара» (В.В.Теребнев, 2004 г.) вказує на потребу дати визначення та уточнення деяким параметрам розвитку пожежі та пожежогасіння. З цією метою запропоновано

У ході виконання НДР розроблено та подано розширену класифікацію пожеж, за різними ознаками. Дано визначення основних небезпечних чинників та зон пожежі зони горіння, зони теплового впливу, зони задимлення, визначено параметри за яких встановлюють зони пожежі. З метою систематизації уявлень про пожежу запропоновано визначення основних етапів розвитку пожежі, розкрито домінуючі процеси, які відбуваються під час кожного з етапів розвитку пожежі показано зміну основних параметрів пожежі у процесі її розвитку. Небезпечні чинники пожежі запропоновано розглядати разом із параметрами, що визначають ступінь їхньої небезпеки для здоров'я людини, зокрема критичну густину теплового потоку для особового складу, величину критичної температури для людини, залежно від вологості повітря. Порогові концентрації деяких токсичних продуктів горіння та параметри впливу надлишкового тиску на організм людини та будівельні конструкції дають змогу прогнозувати можливі наслідки від аварій пов'язаних із вибухами та викидом отруйних речовин.

Значну увагу під час виконання НДР було приділено розгляду питання газообміну, технології управління газообміном на пожежі. Оскільки дане питання є важливим особливо під час організації гасіння пожеж в огороджуючих конструкціях. Нами визначено основні схеми газообміну, та параметри які впливають на висоту нейтральної зони і розвиток газообміну за тією чи іншою схемою.

Запропоноване визначення параметрів розвитку пожежі геометричних і фізичних дає можливість якісно проводити як оперативну роботу під час гасіння так і здійснювати проектні роботи різного плану. Для цього наведені таблиці із уточненими і доповненими даними розвитку пожежі для різних об'єктів та параметрів горіння різних видів горючих речовин.

2.3. Провести дослідження характеристик вогнегасних речовин

У розділі «ОСНОВИ ПРИПИНЕННЯ ГОРІННЯ ТА ВОГНЕГАСНІ РЕЧОВИНИ» під час виконання НДР запропонований підхід до процесу гасіння виходячи із розгляду механізмів зміни теплового балансу в зоні горіння. Розглянуто основні механізми припинення горіння та визначено способи пожежогасіння шляхом охолодження, ізоляції, розбавлення, хімічного гальмування реакції горіння.

Вибір способу гасіння пожежі і вогнегасної речовини має залежати від фізико-хімічних властивостей речовини, що горить, умов і особливостей розвитку горіння на пожежі при обов'язковому врахуванні ефективності використання вогнегасної речовини. З метою оптимізації питання вибору вогнегасної речовини залежно від класу пожежі запропоновано таблицю. Виходячи з того, що вода є основною вогнегасною речовиною запропоновано уведення до структури довідника даних із використання неорганічних добавок та змочувачів різних типів, що дозволяє зменшити витрату води та тривалість гасіння пожежі.

Використання вогнегасник пін пропонується з урахуванням нових типів піноутворювачів плівкоутворюючих, загального та спеціального призначення.

Матеріал, що стосується використання твердих вогнегасних речовин зокрема порошків запропоновано доповнити розділом присвяченим особливості використання аерозолеутворюючих сумішей, які значно ефективніші за звичайні порошки, особливо за умов використання у приміщеннях.

Розвиток хімічних технологій, розробка та використання матеріалів із новими властивостями потребує уведення до структури довідника відомостей про особливість гасіння деяких речовин, матеріалів та небезпечних хімічних речовин.

3. ПРОВЕДЕННЯ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1. Провести експериментальні дослідження розрахунку кисню та повітря для роботи ланок газодимозахисної служби

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), здійсненою в одиницю часу. Частота дихання не є постійною величиною і залежить від декількох чинників. Вона збільшується з підвищенням навантаження на людину і залежить від ступеня її тренуваності. При цьому частота дихання у нетренованої людини, залежно від фізичного навантаження, збільшується в більшій мірі, ніж у тренуваної. Крім того, частота дихання залежить від статі і віку людини.

Залежно від ступеня важкості робіт, виконуваних у протигазах, усі види робіт (вправ) поділено на 4 групи: легка, середня, важка, дуже важка. При конструюванні та випробуваннях ізолюючих апаратів виходять з таких показників частоти дихання:

- повний спочинок – 15 дихальних циклів у хвилину;
- робота середньої важкості – 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 спо-

кійного стану людина вдихає та видихає близько 0,5 літра повітря. Зі збільшенням навантаження дихальний об'єм повітря зростає.

Людина у змозі недовгий час свідомо міняти звичайну частоту та глибину дихання, припиняти (тамувати) дихання і робити окремі максимально можливі вдихи та видихи. Максимальна кількість повітря, яка може поступити в легені після звичайного вдиху, називається додатковим об'ємом вдиху $V_{\text{дод}}$. Для дорослої людини він становить в середньому 1,5 л. Максимальна кількість видихуваного повітря після звичайного видиху називається резервним об'ємом видиху $V_{\text{рез}}$. Крім того, 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 тренованій – 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) є небажаним для роботи людей у регенеративних дихальних апаратах, тому що при цьому протигаз повинен мати збільшену корисну ємність дихального мішка, а також відповідні, габарити і масу.

Найбільш поширеною і важливою характеристикою вентиляційної функції легень, яку використовують у більшості розрахунків, пов'язаних з обґрунтуванням вимог до створення та експлуатації засобів індивідуального захисту органів дихання, є легенева вентиляція ω_d . Вона визначається Q кіль-

кістю повітря, що циркулює в легенях за одиницю t часу

$$\omega_{\text{л}} = \frac{Q}{t}. \quad (3.1)$$

Оскільки це об'ємна кількість повітря, що протягом 1 хвилини вдихає або видихає людина, то легеневу вентиляцію іноді розглядають як результат множення частоти дихання f на дихальний об'єм $V_{\text{д}}$ повітря

$$\omega_{\text{л}} = f \cdot V_{\text{д}}. \quad (3.2)$$

У стані спокою доросла людина робить 15–18 дихальних рухів (дихальних циклів) у хвилину, дихальний об'єм (або глибина дихання) у цьому випадку дорівнює близько 0,5 л, а легенева вентиляція, відповідно, 7–9 л/хв. При фізичному навантаженні, яке супроводжується прискоренням окислювальних процесів у тканинах та підвищенням їх потреби в кисню, показники всіх трьох параметрів підвищуються. Дуже важке фізичне навантаження характеризується частотою дихання до 40–45 хв⁻¹, об'ємом 3,5–4 л та легеневою вентиляцією до 150 л/хв. (останній показник, до речі, зумовлює тактико-технічні вимоги до легневих автоматів резервуарних та регенеративних апаратів).

У той 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 важкості – 30,0 л/хв;
- важка робота – 60,0 л/хв;
- дуже важка робота – 84,0 л/хв.

Деяке розходження з наведеним раніше пояснюється особливостями дихання та роботи в апаратах. Так, навіть перебування в апараті у стані пов-

ного спокою дещо збільшує частоту дихання, а дуже велике фізичне навантаження не може здійснюватись протягом часу, який перевищує декілька хвилин. Тобто дуже важка робота являє собою чергування дуже великого фізичного навантаження та навантаження середнього рівня.

Збільшення вентиляції легень відбувається як за рахунок збільшення частоти дихання, так і за рахунок збільшення глибини дихання. Проте на увазі слід мати, що за незначного збільшення числа вдихів можна цілком використовувати ЖЄЛ. За більшого підвищення частоти дихання можливість використання ЖЄЛ знижується. Звідси випливають дві важливі особливості, котрі необхідно враховувати при роботі в ізолюючих апаратах.

По-перше, до цієї роботи слід залучати осіб, які добре підготовлені з фізичного боку і мають малу частоту дихання. Надмірне збільшення вентиляції легень під час роботи в апаратах є небажаним. Тому під час роботи в ЗІЗОД необхідно стежити за частотою дихання та, за значного її збільшення, робити паузи в роботі з тим, щоб знизити розміри легеневої вентиляції.

По-друге, показник легеневої вентиляції ω_n береться за основу при визначенні часу роботи в ЗІЗОД. У розрахунках часу роботи газодимозахисників у регенеративних дихальних апаратах приймається, що вони виконують роботу середньої важкості, чергуючи важку або дуже важку роботу, якщо така має місце, з відпочинком. Тобто $\omega_n = 30$ 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 важкості. При цьому значення легеневої вентиляції приймається $\omega_n = 40$ л/хв.

Мертвий простір визначається об'ємом повітря, який не бере участі у процесі газообміну. Мертвий простір складається з мертвих просторів людини і безпосередньо апарата. Мертвий простір людини дорівнює сумі об'ємів повітря, що залишається в носовій порожнині, гортані, трахеї, бронхах і бронхіолах при видиху. Об'єм мертвого простору в дорослої людини є досить великим і становить в середньому 140 мл. Кожний апарат має свій мертвий

простір. За вимогами ССБП, об'єм мертвого простору проти газів не повинен перевищувати під час користування дихальною маскою 200 мл.

Оскільки повітря, що не бере участі у процесі газообміну, містить мало кисню й у значній мірі забруднене вуглекислим газом, воно шкідливо відбивається на процесі дихання. Тому мертвий простір іноді називають шкідливим простором.

Важливою характеристикою, 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 у процесі дихання (S_0 ще називають коефіцієнтом відбору кисню з дихальної суміші):

$$q = \omega_s = \omega_l \cdot S_0. \quad (3.3)$$

Споживання кисню є похідною від частоти серцевих скорочень в особі, яка виконує роботу, і характеризується даними, які приведено в табл. 3.1. Для газодимозахисників, які працюють у регенеративних дихальних апаратах, доза споживання повітря оцінюється в середньому як при виконанні роботи середньої важкості. Тому для таких апаратів захисту постійна подача, яка дорівнює дозі споживання кисню

$$q = \omega_l \cdot (S_{вд02} - S_{вид02}) = 30 \cdot 0,0455 = 1,365 \text{ [л/хв]}, \quad (3.4)$$

де, $S_{вд02} \approx 0,2095$ – доля кисню у вдихуваному повітрі;

$S_{вид02} \approx 0,164$ – доля кисню у видихуваному повітрі,

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

Оцінки деяких видів робіт, пов'язаних з пересуванням газодимозахис-

ників, із різним ступенем важкості наведено в табл. 3.1.

Таблиця 3.1 – Доза споживання кисню чоловіком

Ступінь важкості роботи	Споживання кисню, л/хв	Частота серцевих скорочень	Дихальний коефіцієнт, K_d	Енерговитрати, Вт
Легка (2-й режим)	До 1,0 (0,47)	85–100	0,85	164
Середня (5-й режим)	1,0-1,5 (1,14)	100–125	0,88	398
Тяжка (10-й режим)	1,5-2,0 (2,22)	125–150	0,9	775,6
Дуже тяжка (15-й режим)	більше 2,0 (3,16)	150–170	0,95	1103

3.1.1. Експериментальні дослідження витрати повітря в АСП

При проведенні НДР були розглянуті особливості, що пов'язані з роботою в АСП (під час експериментальних досліджень використовувалися апарати АСВ-2) при виконанні випробуваними робіт різного ступеня тяжкості [5]:

- у спокої вони протягом 10 хвилин сиділи включеними в ізолюючий апарат;
- при виконанні легкої роботи вони з закритими очима пересувалися уздовж стіни приміщення протягом 10 хвилин;
- для роботи середньої тяжкості виконувався підйом на сходинку висотою 20 см протягом 4 хвилин зі швидкістю 20 підйомів на хвилину;
- при важкій роботі випробовувані виконували підйом на сходинку висотою 40 см протягом 4 хвилин зі швидкістю 20 підйомів на хвилину;

- для дуже важкої роботи виконувався підйом на сходинку високою 40 см протягом 4 хвилин зі швидкістю 30 підйомів на хвилину.

У кожному разі вимірювалося початкове значення тиску ($P_{\text{поч}}$, МПа) і тиск по закінченню виконання роботи ($P_{\text{кінц}}$, МПа). Це дозволило, використовуючи закон Бойля-Маріотта, перейти до

$$\omega_{\text{л}} = \frac{(P_{\text{поч}} - P_{\text{кінц}}) \cdot V_{\text{б}}}{P_{\text{атм}} \cdot t} \quad (3.5)$$

де $P_{\text{атм}} \approx 0,1$ МПа атмосферний тиск;

$V_{\text{б}} = 8$ л обсяг балонів АСВ-2.

Отримані результати по кожному виду робіт, оскільки у відповідному випадку виконувалась вибірка з об'ємом $n=24$, були перевірені на нормальність розподілу за критерієм Шапіро-Уїлка [10].

Для цього, наприклад, стосовно знаходження випробуваних в спокої (див. табл.3.2) спочатку були розраховані середнє значення показника легеневої вентиляції

$$\bar{\omega}_{\text{л}} = \frac{\sum_{i=1}^n \omega_{\text{л}_i}}{n} \quad (3.6)$$

де $\omega_{\text{л}_i}$ значення показника легеневої вентиляції у i -го випробуваного, л/хв.;

Таблиця 3.2 – Результати оцінки легеневої вентиляції при знаходженні випробуваних в спокої

Випробуваний	$P_{\text{поч}}$	$P_{\text{кін}}$	$V_{\text{б}}$	t	$\omega_{\text{л}}$	$(\omega_{\text{л}_i} - \bar{\omega}_{\text{л}})^2$
1	2	3	4	5	6	7
1	18,25	16,50	8	10	14,00	14,694

1	2	3	4	5	6	7
2	18,75	17,00	8	10	14,00	3,361
3	19,50	17,75	8	10	14,00	3,361
4	18,00	16,00	8	10	16,00	3,361
5	18,75	16,50	8	10	18,00	3,361
6	19,75	17,75	8	10	16,00	3,361
7	18,25	16,50	8	10	14,00	0,028
8	19,00	17,25	8	10	14,00	0,028
9	20,00	18,50	8	10	12,00	0,028
10	19,75	18,25	8	10	12,00	0,028
11	18,50	16,50	8	10	16,00	0,028
12	19,50	17,75	8	10	14,00	0,028
13	18,25	16,50	8	10	14,00	0,028
14	18,75	17,00	8	10	14,00	0,028
15	19,75	18,50	8	10	10,00	0,028
16	19,50	17,75	8	10	14,00	0,028
17	19,25	17,75	8	10	12,00	0,028
18	18,50	16,75	8	10	14,00	0,028
19	18,75	17,00	8	10	14,00	0,028
20	19,25	17,75	8	10	12,00	0,028
21	20,00	18,25	8	10	14,00	4,694
22	19,00	17,50	8	10	12,00	4,694
23	18,25	16,50	8	10	14,00	4,694
24	18,75	17,00	8	10	14,00	17,361
$\bar{\omega}_n$					13,83	
G_{ω_n}					1,659	
$n \cdot m_2$						63,33

середньоквадратичне відхилення

$$G_{\omega_n} = \sqrt{\frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n (\omega_{n_i} - \bar{\omega}_n)^2}, \quad (3.7)$$

та

$$n \cdot m_2 = \sum_{i=1}^n (\omega_{n_i} - \bar{\omega}_n)^2 = 63,33, \quad (3.8)$$

де m_2 вибіркового центральний момент другого порядку.

Оскільки оцінки є результатом обробки незалежних спостережень, вони були розташовані в порядку неспадання і позначені символами. У табл. 3.3 приведена впорядкована серія отриманих значень легеневої вентиляції. Це дозволило обчислити проміжну суму S по формулі:

$$S = \sum_i^k a_{n-i+1} \cdot (\omega_{л(n-i+1)} - \omega_{ли}) = 7,74 \quad (3.9)$$

де k - індекс, що має значення від 1 до $n/2 = 12$;

a_{n-i+1} коефіцієнт, що має спеціальні значення для обсягу вибірки n (його значення, що наведені в табл. 3.3, взяті з табл.10 [10]).

Таблиця 3.3[10] для рівня значущості $\alpha=0,05$ та $n=24$ дає значення $W_{\text{табл}} = 0,916$. Оскільки

$$W = 0,946 \geq W_{\text{табл}} = 0,916, \quad (3.10)$$

розподіл відповідно до [10] вважається нормальним.

Розрахунки, аналогічні (3.6)-(3.10), були виконані і для аналізу витрати повітря в АСП при виконанні робіт з іншим ступенем тяжкості. Узагальнені результати наведені в табл.3.3 і на рис.3.1.

Аналіз отриманих результатів (див. табл.3.3 і рис.3.1) показує, що закономірністю витрати повітря при роботі в АСП є нормальна функція розподілу розглянутого показника (3.1) незалежно від важкості виконуваної роботи. При цьому середні значення витрати повітря гірше нормованих показників легеневої вентиляції, пропонованих для використання в Системі стандартів з безпеки праці [5] і рекомендованих для розрахунку часу роботи в АСП. Виняток становлять рекомендації щодо розрахунку часу роботи в Ауер і Drager

[12], але і там вони збігаються тільки для роботи середнього ступеня тяжкості.

Таблиця 3.3 Упорядкована серія отриманих значень легеневої вентиляції при знаходженні випробовуваних в спокої

к	$\omega_{л(24-k+1)}$, л/хв.	$\omega_{лк}$, л/хв.	$\omega_{л(24-k+1)} - \omega_{лк}$, л/хв.	a_{n-k+1}	$a_{n-k+1} \cdot (\omega_{л(n-k+1)} - \omega_{лк})$
1	2	3	4	5	6
1	18	10,00	8,00	0,4493	3,5944
2	16	12,00	4,00	0,3098	1,2392
3	16	12,00	4,00	0,2554	1,0216
4	16	12,00	4,00	0,2145	0,858
5	16	12,00	4,00	0,1807	0,7228
6	14	12,00	2,00	0,1512	0,3024
7	14	14,00	0,00	0,1245	0
8	14	14,00	0,00	0,0997	0
9	14	14,00	0,00	0,0764	0
10	14	14,00	0,00	0,539	0
11	14	14,00	0,00	0,0321	0
12	14	14,00	0,00	0,0107	0
S					7,738
S ²					59,88

Різниця між експериментальними значеннями витрати повітря (див. табл.3.4) і нормативними значеннями легеневої вентиляції [3,4], починаючи з роботи середньої важкості, стає практично однаковою (приблизно 10 л/хв). Це може бути пояснено конструктивними особливостями легеневого автомата АСВ, який розраховується виходячи із стабільної роботи в діапазоні 30÷84 л/хв. [11].

Наступним етапом було розкриття закономірностей витрати повітря в умовах, в яких працюють газодимозахисники. Спочатку були проаналізовані особливості, пов'язані з роботою в непридатному для дихання середовищі. Розглядалося виконання типових навчальних завдань (див. табл.3.5) в теплодимокерах (ТДК).

Таблиця 3.4 Узагальнені результати експериментальних досліджень

Ступінь важкості виконуваної роботи	Нормативне значення показника легеневої вентиляції [5]	$\bar{\omega}_л$, л/хв.	$G_{\omega_л}$, л/хв.	$n \cdot m_2$	S^2	W
1	2	3	4	5	6	7
Спокій	12	13,83	1,659	63,33	59,88	0,946
Легка	20	24,25	2,658	162,50	176,02	1,083
Середнього ступеня важкості	30	39,58	5,500	695,83	641,38	0,9217
Важка	60	70,00	6,916	1100,00	1055,54	0,960
Дуже важка	84	95,63	6,135	1273,96	1206,56	0,947

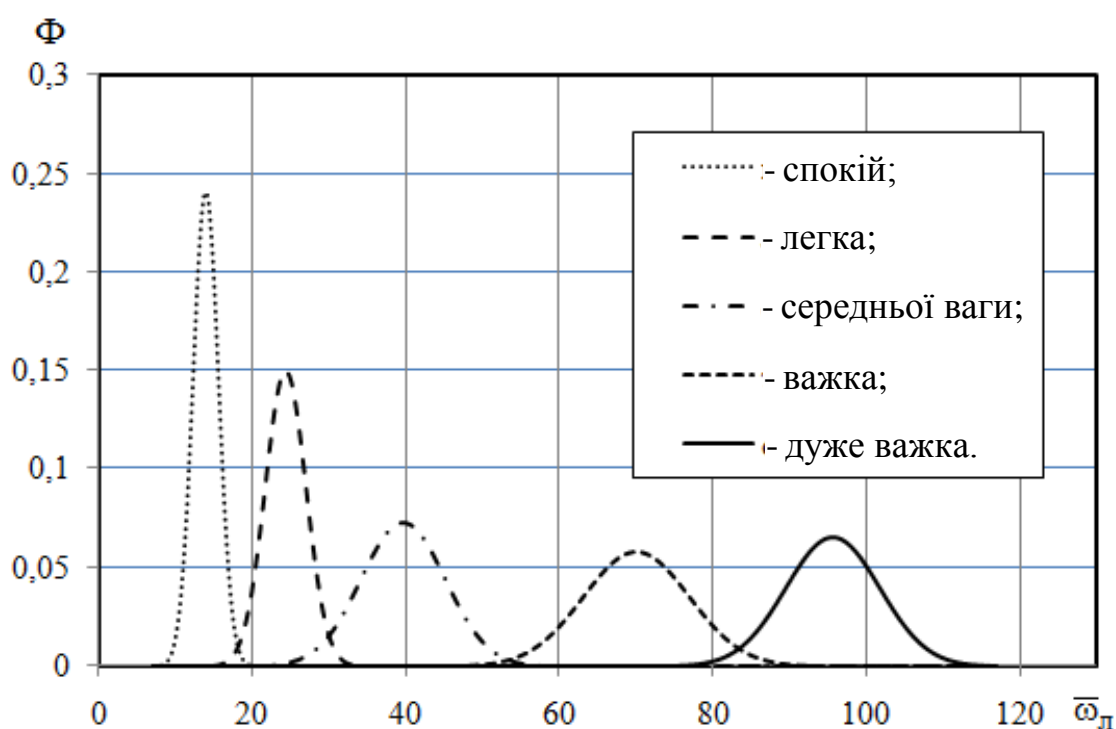


Рисунок 3.1 – Функції розподілу витрати повітря в АСВ в залежності від важкості виконуваної роботи

Таблиця 3.5 Узагальнені результати витрати повітря при роботі в ТДК

Завдання	Нормативне значення показника легеневої вентиляції [5]	$\bar{\omega}_d$, л/хв.	G_{ω_d} , л/хв.	Skos	W
1	2	3	4	5	6
Розвідка	Середнього ступеня важкості	42,42	4,20	-0,416	1,16
Прокладка рукавної лінії до осередку пожежі	Важка	72,22	6,97	-0,305	1,07
Винесення «потерпілого» (в якості останнього використовувався манекен)	Дуже важка	87,63	6,07	-0,132	1,11
Винесення «потерпілого» (в якості останнього використовувався жива людина)	Дуже важка	93,86	5,28	-0,256	1,13

Аналіз отриманих результатів показує, що, незважаючи на негативну скошеність (див. стовпець 5 табл.3.5) вихідних даних, отриманих при виконанні кожного завдання, закономірністю витрати повітря при роботі в АСП і в цьому випадку (роботі в ТДК) є нормальна функція розподілу (див. стовпець 6 табл.3.5) показника (3.1) незалежно від важкості виконуваної роботи.

Наявність оцінок математичних очікувань і середньоквадратичних відхилень витрати повітря при роботі в АСП як на свіжому повітрі, так і в ТДК дозволяє виконати перевірку того, наскільки різняться середні значення, отримані по двох незалежних вибірках дослідження витрати повітря, використовуючи [12] t-критерій Стьюдента (див. табл.3.6).

Таблиця 3.6 – Порівняння значень витрати повітря при роботі в АСВ, отриманих на свіжому повітрі і в ТДК

Ступінь важкості роботи	F	F _{кр}	S _{ω_л}	υ	t _{спост}	t _{табл} (α = 0,05)
1	2	3	4	5	6	7
Середньої важкості	0,82	2,3	1,40	46	-2,01	2,01
Важка	1,04	2,3	2,00	46	-1,11	2,01
Дуже важка (винесення манекена)	0,91	2,3	1,76	46	4,54	2,01
Дуже важка (винесення живої людини)	0,85	2,3	1,65	46	1,07	2,01

В цьому випадку розглядалася гіпотеза

$$H_0 : \bar{\omega}_л (\text{св. повітря}) = \bar{\omega}_л (\text{ТДК}) \quad (3.11)$$

та її альтернатива

$$H_1 : \bar{\omega}_л (\text{св. повітря}) \neq \bar{\omega}_л (\text{ТДК}), \quad (3.12)$$

яка доводить відмінність середніх значень.

З метою вибору конкретної методики розрахунку t-критерію [12] спочатку була перевірена гіпотеза про рівність дисперсій. Як критерій для перевірки нуль-гіпотези

$$H_0 : G^2_{\omega_л} (\text{св. повітря}) = G^2_{\omega_л} (\text{ТДК}) \quad (3.13)$$

був обраний F-критерій [12]

$$F = \frac{G_1^2}{G_2^2}, \quad (3.14)$$

де G_1^2 більша з оцінок дисперсій в двох вибірках.

При цьому критичне значення, яке при рівні значущості $\alpha=0,05$ і числі ступенів свободи

$$\begin{aligned} \nu_{\text{св. повітря}} &= n_{\text{св. повітря}} - 1 = 23; \\ \nu_{\text{ТДК}} &= n_{\text{ТДК}} - 1 = 23, \end{aligned} \quad (3.15)$$

де $n_{\text{св. повітря}} = n_{\text{ТДК}} = 24$ кількість випробовуваних, у яких визначалася витрата повітря в АСВ, була розрахована [12]

$$F_{\text{кр}} = F_{\text{табл}} = 2,3. \quad (3.16)$$

Видно (див. стовпці 2 і 3 табл.3.6), що в розглянутих випадках правомірно визнається нуль-гіпотеза (3.11) і допускається рівність дисперсій при виконанні робіт, що відносяться [5] до однакового ступеня важкості.

Виходячи з цього, стандартна помилка різниці, з урахуванням того, що вибірки малого розміру ($n < 30$), і число ступенів свободи при обчисленні t -критерію розраховуються [12] наступним чином

$$S_{\omega_l} = \sqrt{\frac{(n_{\text{св. повітря}} - 1) \cdot G_{\text{св. повітря}}^2 + (n_{\text{ТДК}} - 1) \cdot G_{\text{ТДК}}^2}{n_{\text{св. повітря}} + n_{\text{ТДК}} - 2} \cdot \left(\frac{1}{n_{\text{св. повітря}}} + \frac{1}{n_{\text{ТДК}}} \right)}; \quad (3.17)$$

$$\nu = n_{\text{св. повітря}} + n_{\text{ТДК}} - 2 = 46. \quad (3.18)$$

В результаті

$$t_{\text{набл}} = \frac{|\bar{\omega}_{\text{л}} (\text{св. повітря}) - \bar{\omega}_{\text{л}} (\text{ТДК})|}{S_{\omega_{\text{л}}}}. \quad (3.19)$$

Видно (див. стовпці 6 і 7 табл.3.6), що в більшості випадків при рівні значущості $\alpha = 0,05$ можна говорити про збіг значень витрати повітря, отриманих при виконанні завдань, що характеризуються однаковим ступенем важкості, на свіжому повітрі і в ТДК. Це свідчить про те, що стандартні навантаження [5] досить адекватно відображає навантаження, з якими стикаються рятувальники в процесі підготовки з використанням ТДК.

Виняток становить навчальна ситуація з виносом манекена. Її можна пояснити тим, що (як це має місце і при проведенні аварійно-рятувальних робіт, не пов'язаних із рятуванням людей) відбувається природне чергування виконання дуже важкої роботи з нетривалими періодами відпочинку.

Після отримання закономірностей витрати повітря при роботі в ТДК були проаналізовані особливості, пов'язані з діяльністю газодимозахисників під час тактико-спеціальних навчань (як процесів, найбільш близьких до реальних аварійно-рятувальних робіт (АРР)) на станціях глибокого залягання Харківського метрополітену [13]. Оперативна робота випробуваного особового складу в АСП під час навчань включала в себе включення в апарат, роботу з пожежно-технічним оснащенням, рух до «постраждалих» і подальшу евакуацію їх на свіже повітря різними способами:

- супровід тих, хто може пересуватися, але втратив здатність орієнтуватися в задимленому просторі;
- перенесення (способом «на карабіни») тих, хто знаходиться в свідомості, але не здатний пересуватися самостійно;
- перенесення «потерпілих» без свідомості.

Для аналізу використовувалися вихідні дані, наведені в [14], де зазначено, що легенева вентиляція з рівнем значущості $\alpha = 0,1$ може бути описана β -розподілом. За аналогією з раніше розглянутими ситуаціями були узагальнені результати витрати повітря в процесі АРР на станціях метрополітену

(див. табл.2.6). Їх аналіз показує, що, не дивлячись на збільшення негативної скошеності (див. стовпець 5 табл.3.7), функція розподілу витрати повітря при проведенні АРР на станціях метрополітену описується нормальним законом незалежно від виконуваних газодимозахисниками завдань.

Таблиця 3.7 Узагальнені результати витрати повітря при проведенні АРР на станціях метрополітену

Завдання	Ступінь важкості роботи	$\bar{\omega}_l$, л/хв.	G_{ω_l} , л/хв.	Skos	W
1	2	3	4	5	6
Спуск по нерухомому ескалатору	Середньої важкості ($\omega_{l \text{ норм}} \approx 40$ л/хв.)	78,74	2,83	-0,60	1,09
Підйом по нерухомому ескалатору (супровід «постраждалого» в свідомості)	Важка ($\omega_{l \text{ норм}} \approx 60$ л/хв..)	90,25	2,86	-0,51	1,08
Перенесення «постраждалого» по нерухомому ескалатору на карабінах	Дуже важка ($\omega_{l \text{ норм}} \approx 84$ л/хв.)	105,66	4,33	-0,69	0,98
Перенесення «постраждалого» по нерухомому ескалатору без свідомості	Дуже важка ($\omega_{l \text{ норм}} \approx 84$ л/хв..)	119,51	5,24	-0,75	0,96
Весь комплекс робіт в непридатному для дихання середовищі	Середньої важкості ($\omega_{l \text{ норм}} \approx 40$ л/хв.)	99,34	3,65	-0,45	0,99

Видно (див. рис.3.2), що навіть виконання роботи, яка віднесена до роботи середнього ступеня тяжкості (спуск по нерухомому ескалатору), не ка-

жучи вже про важкі і дуже важкі роботи, викликають суттєве збільшення частоти дихання, що не може не привести до збільшення легеневої вентиляції. Природно, і реальні значення витрати повітря в процесі проведення тактико-спеціальних навчань істотно відрізняються від рекомендованих в нормативній та довідковій літературі [4,5]. Підтвердженням цього може служити, наприклад, суттєва розбіжність (див. рис.3.2) між значеннями витрати повітря, отриманими при виконанні схожих завдань в ТДК (винос потерпілого в «свідомості») і під час ТСУ в метрополітені (винос потерпілого по нерухомому ескалатору на карабіні).

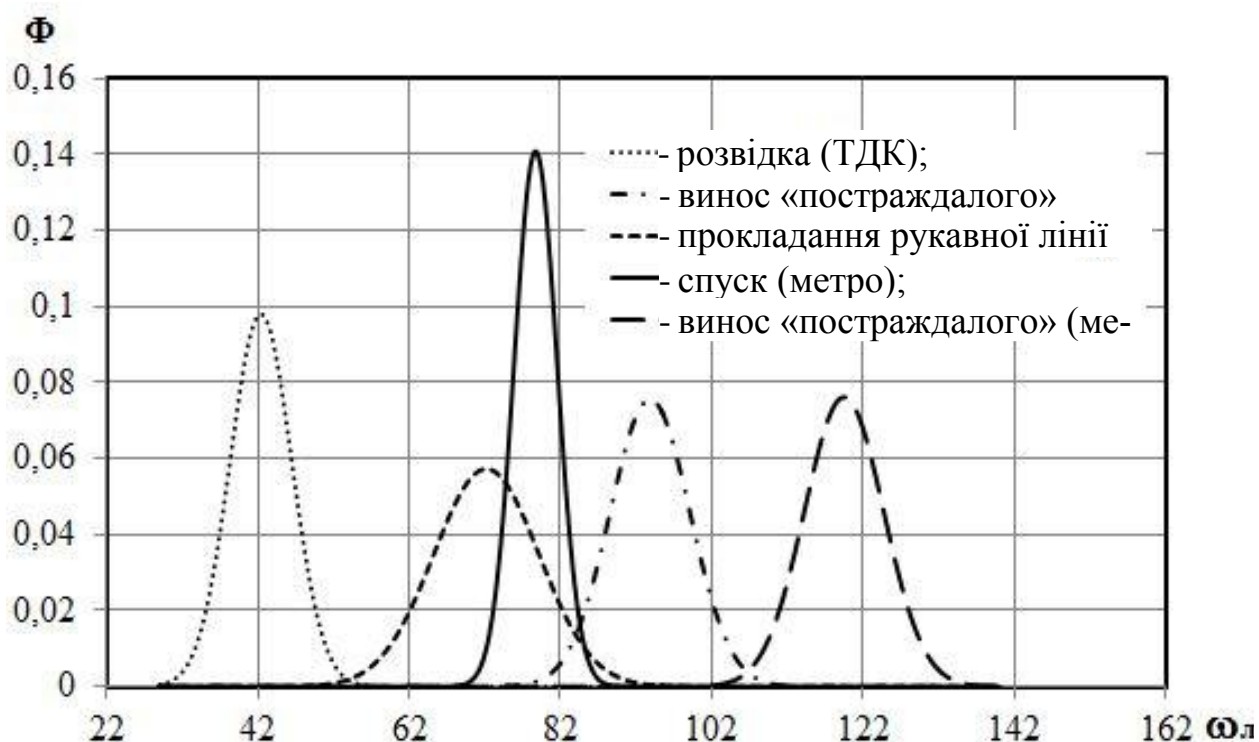


Рисунок 3.2 – Функції розподілу витрати повітря в АСП в залежності від характеру виконуваного завдання

Так, розрахунки відповідно до (3.11)-(3.19) показали, що розбіжність між середніми значеннями витрати повітря є суттєвою.

Крім цього, важливо зазначити, що зі збільшенням ступеня важкості операцій, що виконується в ході проведення ТСУ, різниця між витратою запасу повітря при роботі в АСП від значень легеневої вентиляції, наведених у нормативній і науково-технічній літературі [4,5,6], збільшується, тобто, до-

пустимий час виконання окремих операцій в непридатному для дихання середовищі визначається не тільки показниками легеневої вентиляції, які залежать від ступеня тяжкості роботи, але також від використання конкретного ізолюючого апарату та умов, в яких працюють рятувальники.

Отже, постовий на посту безпеки поряд з розрахунками обов'язкових [4] прогнозних часових характеристик діяльності газодимозахисників в непридатному для дихання середовищі (розрахункові часи припинення розвідки і повернення на свіже повітря), які спираються на нормативні показники легеневої вентиляції, повинен їх постійно коригувати. Основна увага має бути приділена контролю за запасом повітря (здійснюється в процесі перевірки тиску повітря в балонах АСП) і постійного уточнення контрольного тиску, при якому необхідно почати повернення. При цьому повинна враховуватися і швидкість руху газодимозахисників.

3.1.2. Експериментальні дослідження витрати кисню в РДА

Експериментальні дослідження були проведені аналогічно тому, як це було зроблено при дослідженні витрати повітря в апаратах на стисненому повітрі. Значення показника витрати кисню з розмірністю [л/хв] відповідно до закону Бойля-Маріотта розраховувалося як

$$q = \frac{Q}{\Delta t} = \frac{(P_{\text{поч}} - P_{\text{кін}}) \cdot V_{\text{б}}}{\Delta t \cdot P_{\text{а}}}, \quad (3.20)$$

де Q кількість киснювитраченого за розглянутий проміжок часу роботи [хв] в апараті, л; $P_{\text{поч}}$ початковий тиск в балоні РДА, МПа; $P_{\text{кін}}$ кінцевий тиск, МПа; $P_{\text{а}} \approx 0,1$ МПа атмосферний тиск; $V_{\text{б}} = 1$ л обсяг балона, л (в даному випадку, оскільки при проведенні експериментів використовувався регенеративний дихальний апарат Р-34).

Отримані результати по кожному виду роботи, оскільки в відповідному випадку використовувалася вибірка з об'ємом $n=24$, були перевірені на нормальність розподілу за критерієм Шапіро-Уїлка [10].

Для цього, наприклад, стосовно виконання випробовуваними дуже важкої роботи (див. табл. 3.8) спочатку були розраховані середнє значення показника витрати кисню

$$\bar{q} = \frac{\sum_{i=1}^n q_i}{n}, \quad (3.21)$$

де q_i значення показника витрати кисню у i -го випробуваного, л/хв.;
середньоквадратичне відхилення

$$G_q = \sqrt{\frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n (q_i - \bar{q})^2}, \quad (3.22)$$

та

$$n \cdot m_2 = \sum_{i=1}^n (q_i - \bar{q})^2 = 63,33, \quad (3.23)$$

де m_2 вибірковий центральний момент другого порядку.

Оскільки оцінки є результатом обробки незалежних спостережень, вони були розташовані в порядку неспадання і позначені символами $q_1, q_2, \dots, q_{n=24}$. У табл. 2.8 приведена впорядкована серія отриманих значень витрати кисню. Це дозволило обчислити проміжну суму S :

$$S = \sum_{i=1}^k a_{n-i+1} \cdot (q_{(n-i+1)} - q_i) = 3,00, \quad (3.24)$$

де k індекс, що має значення від 1 до $n/2 = 12$;

a_{n-i+1} коефіцієнт, який має спеціальні значення для обсягу вибірки n (його значення, наведені в табл. 2.9, взяті з табл.10 [10]).

Таблиця 3.8 Результати оцінки витрат кисню при виконанні випробуваними дуже важкої роботи

Испытуемый	$P_{нач}$	$P_{кон}$	V_6	t	q	$(q_i - \bar{q})^2$
1	19,75	18,00	1	5	3,50	0,0729
2	19,50	18,25	1	5	2,50	1,6129
3	18,75	16,50	1	5	4,50	0,5329
4	18,75	17,00	1	5	3,50	0,0729
5	19,25	17,50	1	5	3,50	0,0729
6	18,25	16,25	1	5	4,00	0,0529
7	18,00	15,75	1	5	4,50	0,5329
8	19,00	17,25	1	5	3,50	0,0729
9	20,00	18,00	1	5	4,00	0,0529
10	18,50	17,25	1	5	2,50	1,6129
11	19,50	17,75	1	5	3,50	0,0729
12	19,25	17,25	1	5	4,00	0,0529
13	19,75	17,50	1	5	4,50	0,5329
14	20,00	18,25	1	5	3,50	0,0729
15	19,00	17,00	1	5	4,00	0,0529
16	19,75	17,85	1	5	3,80	0,0009
17	18,25	16,25	1	5	4,00	0,0529
18	19,50	17,25	1	5	4,50	0,5329
19	18,25	16,50	1	5	3,50	0,0729
20	18,75	16,75	1	5	4,00	0,0529
21	18,75	16,50	1	5	4,50	0,5329
22	18,50	17,25	1	5	2,50	1,6129
23	18,75	16,50	1	5	4,50	0,5329
24	18,25	16,25	1	5	4,00	0,0529
\bar{q}					3,77	
σ_q					0,63	
$n \cdot m_2$						8,91

Таблиця 11 [10] для рівня значущості $\alpha = 0,05$ і $n = 24$ дає значення $W_{табл} = 0,916$. Оскільки

$$W = 1,011 \geq W_{табл} = 0,916, \quad (3.25)$$

розподіл відповідно до [10] вважається нормальним.

Таблиця 3.9 Упорядкована серія отриманих значень подачі кисню

k	$Q_{(24-k+1)}$, л/хв.	Q_k , л/хв.	$Q_{(24-k+1)} - Q_k$, л/хв.	a_{n-k+1}	$a_{n-k+1} \cdot (\omega_{л(n-k+1)} - \omega_{лk})$
1	4,5	2,5	2,00	0,4493	0,8986
2	4,5	2,5	2,00	0,3098	0,6196
3	4,5	2,5	2,00	0,2554	0,5108
4	4,5	3,5	1,00	0,2145	0,2145
5	4,5	3,5	1,00	0,1807	0,1807
6	4,5	3,5	1,00	0,1512	0,1512
7	4	3,5	0,50	0,1245	0,06225
8	4	3,5	0,50	0,0997	0,04985
9	4	3,5	0,50	0,0764	0,0382
10	4	3,5	0,50	0,539	0,2695
11	4	3,8	0,20	0,0321	0,00642
12	4	4	0,00	0,0107	0
S					3,00162
S ²					9,009723

Експериментальні результати витрати кисню з урахуванням ступеня важкості виконуваної роботи, зовнішніх умов і характеру виконуваної роботи в узагальненому вигляді представлені у табл. 3.10, де показник легеневої вентиляції розраховувався з (3.1).

Аналіз результатів, наведені у табл. 2.9, дозволив припустити рівність значень подачі кисню при знаходженні газодимозахисників в спокої, а також при виконанні легких робіт і робіт середньої тяжкості. Крім цього, доцільно перевірити рівність середніх значень подачі кисню при виконанні робіт середнього ступеня тяжкості і всього комплексу робіт в ТДК, оскільки в цілому при роботі в РДА робота відноситься до середнього ступеня тяжкості. А також подачу кисню при винесенні потерпілого в ТДК з подачею при виконанні дуже важких робіт, оскільки (див. табл. 3.10) легенева вентиляція при винесенні манекена з ТДК відповідає значенням, характерним для виконання дуже важких робіт.

Таблиця 3.10 Узагальнені результати експериментальних досліджень

Ступінь важкості роботи (характер завдання)	Нормативне значення показника подачі кисню, л/хв.	\bar{q} , л/хв.	σ_q , л/хв.	Skos	ϖ_L , л/хв.
1	2	3	4	5	6
Спокій	0,55	1,40	0,18	0,07	30,8
Легка	0,91	1,40	0,16	0,58	30,8
Середньої важкості	1,37	1,42	0,19	0,55	31,2
Важка	2,73	2,79	0,36	0,07	61,3
Дуже важка	3,82	3,77	0,63	-0,83	82,9
Весь комплекс робіт в ТДК	1,37	1,98	0,28	0,52	43,5
Винесення «постраждалого» з ТДК	3,82	2,55	0,48	0,46	56,0

Для порівняння показників витрат кисню при виконанні в РДА різних видів робіт (див. табл. 3.11) розглядалася гіпотеза

$$H_0 : q_1 = q_2 \quad (3.26)$$

і її альтернатива

$$H_1 : q_1 \neq q_2, \quad (3.27)$$

яка доводить відмінність середніх значень.

З метою вибору конкретної методики розрахунку t-критерію [12] спочатку була перевірена гіпотеза про рівність дисперсій. Як критерій для перевірки нуль-гіпотези

$$H_0 : \sigma_{q_1}^2 = \sigma_{q_2}^2 \quad (3.28)$$

був обраний F-критерій

$$F = \frac{\sigma_1^2}{\sigma_2^2}, \quad (3.29)$$

де σ_1^2 більша з оцінок дисперсій в двох вибірках.

Таблиця 3.11 Порівняння значень витрати кисню при роботі в РДА, отриманих на свіжому повітрі і в ТДК

Характер порівняльних робіт	F	F _{кр}	S _{ω_л}	ν	t _{спост}	t _{табл} (α = 0,05)
1	2	3	4	5	6	7
Спокій – середньої ваги	0,90	2,3	0,053	46	0,37	2,01
Середньої ваги – весь комплекс робіт в ТДК	0,46	2,3	0,069	46	8,11	2,01
Важка – винесення «постраждалого» із ТДК	0,56	2,3	0,122	46	1,96	2,01
Дуже важка – винесення «постраждалого» із ТДК	1,72	2,3	0,162	46	7,55	2,01

При цьому критичне значення, яке при рівні значущості α=0,05 та числі ступенів свободи

$$\nu_q = n_q - 1 = 23, \quad (3.30)$$

де $n_q = 24$ кількість випробовуваних, у яких визначалася витрата кисню в РДА при виконанні кожного розглянутого виду робіт, так само [10]

$$F_{кр} = F_{табл} = 2,3. \quad (3.31)$$

Видно (див. стовпчики 2 і 3 табл. 3.11), що в розглянутих випадках правомірною визнається нуль-гіпотеза (3.26) і допускається рівність дисперсій при виконанні робіт, що відносяться до однакового ступеня важкості. Виходячи з цього, стандартна помилка різниці S_q , з урахуванням того, що вибірки малого розміру (<30), і число ступенів свободи при обчисленні t -критерію розраховуються [10] наступним чином

$$S_q = \sqrt{\frac{(n_1 - 1) \cdot \sigma_1^2 + (n_2 - 1) \cdot \sigma_2^2}{n_1 + n_2 - 2} \cdot \left(\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2} \right)}; \quad (3.32)$$

$$n_1 + n_2 - 2 = 46. \quad (3.33)$$

В результаті

$$t_{\text{спост}} = \frac{|q_1 - q_2|}{S_q}. \quad (3.34)$$

Видно (див. стовпчики 6 і 7 табл. 3.11), що в більшості випадків при рівні значущості $\alpha=0,05$ можна говорити про збіг значень витрати кисню, отриманих при виконанні завдань, що характеризуються однаковим ступенем важкості, на свіжому повітрі і в ТДК. Це свідчить про те, що стандартні навантаження досить адекватно відображають навантаження, з якими стикаються рятувальники в процесі підготовки з використанням ТДК.

Виняток становить навчальна ситуація з виносом манекена. Її можна пояснити тим, що (як це має місце і при проведенні аварійно-рятувальних робіт, не пов'язаних із рятуванням людей) відбувається природне чергування виконання дуже важкої роботи з нетривалими періодами відпочинку.

В узагальненому вигляді функції розподілу витрат кисню в РДА з комбінованою подачею можуть бути представлені у вигляді, наведеному на рис. 3.3.

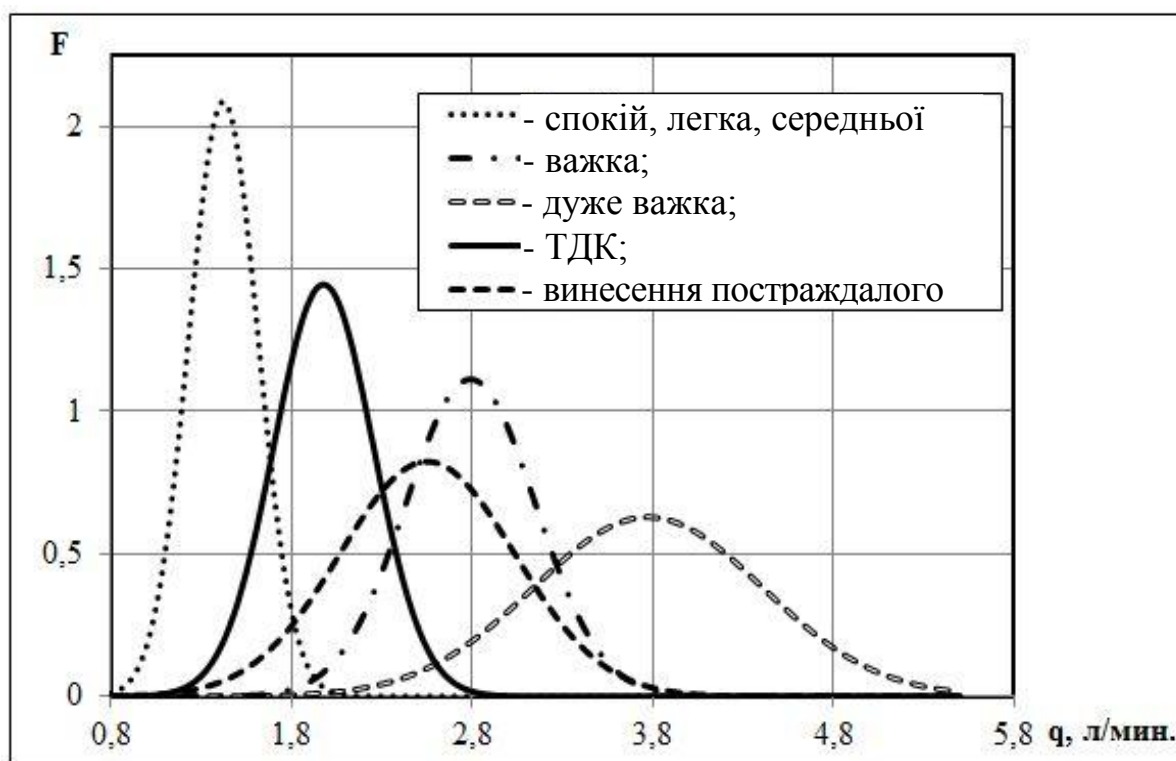


Рисунок 3.3 – Функції розподілу витрат кисню в РДА

Видно, що при знаходженні в спокої, а також виконанні робіт легкого і середнього ступеня важкості можна вважати, що подача кисню може розглядатися рівною 1,4 л/хв. Що, з огляду на комбіновану подачу кисню в РДА фактично відповідає постійній подачі редуктора. У той же час, при винесенні потерпілого з ТДК, який, як передбачалося, відповідає виконанню дуже важкої роботи, подача кисню фактично відповідала тій, яка повинна бути при виконанні важкої роботи. Це може бути пояснено тим, що газодимозахисники, що використовують РДА, добре знають про дуже хороших характеристиках цих апаратів (за часом захисної дії) в порівнянні з АСП, і можуть дозволити собі чергування виконання дуже важкої роботи (перенесення потерпілого) з паузами відпочинку. Аналогічна ситуація має місце і в разі розгляду

всього комплексу робіт в ТДК, коли відбувається чергування важких робіт з паузами відпочинку.

Аналогічна ситуація (див. рис. 3.3) має місце і в процесі використання РДА при проведенні аварійно-рятувальних робіт на станціях метрополітену. В [13, 14] показано, що в цьому випадку для всього комплексу робіт щільність розподілу подачі кисню має вигляд

$$f(q_{\Sigma}) = \frac{1}{0,09 \cdot \sqrt{2} \cdot \pi} \cdot e^{-\frac{(q-1,98)^2}{2 \cdot 0,09^2}}, \quad (3.35)$$

де $\bar{q}_{\Sigma} \approx 1,98$ л/хв. математичне очікування подачі кисню в РДА при виконанні всього комплексу аварійно-рятувальних робіт на станціях метрополітену; $\sigma_{q_{\Sigma}} \approx 0,09$ л/хв. середньоквадратичне відхилення подачі кисню в РДА при виконанні всього комплексу аварійно-рятувальних робіт на станціях метрополітену;
а для підйому потерпілого без свідомості:

$$f(q') = \frac{1}{0,13 \cdot \sqrt{2} \cdot \pi} \cdot e^{-\frac{(q-2,6)^2}{2 \cdot 0,13^2}}, \quad (3.36)$$

де $\bar{q}' \approx 2,6$ л/хв. математичне очікування подачі кисню в РДА при підйомі потерпілого без свідомості; $\sigma_{q'} \approx 0,13$ л/хв. середньоквадратичне відхилення подачі кисню в РДА при підйомі потерпілого без свідомості.

Отримані результати показують, що РДА забезпечують більш економічну витрату запасу газоповітряної суміші не тільки за рахунок використання конструктивних особливостей таких апаратів, а і в результаті того, що при поверхневому диханні, характерному при виконанні важких робіт, скорочу-

ється кількість вуглекислого газу, від якого необхідно очистити повітря в регенеративної патроні апарату.

3.1.3. Методика розрахунку часу роботи газодимозахисників в АСП та РДА

Серед загальних обов'язків особового складу газодимозахисної служби оперативно-рятувальних підрозділів ДСНС України одним з найбільш важливих є вміння виконувати розрахунок часу t_p , який можна витратити на виконання оперативної роботи в непридатному для дихання середовищі.

Представимо схему руху ланки ГДЗС у вигляді, який наведено на рисунку 3.4. Наведені позначення мають наступний фізичний смисл:

$P_{\text{поч}}$ – початковий тиск (мінімальний тиск, який був у ланці в момент включення), МПа;

$P_{\text{вх}}$ – величина, на яку зменшився тиск під час руху до місця роботи, МПа;

P_p – величина, на яку може змінитися тиск під час роботи біля осередку надзвичайної ситуації, МПа;

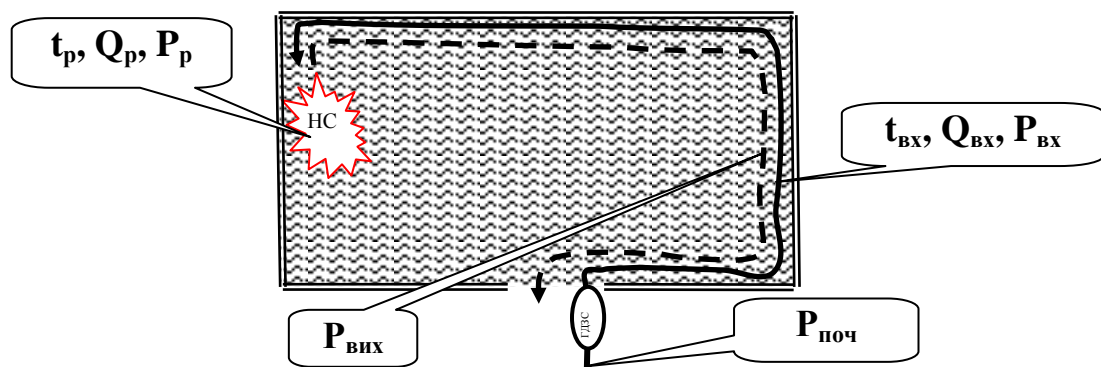


Рисунок 3.4 – Схема руху ланки ГДЗС

$P_{\text{вих}}$ – контрольний тиск, за якого необхідно почати повернення, МПа;

$Q_{\text{вх}}$ – кількість повітря (кисню), яку необхідно витратити для руху до місця роботи, л;

Q_p – кількість повітря (кисню), яку можна витратити під час роботи бі-

ля осередку НС, л;

$t_{\text{вх}}$ – час руху до місця роботи, хв.;

$t_{\text{р}}$ – розрахунковий час роботи біля місця НС, хв.

Особливо необхідно підкреслити те, що розрахунок показників, які пов'язані з роботою ланки в ізолюючих апаратах, ведеться по газодимозахиснику, в апараті якого має місце найбільша витрата повітря, або, якщо нема можливості це визначити, за апаратом, в якому міститься найменша кількість повітря!

При цьому в кожному конкретному випадку відомий тип апарата і його характеристики (в першу чергу об'єм балона V_0), а також початковий тиск $P_{\text{поч}}$, який був у балоні (балонах) на момент вмикання. Конструкція апарата також зумовлює показники максимального тиску повітря P_{max} ; мінімального тиску, за якого апарат може стояти на чергуванні P_{min} (в Настанові з ГДЗС він визначається таким, що є меншим за P_{max} на 10%); а також тиск $P_{\text{діт}}$, за якого спрацьовує додатковий індикатор тиску (вмикач резерву або звуковий сигнал).

Крім того, постовий на посту безпеки та командир ланки ГДЗС визначають, наскільки зменшується тиск у балонах під час $t_{\text{вх}}$ (який також фіксують) руху до осередку пожежі.

Оскільки відомі рівні легеневої вентиляції $\omega_{\text{л}}$, що відповідають виконанню робіт різного ступеня важкості (у більшості випадків $\omega_{\text{л}}=30\text{--}40$ л/хв.), то, щоб забезпечити дихання газодимозахиснику під час входу $t_{\text{вх}}$, необхідно мати повітря у кількості:

$$Q_{\text{вх}} = t_{\text{вх}} \cdot \omega_{\text{л}} \text{ л.} \quad (3.37)$$

Це стосується як резервуарних, так і регенеративних дихальних апаратів.

Розглянемо апарати на стисненому повітрі. Враховуючи закон Бойля–Маріотта, тиск $P_{\text{вх}}$, на який зменшиться початковий $P_{\text{поч}}$ за час входу $t_{\text{вх}}$, об-

числюється наступним чином:

$$P_{\text{вх}} = \frac{Q_{\text{вх}} \cdot P_a}{V_6} \text{ МПа,} \quad (3.38)$$

де $P_a \approx 0,1$ МПа – атмосферний тиск (тиск навколишнього середовища).

Тиск, який необхідно мати, щоб забезпечити нормальний вихід, $P_{\text{вих}}$ (його ще називають контрольним тиском, за якого необхідно почати повернення) повинен бути більше тиску $P_{\text{вх}}$, витраченого під час входу, на деякий рівень $P_{\text{рез}}$, що необхідно резервувати кожного разу. Тобто

$$P_{\text{вих}} = P_{\text{вх}} + P_{\text{рез}} \text{ .МПа,} \quad (3.39)$$

($P_{\text{вих}} = 2 \cdot P_{\text{вх}} + P_{\text{рез}}$ – при роботі з важкими навантаженнями).

При створенні апаратів на стисненому повітрі використовуються редуکتори зворотної дії, для яких характерне збільшення тиску P_2 в камері редуктора у міру того, як тиск у балоні стає менше вказаного в експлуатаційній документації для забезпечення нормального режиму роботи $P_{\text{залиш}}$. Внаслідок цього зменшення тиску в балоні нижче нормативного рівня можна не враховувати і вважати, що

$$P_{\text{залиш}} = 0. \quad (3.40)$$

Таким чином, передбачається, що резервний тиск $P_{\text{рез}}$ може бути витрачений тільки на непередбачені випадки. Як правило, на цей рівень настроюють додатковий індикатор тиску в балоні(-ах). В АСВ-2, наприклад, вмикач резерву спрацьовує за $P_{\text{рез}} \approx 3$ МПа, а в АВІМ або апаратах на стисненому повітрі фірми «Дрегер» звуковий сигнал спрацьовує за $P_{\text{рез}} \approx 5$ МПа. Тобто визначення часових показників роботи в АСП ведеться з урахуванням того,

що на момент виходу не повинен спрацювати додатковий індикатор тиску (вмикач резерву або звуковий сигнал), тобто в балонах повинно залишитись повітря із тиском $P_{рез}$.

При установці рівня $P_{рез}$ виходять з того, що час перебування в непередбачених обставинах $t_{рез}$ не буде тривати більше 5–10 хвилин. Так, для апаратів фірми «AUER», які мають восьмилітровий балон:

$$t_{рез} = \frac{Q_{рез}}{\omega_{л}} = \frac{P_{рез} \cdot V_{б}}{\omega_{л} \cdot P_{а}} = \frac{5 \cdot 8}{40 \cdot 0,1} = 10 \text{ хв.} \quad (3.41)$$

Можна вважати, що

$$P_{поч} = P_{вх} + P_{р} + P_{вих} \text{ МПа,} \quad (3.42)$$

При цьому треба мати на увазі, якщо початковий тиск $P_{поч}$ менше мінімального тиску $P_{min}=0,9 \cdot P_{max}$, за якого ізолюючий апарат може стояти в оперативному розрахунку, то поставлене завдання виконати неможливо.

Тобто

$$P_{р} = P_{поч} - P_{вх} - P_{вих} \text{ МПа.} \quad (3.43)$$

Зрозуміло, що (3.42) і (3.43) мають місце як при роботі в апаратах на стисненому повітрі, так і в регенеративних дихальних апаратах.

Згідно із законом Бойля–Маріотта, можна передбачати, що під час $t_{р}$ безпосереднього виконання оперативної роботи в непридатному для дихання середовищі буде витрачено повітря з балона у кількості:

$$Q_{р} = \frac{P_{р} \cdot V_{б}}{P_{а}} \text{ л,} \quad (3.44)$$

Можна передбачити, що час t_p не повинен бути більшим за

$$t_p = \frac{Q_p}{\bar{\omega}_л} = \frac{P_p \cdot V_б}{P_a \cdot \omega_л} \text{ хв.} \quad (3.45)$$

Використовуючи вищенаведений підхід, крім співвідношень, які доцільно використовувати особовому складу газодимозахисної служби, можна оцінити і деякі конструктивні характеристики. Так, знаючи матеріал, із якого передбачається виготовлення балона, і, відповідно, максимальний робочий тиск P_{\max} в ньому, а також передбачуваний загальний час захисної дії t_3 апарата, можна зробити висновок щодо об'єму балона (балонів):

$$V_б = \frac{P_a \cdot t_3 \cdot \omega_л}{P_{\max}} \text{ л.} \quad (3.46)$$

І, навпаки, при відомих вимогах до загального часу захисної дії t_3 і об'єму балона $V_б$, вимоги до матеріалу обираються такими, щоб забезпечити

$$P_{\text{поч}} = \frac{P_a \cdot t_3 \cdot \omega_л}{V_б} \text{ МПа.} \quad (3.47)$$

Подібним чином можна підійти і до розгляду регенеративних дихальних апаратів. Проте при цьому необхідно враховувати те, що оскільки цикл дихання замкнутий, подача кисню з балона повинна бути такою, щоб компенсувати кисень, який витрачається у процесі дихання.

З цього випливає, що на початку роботи в апараті необхідно мати запас кисню:

$$Q_{\text{поч } O_2} = q \cdot t_3 \text{ л,} \quad (3.48)$$

який має бути стисненим до рівня P_3 , що забезпечить заданий час t_3 захисної дії:

$$P_3 = \frac{Q_{\text{поч } O_2} \cdot P_a}{V_6} \text{ МПа.} \quad (3.49)$$

В р-34, який має однолітровий балон і дві години захисної дії, при виконанні роботи середнього ступеня важкості:

$$Q_{\text{поч } O_2} = 1,4 \cdot 120 = 168 \approx 170 \text{ л,} \quad (3.50)$$

і, відповідно, кисень має бути стисненим до рівня:

$$P_3 (\text{Р - 34}) = \frac{170 \cdot 0,1}{1} = 17,0 \text{ МПа,} \quad (3.51)$$

Але треба пам'ятати, що при створенні регенеративних дихальних апаратів для забезпечення постійної подачі використовують як редуктори зворотної дії, так і редуктори прямої дії. Нормальна робота останніх забезпечується при тиску кисню в балоні P_6 , який повинен бути більше деякого залишкового $P_{\text{залиш}}$:

$$P_6 \geq P_{\text{залиш}} \text{ МПа,} \quad (3.52)$$

Звичайно, що при використанні редукторів зворотної дії можна вважати, що $P_{\text{залиш}} = 0$.

Тобто максимальний тиск кисню в балоні РДА має бути не менше

$$P_{\text{max } O_2} \geq P_3 + P_{\text{залиш}} \text{ МПа.} \quad (3.53)$$

Як і для апаратів на стисненому повітрі, дійсним є співвідношення (3.42). Показник подачі кисню q можна вважати відомою величиною, оскільки, для регенеративних дихальних автоматів на стисненому кисню, конструкція котрих передбачає постійну подачу q , під час перебування у спокої та при виконанні легкої роботи та роботи середнього ступеня важкості $q = q_{\approx} \approx 1,4$ л/хв. В інших випадках (який і рекомендується найчастіше), коли має місце поєднання постійної та легенево-автоматичної подач

$$q = q_{\approx} + q_{л/а} \approx 2 \text{ л/хв.} \quad (3.54)$$

За час $t_{\text{вх}}$ прямування до місця оперативної роботи тиск кисню в балоні зменшиться на:

$$P_{\text{вх}} = \frac{t_{\text{вх}} \cdot q \cdot P_a}{V_6} \text{ МПа.} \quad (3.55)$$

На випадок виникнення непередбачених обставин розмір того тиску, який необхідно резервувати:

$$P_{\text{рез}} = P_{\text{вх}} / 2 \text{ МПа.} \quad (3.56)$$

У випадку роботи в метрополітені або інших спорудах, які мають складні конструктивно-планувальні рішення та значні розміри, цей рівень рекомендується приймати як

$$P_{\text{рез}} = P_{\text{вх}} \text{ МПа.} \quad (3.57)$$

Тобто, враховуючи (3.52), мінімальний тиск, за якого необхідно почати повернення з місця оперативної роботи, повинен бути (у більшості випадків):

$$P_{\text{вих}} = P_{\text{вх}} + \frac{P_{\text{вх}}}{2} + P_{\text{залиш}} \text{ МПа.} \quad (3.58)$$

Для КИП-8М, наприклад, він розраховується як:

$$P_{\text{вих}} = 1,5 \cdot P_{\text{вх}} + 3 \text{ МПа,} \quad (3.59)$$

а для Р-12 (30, 34...)

$$P_{\text{вих}} = 1,5 \cdot P_{\text{вх}} \text{ МПа.} \quad (3.60)$$

Але, враховуючи практичні вимоги Настанови з організації газодимо-захисної служби в підрозділах Оперативно-рятувальної служби цивільного захисту ДСНС України, додатково приймаємо резервний тиск у кількості 3 МПа. Тобто відношення (3.60) має вигляд для Р-12 (30, 34, 35):

Для звичайних умов роботи:

$$P_{\text{вих}} = 1,5 \cdot P_{\text{вх}} + P_{\text{рез}} = 1,5 \cdot P_{\text{вх}} + 3. \quad (3.61)$$

Для важких умов роботи:

$$P_{\text{вих}} = 2 \cdot P_{\text{вх}} + P_{\text{рез}} = 2 \cdot P_{\text{вх}} + 3. \quad (3.62)$$

Таким чином, для виконання оперативної роботи в непридатному для дихання середовищі можна витратити час, який не повинен перевищувати

$$t_p = \frac{Q_{\text{рO}_2}}{q} = \frac{P_p \cdot V_б}{P_a \cdot q} = \frac{(P_{\text{поч}} - P_{\text{вх}} - P_{\text{вих}}) \cdot V_б}{P_a \cdot q} \text{ хв.} \quad (3.63)$$

де Q_{pO_2} – кількість кисню (л), яку передбачається витратити з балона для регенерації повітря у повітропровідній системі регенеративного дихального апарата під час виконання оперативної роботи.

Стосовно загальних підходів до визначення часу роботи треба мати на увазі, що в різних країнах мають місце різні підходи до визначення тиску газоповітряної суміші, за якого необхідно починати повернення, та конкретних кількісних характеристик як самого дихального апарата, так і показників дихання газодимозахисника. Проте в основі – загальна ідея стосовно того, що часові характеристики роботи в ізолюючих апаратах визначаються ступенем важкості роботи (i , відповідно, визначеними показниками витрати газоповітряної суміші), а також тим, що газодимозахисник повинен передбачити можливість роботи за непередбачених обставин.

При цьому треба мати на увазі, що загальні підходи стають другорядними, якщо в керівних документах або заводській документації наведені конкретні вимоги щодо визначення часових та інших характеристик роботи в ізолюючих апаратах. Наприклад, необхідно враховувати коефіцієнт стискання повітря (вважається, що при тиску 30,0 МПа він дорівнює 1,1 – тобто реальний запас повітря буде в 1,1 менше того, який визначається відповідно до закону Бойля–Маріотта).

3.1.4. Методика спрощених розрахунків часу роботи в АСП та РДА

В основі спрощених розрахунків лежить перехід від застосування показника легеневої вентиляції (i , відповідно, подачі кисню для РДА) до швидкості падіння тиску в балонах. Цьому сприяє те, що ізолюючий апарат, в якому працює газодимозахисник, має конкретну конструкцію з визначеним V_0 об'ємом балона (для зберігання повітря в АСП або кисню – в РДА). Внаслідок чого, враховуючи закон Бойля–Маріота та відносно постійний ($\approx 0,1$

МПа) рівень P_a атмосферного тиску, для АСП можна записати

$$\frac{\Delta P}{\Delta t} = \frac{\Delta Q \cdot P_a}{\Delta t \cdot V_6} = \frac{\omega_l}{V_6} \cdot P_a. \quad (3.64)$$

Враховуючи те, що показник легеневої вентиляції для розрахунків рекомендується розглядати у випадках, коли ступінь важкості роботи є невідомим, то приймаємо її 40 л/хв., а об'єм балонів для АСВ-2 дорівнює 8 літрам, вираз (3.64) набуває конкретного значення

$$\frac{\Delta P}{\Delta t} \approx \frac{40}{8} \cdot 0,1 \approx 0,5 \text{ МПа/хв.} \approx 5 \frac{\text{кгс/см}^2}{\text{хв.}} \approx 5 \frac{\text{бар}}{\text{хв.}} \quad (\text{для АСВ-2}). \quad (3.65)$$

Міркуючи аналогічно, можна показати, що для АСВ-2 під час виконання легкої роботи ($\omega_l \approx 20$ л/хв.) швидкість падіння тиску буде дорівнювати приблизно 0,3 МПа/хв., а під час виконання важкої ($\omega_l \approx 70$ л/хв.) – 0,9 МПа/хв. Тобто

$$\frac{\Delta P}{\Delta t} \approx \begin{cases} 3 \frac{\text{кгс/см}^2}{\text{хв.}} - \text{під час виконання легкої роботи;} \\ 5 \frac{\text{кгс/см}^2}{\text{хв.}} - \text{під час виконання роботи} \\ \text{середнього ступеня важкості;} \\ 9 \frac{\text{кгс/см}^2}{\text{хв.}} - \text{під час виконання важкої роботи.} \end{cases} \quad (3.66)$$

Для інших апаратів, згідно Настанови з організації газодимозахисної служби в підрозділах Оперативно-рятувальної служби цивільного захисту ДСНС України, приймаємо:

$$\frac{\Delta P}{\Delta t} \approx \frac{40}{6} \cdot 0,1 \approx 0,7 \text{ МПа/хв.} \approx 7 \frac{\text{кгс/см}^2}{\text{хв.}} \approx 7 \frac{\text{бар}}{\text{хв.}} \quad (3.67)$$

Об'єм балонів при цьому дорівнює 6 літрам, тому що в поширених на території України закордонних апаратах Dräger PA-92 та "AUER" BD 96 $V_6 = 6 \text{ л.}$

Міркуючи аналогічно, можна показати, що під час виконання легкої роботи ($\omega_{\text{л}} \approx 20 \text{ л/хв.}$) швидкість падіння тиску буде дорівнювати приблизно 0,4 МПа/хв., а під час виконання важкої ($\omega_{\text{л}} \approx 70 \text{ л/хв.}$) – 1,2 МПа/хв. Тобто

$$\frac{\Delta P}{\Delta t} \approx \begin{cases} 4 \frac{\text{бар}}{\text{хв.}} - \text{під час виконання легкої роботи;} \\ 7 \frac{\text{бар}}{\text{хв.}} - \text{під час виконання роботи середньої важкості;} \\ 12 \frac{\text{бар}}{\text{хв.}} - \text{під час виконання важкої роботи.} \end{cases} \quad (3.68)$$

Якщо треба, аналогічним чином можна розробити рекомендації щодо спрощених розрахунків для кожного конкретного апарата на стисненому повітрі.

Вираз (3.64) для РДА має вигляд

$$\frac{\Delta P}{\Delta t} = \frac{\Delta Q \cdot P_a}{\Delta t \cdot V_6} = \frac{q}{V_6} \cdot P_a. \quad (3.69)$$

Враховуючи (3.64), для РДА з кисневими балонами, які мають об'єм 1 л, під час спрощених розрахунків можна вважати, що

$$\frac{\Delta P}{\Delta t} = \frac{q}{V_6} \cdot P_a \approx \frac{2}{1} \cdot 0,1 = 0,2 \text{ МПа/хв.} \approx 2 \frac{\text{кгс/см}^2}{\text{хв.}}, \quad (3.70)$$

а з дволітровими балонами –

$$\frac{\Delta P}{\Delta t} = \frac{q}{V_6} \cdot P_a \approx \frac{2}{2} \cdot 0,1 = 0,1 \text{ МПа/хв.} \approx 1 \frac{\text{кгс/см}^2}{\text{хв.}} \quad (3.71)$$

Визначення розрахункового часу повернення та розрахункового часу припинення розвідки (поряд із контрольним тиском, за якого необхідно починати повернення, є одними з найбільш важливих показників, розрахунок яких ведеться постовим на посту безпеки) при розгляді апаратів на стисненому повітрі відбувається з урахуванням того, що на момент виходу не повинен спрацювати додатковий індикатор тиску (вмикач резерву або звуковий сигнал). Тобто час на вхід, роботу та вихід можна розрахувати як

$$t_{(\text{ввхідробота, вихід})} = \frac{\min(P_{i \text{ поч}}) - P_{\text{рез}}}{\Delta P / \Delta t} \quad (3.72)$$

Відповідно, розрахунковий час повернення ланки з урахуванням моменту, в якій відбулось включення до апаратів $t_{\text{вкл}}$ визначається як

$$t_{\text{пов}}(\text{АСП}) = t_{\text{вкл}} + t_{(\text{ввхідробота, вихід})} = t_{\text{вкл}} + \frac{\min(P_{i \text{ поч}}) - P_{\text{рез}}}{\Delta P / \Delta t} \quad (3.73)$$

При визначенні контрольного тиску $P_{\text{вх}}$ та часу $t_{\text{розв}}$, за якого ланці необхідно припинити розвідку, вважається, що робота біля осередку надзвичайної ситуації не передбачається. Тобто

$$P_{\text{вх}} = \frac{\min(P_{i \text{ поч}}) - P_{\text{рез}}}{2}, \quad (3.74)$$

$$t_{\text{розв}} = t_{\text{вкл}} + \frac{P_{\text{вх}}}{\Delta P / \Delta t} = t_{\text{вкл}} + \frac{\min(P_{i \text{ поч}}) - P_{\text{рез}}}{2}. \quad (3.75)$$

Для регенеративних дихальних апаратів, оскільки тиск $P_{\text{рез}}$, який необхідно резервувати на непередбачені обставини, пов'язаний з величиною $P_{\text{вх}}$, на яку зменшився тиск під час руху до місця роботи, можна визначити, враховуючи залишковий тиск $P_{\text{залиш}} = 3 \text{ МПа}$ (30 кгс/см^2) (для апаратів КИП-8) (або згідно Настанови з організації газодимозахисної служби в підрозділах Оперативно-рятувальної служби цивільного захисту МНС України, тільки найпізніший час повернення $P_{\text{рез}} = 3 \text{ МПа}$ (30 кгс/см^2) для апаратів Р-30)

$$t_{\text{пов}}^{\prime} (PДА) = t_{\text{вкл}} + \frac{\min(P_{i \text{ поч}}) - P_{\text{залиш}}}{\Delta P / \Delta t}. \quad (3.76)$$

При цьому вважається, що в момент повернення ніякого запасу кисню на непередбачені обставини не залишиться. Тобто в РДА розрахунковий час повернення визначається в момент $t_{\text{вкл}} + t_{\text{вх}}$, коли ланка завершила просування до місця НС і приступила до виконання робіт біля осередку

$$\begin{aligned} t_{\text{пов}} (PДА) &= t_{\text{вкл}} + t_{\text{ех}} + t_{(\text{робота, вихід})} = \\ &= t_{\text{вкл}} + t_{\text{вх}} + \frac{\min(P_{i \text{ поч}} \quad P_{i \text{ вх}}) - \max(P_{i \text{ вх}}) - P_{\text{лиш}}}{\Delta P / \Delta t}. \end{aligned} \quad (3.77)$$

В той же час при визначенні контрольного тиску $P_{\text{вх}}$ та часу $t_{\text{розв}}$, за якого ланці в РДА необхідно припинити розвідку, можна врахувати те, що (для звичайних умов)

$$P_{\text{поч}} = P_{\text{вх}} + 1,5 \cdot P_{\text{вх}} - P_{\text{залиш}} = 2,5 \cdot P_{\text{вх}} - P_{\text{залиш}}. \quad (3.78)$$

Звідки

$$P_{\text{ВХ}}^{\text{ЗВИЧ}}(РДА) = \frac{\min(P_{i \text{ поч}}) - P_{\text{залиш}}}{2,5}, \quad (3.79)$$

$$t_{\text{розв}}^{\text{ЗВИЧ}} = t_{\text{ВКЛ}} + \frac{P_{\text{ВХ}}}{\Delta P / \Delta t} = t_{\text{ВКЛ}} + \frac{\min(P_{i \text{ поч}}) - P_{\text{залиш}}}{2,5 \cdot \Delta P / \Delta t}. \quad (3.80)$$

Для випадку, коли ланка в РДА працює в метрополітені або інших спорудах, які мають складні конструктивно-планувальні рішення та значні розміри, аналогічні міркування дозволяють отримати

$$P_{\text{ВХ}}^{\text{"М"}} = \frac{\min(P_{i \text{ поч}}) - P_{\text{залиш}}}{3}, \quad (3.81)$$

$$t_{\text{ВХ}}^{\text{"М"}} = t_{\text{ВКЛ}} + \frac{P_{\text{ВХ}}}{\Delta P / \Delta t} = t_{\text{ВКЛ}} + \frac{\min(P_{i \text{ поч}}) - P_{\text{залиш}}}{3 \cdot \Delta P / \Delta t}. \quad (3.82)$$

Таким чином, використання визначених показників швидкості падіння тиску (2.73), (2.80), (3.82) дозволяє суттєво спростити виконання розрахунків постовим на посту безпеки.

3.1.5. Особливості розрахунків на посту безпеки під час роботи в АСП при ліквідації надзвичайних ситуацій в метрополітені

Актуальність визначення цих особливостей пояснюється тим, що, з одного боку, чинні керівні документи вимагають, щоб під час проведення аварійно-рятувальних робіт в метрополітені особовий склад використовував тільки РДА; з іншого ж боку, практично всі пожежно-рятувальні підрозділи

ДСНС, які першими прибувають до місця надзвичайної ситуації, озброєні апаратами на стисненому повітрі. Це ставить питання підвищення безпеки газодимозахисників, оскільки час захисної дії АСП значно менше часу захисної дії РДА.

При роботі в АСП мінімальний тиск у балонах на момент початку виходу $P_{\text{вих}}$ розраховується як (3.39). В той же час, якщо врахувати різницю у витраті повітря при спуску рятувальників $\bar{\omega}_{\text{лвих}}$ і підйомі по нерухомому ескалатору з потерпілим без свідомості $\bar{\omega}_{\text{лвих}}$, що за однакової відстані S до місця роботи визначає час входу $t_{\text{вх}}$ й виходу $t_{\text{вих}}$ ланки або відділення ГДЗС, можна побачити, що без урахування тиску повітря, яке резервується, має місце відношення

$$\frac{P_{\text{вих}}}{P_{\text{вх}}} = \frac{Q_{\text{вих}} \cdot P_a / V_6}{Q_{\text{вх}} \cdot P_a / V_6} = \frac{\bar{\omega}_{\text{лвих}} \cdot t_{\text{вих}}}{\bar{\omega}_{\text{лвх}} \cdot t_{\text{вх}}} = \frac{\bar{\omega}_{\text{лвих}} \cdot S / \bar{v}_{\text{вих}}}{\bar{\omega}_{\text{лвх}} \cdot S / \bar{v}_{\text{вх}}} = \frac{\bar{\omega}_{\text{вих}} \cdot \bar{v}_{\text{вх}}}{\bar{\omega}_{\text{вх}} \cdot \bar{v}_{\text{вих}}} \approx \frac{120 \cdot 19}{79 \cdot 12,5} \approx 2,3, \quad (3.83)$$

де $\bar{v}_{\text{вх}} \approx 19$ м/хв., $\bar{v}_{\text{вих}} \approx 12,5$ м/хв. – середня швидкість руху рятувальників при спуску й підйомі по ескалатору з постраждалим відповідно.

Тобто, з урахуванням $P_{\text{рез}}$ і того, що тиск в АСВ-2 (розрахунковий тиск 20,0 МПа), за якого апарат може стояти на чергуванні, повинен бути більше 18,0 МПа, а в інших АСП (розрахунковий тиск 30,0 МПа) – більше 27,0 МПа; мінімальний тиск $P_{\text{вих}}$ повітря в балонах АСП, за якого треба починати повернення на свіже повітря, має бути практично у три рази більше тієї величини $P_{\text{вх}}$, на яку впав тиск за час руху до місця оперативної роботи. Одночасно це співвідношення дає й важливу практичну рекомендацію з визначення моменту, коли ланці (відділенню) ГДЗС необхідно припинити розвідку, – рятувальники повинні почати повернення до поста безпеки за зменшення тиску в

АСП у будь-якого з рятувальників на одну четверту початкового $P_{\text{поч}}$ тиску.

Крім цього, якщо врахувати те, що більшість АСП, які використовуються в оперативно-рятувальних підрозділах, мають восьмилітрові (або два чотирилітрові) балони, постовий на посту безпеки може використовувати для розрахунку часу роботи рятувальників не величину витрати повітря й відповідні співвідношення, які пов'язують кількість повітря, тиск і час, а швидкість падіння тиску $\frac{\Delta P}{\Delta t}$.

Так, при спуску рятувальників по нерухомому ескалатору тиск зменшується зі швидкістю

$$\frac{\Delta P}{\Delta t} = \frac{\Delta Q \cdot P_a}{\Delta t \cdot V_6} = \left| \begin{array}{l} \frac{\Delta Q}{\Delta t} = \omega \approx 80 \text{ л/хв.}; \\ V_6 = 8 \text{л} P_a \approx 0,1 \text{МПа} \end{array} \right| \approx 1 \text{МПа/хв.}, \quad (3.84)$$

а при підйомі потерпілого по нерухомому ескалатору -

$$\frac{\Delta P}{\Delta t} \approx 1,5 \text{ МПа/хв.} \quad (3.85)$$

Скорочення тривалості розрахунків передбачуваних часів роботи й повернення дасть можливість постовому на посту безпеки приділити більше уваги підготовці ланки й контролю за її роботою.

МЕТОДИКА РОЗРАХУНКУ СИЛ ТА ЗАСОБІВ ДЛЯ ГАСІННЯ ПОЖЕЖ НА РІЗНИХ ОБ'ЄКТАХ

Загальна методика аналітичного розрахунку сил та засобів для гасіння пожеж

Аналітичний розрахунок сил та засобів для прогнозування можливих пожеж під час розробки тактичного задуму для занять з вирішення тактичних завдань, проведення тактичних навчань та розробці оперативних планів пожежогасіння, проводять у приведеному нижче порядку. На місці пожежі розрахунок сил та засобів розпочинають з третього пункту.

1. Визначають час вільного розвитку пожежі та можливий радіус або довжину поширення вогню (R_n) за час його вільного розвитку до моменту початку подавання засобів пожежогасіння на підставі даних ОТХ об'єкта та умов гасіння пожежі.

Час вільного розвитку пожежі ($\tau_{\text{віль.}}$) залежить від ряду проміжків часу витраченого на виявлення і сповіщення про пожежу на ПЗЧ (ОКЦ) та часу здійснення дій пожежно-рятувальними підрозділами до введення засобів гасіння. Отже, $\tau_{\text{віль.}}$ складається з часу від початку виникнення горіння до повідомлення про пожежу ($\tau_{\text{д.с.}} = \tau_{\text{вияв}} + \tau_{\text{спов}}$), часу збору та виїзду особового складу за сигналом "Тривога" ($\tau_{\text{зб.в.}}$), часу прямування підрозділів на пожежу ($\tau_{\text{прям}}$) і часу оперативного розгортання ($\tau_{\text{о.р.}}$),

$$\tau_{\text{віль.}} = \tau_{\text{д.с.}} + \tau_{\text{зб.в.}} + \tau_{\text{прям}} + \tau_{\text{о.р.}}, \quad \text{ХВ.} \quad (1)$$

Час до повідомлення про пожежу ($\tau_{\text{д.с.}}$), тобто виявлення та сповіщення про неї, визначають на підставі аналізу досвіду гасіння пожеж. Він залежить від багатьох чинників, $\tau_{\text{виявл}}$ та $\tau_{\text{спов}}$ та характеризуються оперативно-тактичними особливостями об'єкту, а саме: наявністю охорони об'єкта та

пильності несення служби складом охорони або обслуговуючим персоналом, наявністю та підтриманням у справному стані автоматичних систем виявлення та сповіщення про пожежу, налагодженого телефонного зв'язку і прямих телефонів із центром автоматизованих систем оперативного зв'язку ОКЦ або ПЗЧ та ін. В практичних розрахунках приймають в межах $8 \div 12$ хв.

Час збору та виїзду ($\tau_{зб.в.}$) залежить від оперативної готовності пожежно-рятувальних підрозділів і приймається за показниками, встановленими нормативами зі спеціальної фізичної підготовки (СФП), але не більше ніж 1 хв на виїзд караулу у складі двох відділень.

Час прямування до місця пожежі ($\tau_{прям}$) пожежно-рятувальними автомобілями залежить від відстані, умов прямування та визначається за формулою:

$$\tau_{прям} = L60/V_{руху}, \text{ хв}, \quad (2)$$

де L – відстань від частини до місця пожежі, км; $V_{руху}$ – середня швидкість руху пожежно-рятувальних автомобілів (в практичних розрахунках приймають на дорогах з твердим покриттям – 45 км/год, на ґрунтових дорогах – 30 км/год, на складних ділянках з інтенсивним рухом – 25 км/год).

Час оперативного розгортання ($\tau_{о.р.}$) обумовлюється етапами розгортання сил та засобів, умовами обстановки на пожежі, натренованістю особового складу підрозділів, оперативно-тактичними особливостями об'єкту. За характером оперативних дій та об'єму поставлених завдань, виходячи з досвіду гасіння пожеж, в практичних розрахунках $\tau_{о.р.}$ приймають у межах 6–8 хв.

Радіус або довжина поширення вогню ($R_{п}$) за час його вільного розвитку на момент подавання вогнегасних засобів визначається наступним:

$$R_{п} = V_{л}^{табл} \tau_{п}, \text{ м}, \quad (3)$$

де $V_{л}^{табл}$ – лінійна швидкість поширення, м/хв; $\tau_{п}$ – час розвитку пожежі, хв.

В процесі розвитку і гасіння пожежі $V_{л}$ постійно змінюється. Звичайно процес розвитку та гасіння пожежі умовно поділяють на три основні етапи:

початковий період, який приймають $\tau_1 = 10$ хв;

період максимального вільного розвитку пожежі $\tau_2 = \tau_{віль} - 10$ хв;

період локалізації $\tau_3 = \tau_{лок} - \tau_{віль}$, хв,

де $\tau_{віль}$ – час вільного розвитку пожежі (час від моменту виникнення пожежі до введення перших стволів на її гасіння), хв; $\tau_{лок}$ – час локалізації пожежі (час від моменту виникнення пожежі до досягнення умови $V_{л} = 0$), хв.

З урахуванням зміни лінійної швидкості ($V_{л}$) у процесі розвитку та гасіння пожежі залежно від тривалості її розвитку ($\tau_{віль}$) більше або менше 10 хвилин, загальна формула (3) приймає наступний вид (див. табл. 1).

Таблиця 1 – Формули для визначення довжини (радіуса) пожежі

На момент введення перших стволів на гасіння:	
при $\tau_{віль} \leq 10$ хв	$R_{п} = 0,5V_{л}^{табл} \tau_{віль}$, м
при $\tau_{віль} > 10$ хв	$R_{п} = 5V_{л}^{табл} + V_{л}^{табл}(\tau_{віль} - 10)$, м
На момент локалізації пожежі:	
при $\tau_{віль} \leq 10$ хв	$R_{п} = 0,5V_{л}^{табл} \tau_{лок}$, м
при $\tau_{віль} > 10$ хв	$R_{п} = 5V_{л}^{табл} + V_{л}^{табл}(\tau_{віль} - 10) + 0,5V_{л}^{табл}(\tau_{лок} - \tau_{віль})$, м

Швидкість розвитку пожежі характеризується чотирма фізичними показниками: лінійною швидкістю поширення горіння ($V_{л}$, м/хв), швидкістю зростання площі (V_{s} , м²/хв), швидкістю зростання периметра (V_{p} , м/хв) та швидкістю зростання фронту пожежі ($V_{ф}$, м/хв).

Таблиця 2 – Формули для визначення фізичних параметрів розвитку пожежі

Показник, що визначається	Форма площі пожежі		
	Кругова	Кутова	Прямокутна
Лінійна швидкість поширення горіння	$V_{л} = R_{п} / \tau_{розв}$		$V_{л} = b / \tau_{розв}$
Швидкість зростання площі пожежі	$V_{s} = S_{п} / \tau_{розв}$		
Швидкість зростання периметра пожежі	$V_{p} = P_{п} / \tau_{розв}$		

Швидкість зростання фронту пожежі	$V_{\Phi} = \Phi_{\Pi} / \tau_{\text{розв}}$	$(V_{\Phi} = \Phi_{\Pi} / \tau_{\text{розв}}) = \text{const}$
-----------------------------------	--	---

Примітка: $\tau_{\text{розв}}$ – час поширення горіння до моменту локалізації пожежі

$$\tau_{\text{розв}} = \tau_{\text{ввл}} + \tau_{\text{лок}}, \text{ ХВ.}$$

Визначення параметрів (табл. 2) потрібне для аналізу оперативних дій у ході дослідження пожежі, а саме оцінки дій підрозділів та посадових осіб під час гасіння пожежі.

2. Визначають форму пожежі до моменту її локалізації шляхом нанесення отриманого R_{Π} в масштабі на схему об'єкта, приміщення, ділянки місцевості й ін.

При здійсненні розрахунків форму розвитку умовної пожежі визначають у такому порядку: на плані цеху (ділянки, поверху, підвалу, горища тощо), складеного у масштабі при вивченні об'єкта, з точки, що відповідає місцю можливого виникнення горіння (осередку пожежі), наносять в масштабі радіус (R_{Π}) поширення вогню, припускаючи, що вогонь розповсюджується рівномірно у всіх напрямках, якщо на його шляху немає перешкод (стін, вогнестійких перегородок тощо), а потім визначають форму (конфігурацію) пожежі, яка зводиться до *кругового, сектора круга або прямокутного розвитку* вогню (рис. 1). Тобто форму пожежі умовно приводять до простих геометричних фігур.

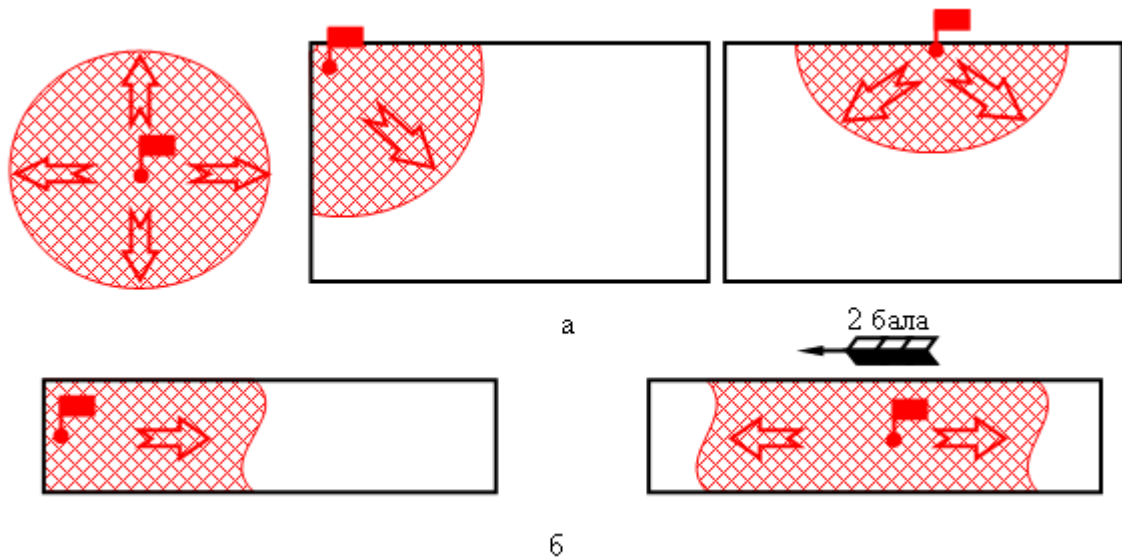


Рис. 1. Форми розвитку пожеж:

а – кругова (кутова – сектор круга); б – прямокутна

Ці форми розвитку пожежі дозволяють визначити основні параметри (площу, периметр та фронт) можливої пожежі, і на їх основі змоделювати обстановку пожежі, її можливу небезпеку для життя людей, знищення матеріальних цінностей та виникнення інших небезпечних ситуацій таких як вибухи, обвалення конструкцій, розлив ЛЗР, ГР тощо.

Форма площі пожежі є основою для визначення розрахункової схеми, напрямків зосередження та необхідної кількості сил та засобів на гасіння. Для визначення розрахункової схеми реальну форму площі пожежі приводять до фігур правильної геометричної форми: кола з радіусом " $R_{п}$ " (при круговій формі), сектора кола з радіусом " $R_{п}$ " та кутом " α " (при кутовій формі), прямокутника шириною " a " та довжиною " b ".

Площу – $S_{п}$, периметр – $P_{п}$ та фронт пожежі – $\Phi_{п}$, визначають, використовуючи формули для розрахунку площі, периметра та фронту для круга, сектора круга і прямокутника за формулами, що наведені в табл. 3.

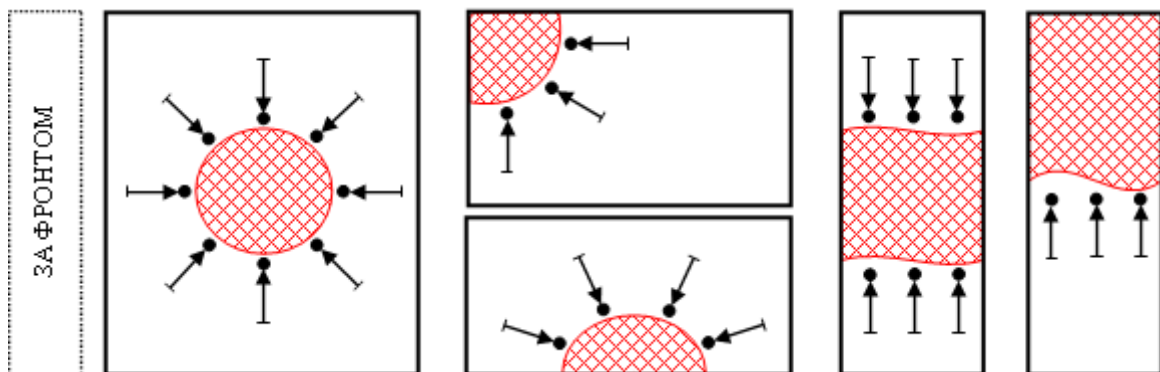
Таблиця 3 – Визначення основних геометричних параметрів пожежі

Параметр, що визначається	Форма пожежі (розрахункова схема згідно геометричних фігур)		
	кругова	сектор круга	прямокутна
Площа пожежі	$S_{\text{п}} = \pi R_{\text{п}}^2, \text{ м}^2$	$S_{\text{п}} = 0,5\alpha R_{\text{п}}^2, \text{ м}^2$	$S_{\text{п}} = ab, \text{ м}^2$
Периметр пожежі	$P_{\text{п}} = 2\pi R_{\text{п}}, \text{ м}$	$P_{\text{п}} = R_{\text{п}}(2 + \alpha), \text{ м}$	$P_{\text{п}} = 2(a + b), \text{ м}$
Фронт пожежі	$\Phi_{\text{п}} = 2\pi R_{\text{п}}, \text{ м}$	$\Phi_{\text{п}} = \alpha R_{\text{п}}, \text{ м}$	$\Phi_{\text{п}} = na, \text{ м}$

Примітка: $R_{\text{п}}$ – довжина (радіус) розвитку пожежі, м; α – кут, з яким поширюється пожежа, рад (1 рад $\approx 57^\circ$); a, b – лінійні розміри прямокутної форми, м, при чому $b = nR_{\text{п}}$; n – кількість напрямків розвитку пожежі.

3. Визначають принцип введення сил та засобів, за фронтом або периметром.

На рис. 2 наведені принципові схеми розставлення (введення) сил та засобів, залежно від форми площі пожежі (кутової – від 1° до 360° , кругової, прямокутної), що розповсюджуються в будинках і спорудах, на відкритих складах та ін. за різних напрямків поширення вогню в горизонтальних площинах.



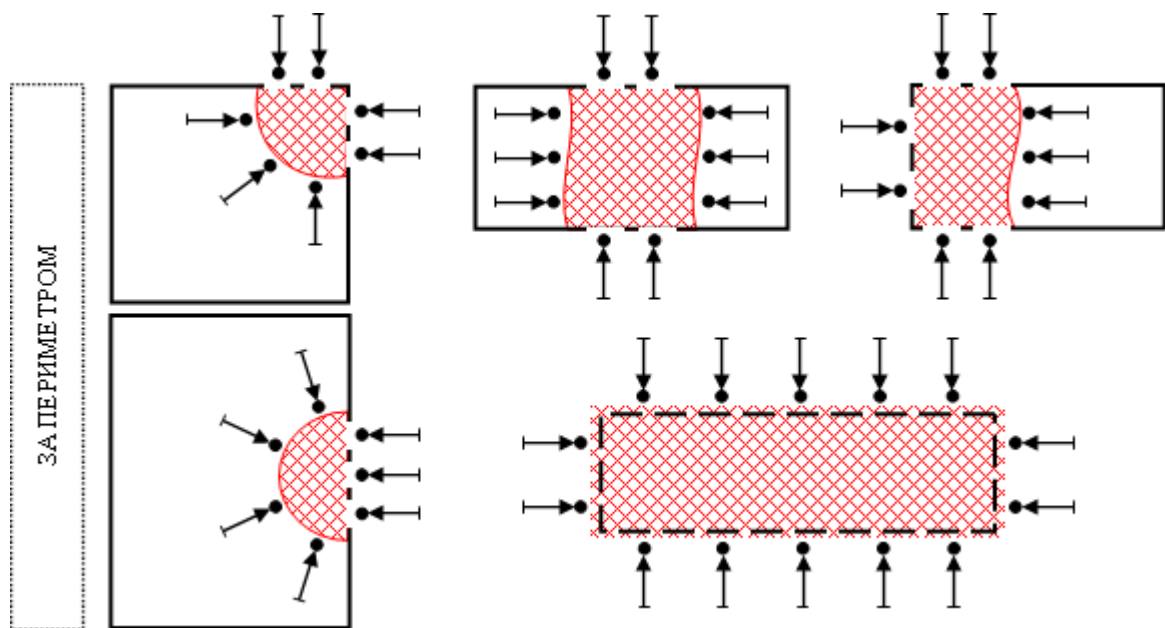


Рис. 2. Принципові схеми розстановки (введення) сил та засобів у будівлях та спорудах, залежно від форми площі пожеж

Розставлення сил та засобів під час пожеж, що розповсюджуються на відкритій місцевості (лісові, торф'яні, степові, хліба на корені тощо) наведено на рис. 3.

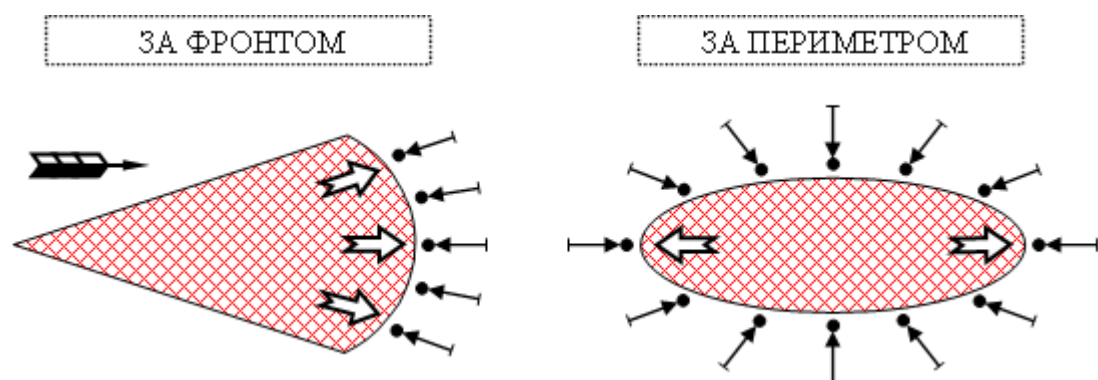


Рис. 3. Принципові схеми розстановки (введення) сил та засобів на відкритій місцевості, залежно від форми площі пожеж

Залежно від прийнятого напрямку (обраного принципу) введення і розстановки сил та засобів, гасіння пожежі у даний момент може здійснюватись

по всій площі пожежі або тільки на її частині, а під час гасіння об'ємним способом – шляхом заповнення об'єму, де відбувається горіння, вогнегасними речовинами (засобами).

4. Визначають основний розрахунковий параметр гасіння пожежі $S_{гас}$.

Одним з основних параметрів під час розрахунку сил та засобів є **площа гасіння** яка може бути менша або дорівнювати площі пожежі ($S_r \leq S_p$).

Якщо площа пожежі порівняно невелика і на момент введення сил та засобів на гасіння є можливість подавати вогнегасну речовину з нормативною інтенсивністю їх подавання на всю площу пожежі одночасно, то розрахунок сил та засобів здійснюють за площею пожежі, яка дорівнює у цей момент площі гасіння ($S_r = S_p$).

Коли на момент введення сил та засобів пожежогасіння площа пожежі порівняно велика і неможливо подавати вогнегасні речовини на всю її площу одночасно ($S_r \leq S_p$), або для цього недостатньо сил та засобів, що прибули на пожежу, то сили та засоби зосереджують і вводять за периметром або фронтом для локалізації пожежі та подальшого поетапного її гасіння за всією площею. У цих випадках розрахунок сил та засобів здійснюють тільки за площею гасіння пожежі на першому етапі, яка розташована вглибину всієї площі пожежі від її периметра або фронту, на якому вводяться сили та засоби.

Площа гасіння (S_r) – це вся або частина площі пожежі, на яку в певний момент часу подається вогнегасна речовина. Площа гасіння залежить, головним чином, від глибини подавання вогнегасної речовини на площу горіння з ручних і лафетних стволів, що подаються за фронтом або периметром пожежі (рис. 4). Практикою встановлено, що під час гасіння пожеж водою та розчинами піноутворювача, що подаються з пожежних стволів, робоча частина струменю, тобто глибина гасіння (h_r) складає:

для ручних стволів "Б" ($h_r = 5$ м);

для ручних стволів "А" ($h_r = 7$ м);

для лафетних ($h_r = 10$ м).

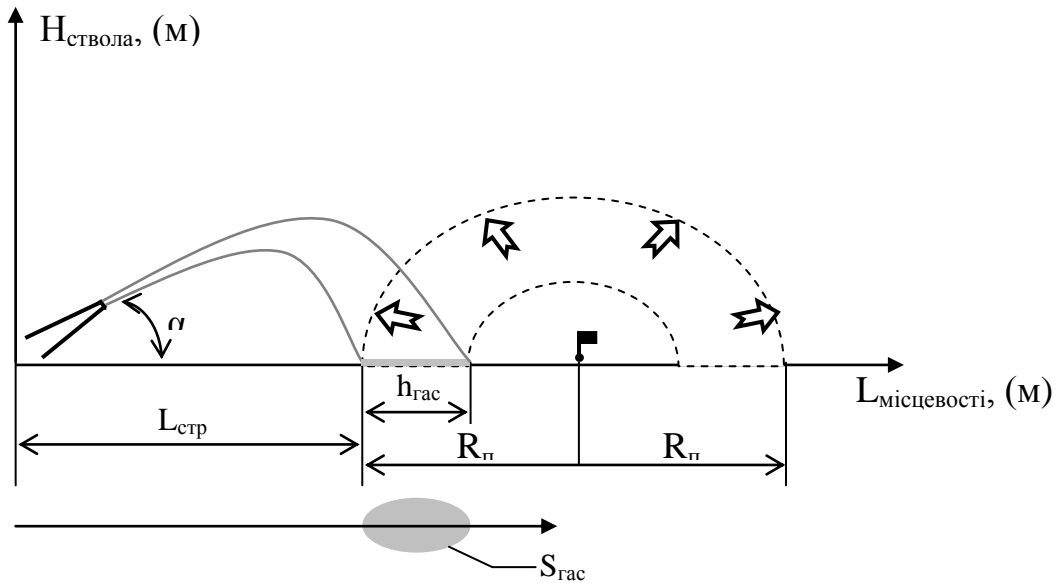


Рис. 4. Графічна ілюстрація впливу глибини гасіння стволів:

$H_{\text{стволола}}$ – оптимальна висота підйому ствола, м (від 1 до 1,5 м); $L_{\text{місцевості}}$ – відстань на місцевості, м; α – оптимальний кут нахилу ствола (до 30°); $L_{\text{стр}}$ – довжина струменя, м; $h_{\text{гас}}$ – глибина гасіння ствола, м; $R_{\text{п}}$ – радіус (довжина) розвитку пожежі, м; $S_{\text{гас}}$ – площа гасіння, м^2

Порівнюючи глибину гасіння стволів (h_r), що подають на гасіння, та радіус (довжину) поширення вогню ($R_{\text{п}}$), що визначається за формулами табл. 3, за різноманітних форм розвитку пожежі легко встановити: якщо сили та засоби вводять за фронтом пожежі ($\Phi_{\text{п}}$ – це вся або частина периметру пожежі, на якій найбільш інтенсивно поширюється вогонь), то радіус (довжина) поширення вогню під час кутової (кругової) форми розвитку пожежі менший або дорівнює глибині гасіння ($R_{\text{п}} \leq h_r$), а під час прямокутного розвитку $R_{\text{п}} \leq nh_r$, де n – кількість сторін поширення вогню, площа гасіння буде дорівнювати площі пожежі ($S_r = S_{\text{п}}$) і визначається за формулами табл. 4.

У тих випадках, коли радіус (довжина) поширення вогню перевищує глибину гасіння стволів ($R_{\text{п}} > h_r$), площу гасіння для різних форм розвитку

пожеж в огорожах та на відкритих площах визначають за формулами, наведеними у табл. 4, а схеми подавання стволів вказані на рис. 5, 6.

Таблиця 4 – Формули визначення площі гасіння

Форми розвитку пожежі	Принцип введення сил та засобів			
	за фронтом пожежі		за периметром пожежі	
	Умови гасіння	Площа гасіння (S_r , m^2)	Умови гасіння	Площа гасіння (S_r , m^2)
для кутової (кругової) форми розвитку пожежі від 1° до 360° (рис.5.5)				
кут $1^\circ-179^\circ$	$R_n > h_r$	$S_r = 0,5\alpha (R_n^2 - r^2)$	$R_n > h_r$	$S_r = 0,5\alpha (R_n^2 - r^2) + h(2R_n - 3h_r)$
кут 90°		$S_r = 0,25\pi (R_n^2 - r^2)$		$S_r = 0,25\pi (R_n^2 - r^2) + h(2R_n - 3h_r)$
кут 180°		$S_r = 0,5\pi (R_n^2 - r^2)$		$S_r = 0,5\pi (R_n^2 - r^2) + h(2R_n - 3h_r)$
кут $181^\circ-270^\circ$		$S_r = 0,5\alpha (R_n^2 - r^2)$		$S_r = 0,5\alpha (R_n^2 - r^2) + 2h(R_n - h_r)$
кут 270°		$S_r = 0,75\pi (R_n^2 - r^2)$		$S_r = 0,75\pi (R_n^2 - r^2) + 2h(R_n - h_r)$
кут * $271^\circ-360^\circ$ (кругова)		$S_r = \pi (R_n^2 - r^2)$		$S_r = \pi (R_n^2 - r^2)$
для прямокутної форми розвитку пожежі (рис.5.6)				
прямокутна	$v > nh_r$	$S_r = nah$	$v > nh_r$	$S_r = ab - a_1b_1$, де $a_1 = a - 2h_r$, $b_1 = b - 2h_r$, тобто $S_r = 2h_r(a + b - 2h_r)$

Примітка: α – кут, з яким поширюється пожежа у рад ($1 \text{ рад} \approx 57^\circ$); r – внутрішній радіус (рис. 6) приймається, як ($r = R - h_r$); n – кількість напрямків введення приладів гасіння; v – довжина розвитку пожежі (для прямокутної форми) у метрах, a – ширина приміщення у метрах.

*Якщо кут розвитку пожежі в межах $271^\circ-360^\circ$, то розрахунок ведеться як для кругової форми за усім периметром.

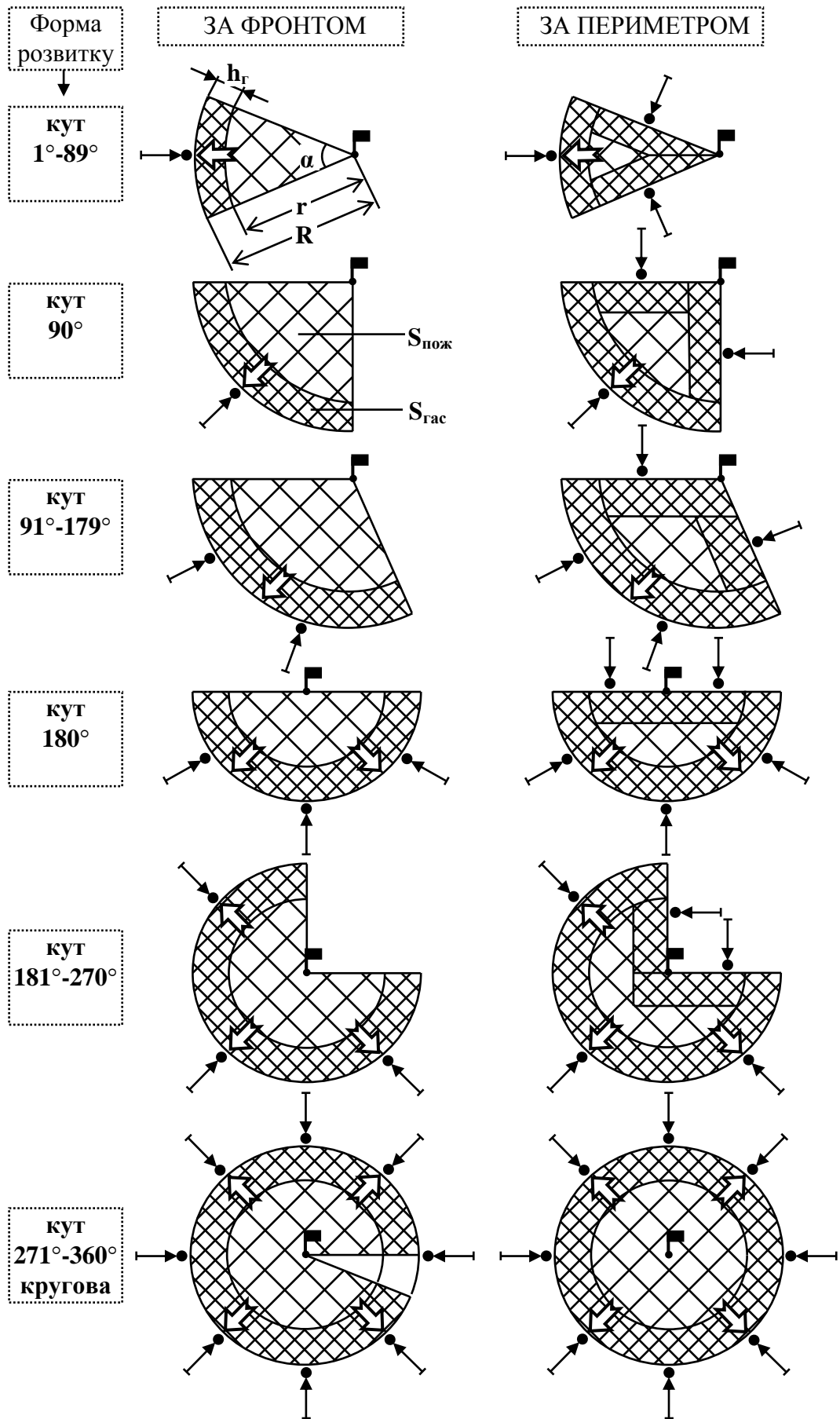


Рис. 5. Розрахункові схеми площі гасіння для кутової форми залежно від принципів введення сил та засобів (за фронтом, за периметром)

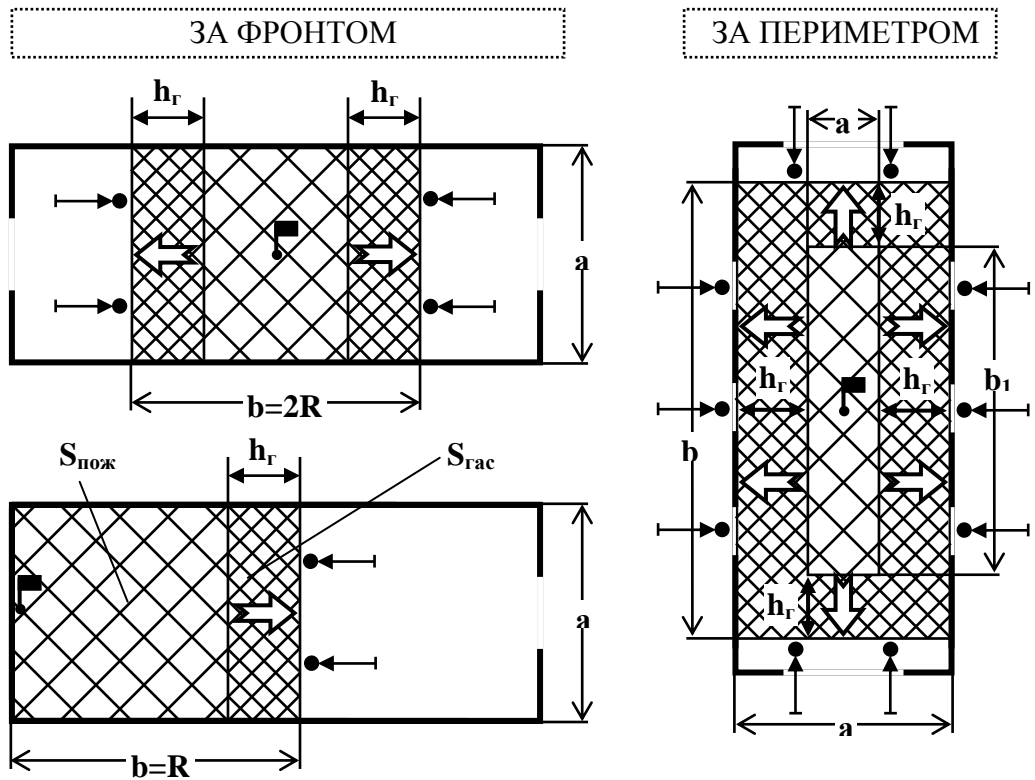


Рис. 6. Розрахункові схеми площі гасіння для прямокутної форми залежно від принципів введення сил та засобів (за периметром, за фронтом)

Залежно від характеристики будівлі (об'ємно-планувальних та конструктивних рішень) або обставин на пожежі, площа гасіння може визначатися не за всім периметром пожежі а тільки її частини (рис.7). Загальна площа гасіння ($S_{гас}^{заг}$) у цих випадках буде складатися із суми окремих площ $S_{гас}^1$, $S_{гас}^2$, $S_{гас}^3$, ..., $S_{гас}^n$.

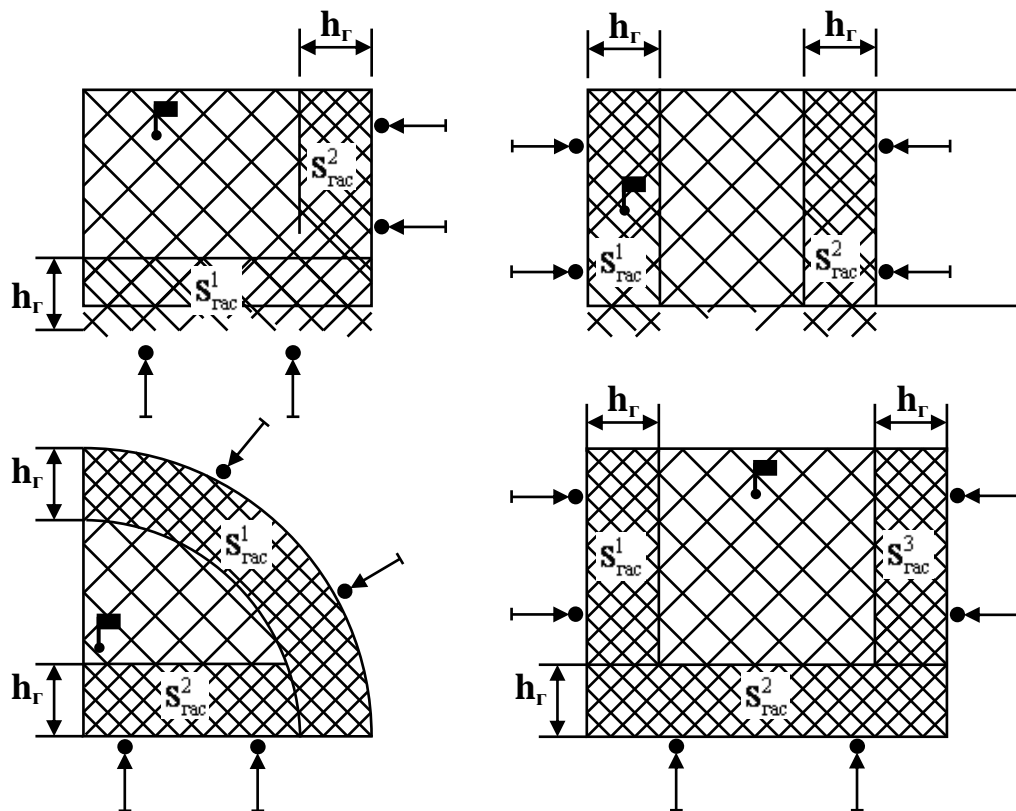


Рис. 7. Можливі розрахункові схеми площі гасіння залежно від характеристики будівлі або обставин на пожежі

5. Визначають потрібну витрату вогнегасних речовин на гасіння пожежі, захист сусідніх приміщень, частин будівлі, конструкцій, апаратів та сусідніх об'єктів яка залежить від параметрів розвитку та гасіння пожежі.

Потрібну витрату ВГР для гасіння (локалізації) пожежі визначають за формулою:

$$Q_{\text{потр}}^{\text{гас}} = \Pi_{\text{гас}} I_{\text{потр}}^{\text{гас}}, \quad (4)$$

де $Q_{\text{потр}}^{\text{гас}}$ – потрібна витрата ВГР на гасіння пожежі, л/с, кг/с, м³/хв; $\Pi_{\text{гас}}$ – розрахунковий параметр гасіння пожежі (площа пожежі – $S_{\text{п}}$, м²; площа гасіння – $S_{\text{гас}}$, м²; об'єм гасіння – $V_{\text{гас}}$, м³; периметр або фронт гасіння – $P_{\text{гас}}$, $\Phi_{\text{гас}}$, м); $I_{\text{потр}}^{\text{гас}}$ – потрібна інтенсивність подавання ВГР для гасіння пожежі (для площі гасіння, поверхова – $I_{\text{с}}^{\text{гас}}$, л/(м²·с), кг/(м²·с); для об'єму, де відбувається горін-

ня, об'ємна – $I_V^{\text{гас}}$, кг/(м³·с), м³/(м³·хв) та для периметра (фронту) гасіння, лінійна – $I_{P(\Phi)}^{\text{гас}}$, л/(м·с)).

Потрібну витрату вогнегасної речовини для захисту визначають за формулою:

$$Q_{\text{потр}}^{\text{зах}} = P_{\text{зах}} I_{\text{потр}}^{\text{зах}}, \quad (5)$$

де $Q_{\text{потр}}^{\text{зах}}$ – потрібна витрата ВГР для захисту л/с; $P_{\text{зах}}$ – параметр захисту (площа – $S_{\text{зах}}$, м²; периметр, фронт – $P_{\text{зах}}$, $\Phi_{\text{зах}}$, м); $I_{\text{потр}}^{\text{зах}}$ – потрібна інтенсивність для захисту (для площі, що захищається, поверхнева – $I_S^{\text{зах}}$, л/(м²·с); для периметра або фронту, лінійна – $I_{P(\Phi)}^{\text{зах}}$ л/(м·с)).

У деяких випадках під час поверхневого горіння на великих площах, за відсутності відповідних даних, інтенсивність подавання вогнегасної речовини на захист приймають як $I_{\text{потр}}^{\text{зах}} = (0,25 \div 0,30) I_{\text{потр}}^{\text{гас}}$.

Іноді необхідна витрата води на захист визначається за кількістю засобів подавання вогнегасної речовини (стволів), прийнятою з тактичних міркувань та вимог Статуту, інструкцій, рекомендацій.

Загальну потрібну витрату ВГР визначають як суму з потрібних витрат на гасіння та захист:

$$Q_{\text{потр}}^{\text{заг}} = Q_{\text{потр}}^{\text{гас}} + Q_{\text{потр}}^{\text{зах}}. \quad (6)$$

Під час гасіння (локалізації) об'ємним способом повітряно-механічною піною (ПМП) середньої та високої кратності потрібна її витрата для заповнення об'єму, де відбувається горіння, визначається за формулою:

$$Q_{\text{потр}}^{\text{ПМП}} = V_{\text{гас}} K_{\text{зап}} / \tau_p, \quad (7)$$

де $Q_{\text{потр}}^{\text{ПМП}}$ – потрібна витрата піни, $\text{м}^3/\text{хв}$; $V_{\text{гас}}$ – об'єм приміщення в якому відбувається горіння, м^3 ; $K_{\text{зап}}$ – коефіцієнт заповнення об'єму в якому відбувається горіння, що враховує руйнування піни ($K = 2,5 \dots 3,5$, залежно від умов гасіння); τ_p – розрахунковий час гасіння повітряно-механічною піною.

6. Визначають кількість приладів подавання вогнегасних речовин (водяних, пінних, порошкових стволів, піногенераторів тощо) для гасіння та захисту за формулами:

$$N_{\text{пр}}^{\text{гас}} = Q_{\text{потр}}^{\text{гас}} / Q_{\text{пр}} ; \quad (8)$$

$$N_{\text{пр}}^{\text{зах}} = Q_{\text{потр}}^{\text{зах}} / Q_{\text{пр}} , \quad (9)$$

де $N_{\text{пр}}^{\text{гас}}$, $N_{\text{пр}}^{\text{зах}}$ – потрібна кількість приладів подавання вогнегасної речовини для гасіння та захисту, шт; $Q_{\text{потр}}^{\text{гас}}$ – потрібна витрата вогнегасної речовини на гасіння пожежі, л/с, кг/с, $\text{м}^3/\text{хв}$; $Q_{\text{потр}}^{\text{зах}}$ – потрібна витрата вогнегасної речовини для захисту, л/с; $Q_{\text{пр}}$ – витрата з одного засобу (води, розчину піноутворювача, піни, порошку та ін.), л/с, кг/с, $\text{м}^3/\text{хв}$.

Загальну кількість засобів подавання вогнегасної речовини для гасіння та захисту визначають за формулою

$$N_{\text{пр}}^{\text{заг}} = N_{\text{пр}}^{\text{гас}} + N_{\text{пр}}^{\text{зах}} , \quad (10)$$

де $N_{\text{пр}}^{\text{заг}}$ – загальна кількість засобів для гасіння та захисту, шт.

Значення загальної кількості засобів подавання вогнегасної речовини вказують, якщо вони однакові за характеристиками. Наприклад, якщо на гасіння та захист подаються стволи РСК-50 або РС-70.

Якщо на гасіння та захист подають стволи різних типів, то значення загальної їх кількості розділяють. Наприклад, визначають загальну кількість

стволів на гасіння та захист РС-70, загальна кількість стволів на гасіння та захист РСК-50.

Під час гасіння (локалізації) пожеж об'ємним способом піною середньої кратності *кількість генераторів подавання піни (ГПС)* визначають за формулою

$$N_{\text{ГПС}}^{\text{гас}} = Q_{\text{потр}}^{\text{ПМП}} / Q_{\text{ГПС}}; \quad (11)$$

де $N_{\text{ГПС}}^{\text{гас}}$ – кількість генераторів подавання піни (ГПС–2000, ГПС–600, ГПС–200, ПУРГА тощо), шт; $Q_{\text{потр}}^{\text{ПМП}}$ – потрібна витрата піни, м³/хв; $Q_{\text{ГПС}}$ – витрата піни з одного ГПС, м³/хв.

В цілому формула має такий вигляд:

$$N_{\text{ГПС}}^{\text{гас}} = V_{\text{гас}} K_{\text{зап}} / Q_{\text{ГПС}} \tau_p, \quad \text{шт}, \quad (12)$$

де $V_{\text{гас}}$ – об'єм приміщення в якому відбувається горіння, м³; $K_{\text{зап}}$ – коефіцієнт, що враховує руйнування піни (приймають у межах 2,5...3,5); $Q_{\text{ГПС}}$ – витрата піни з одного ГПС, м³/хв; τ_p – розрахунковий час гасіння піною (приймають у межах 10÷15 хв).

Розраховану кількість засобів подавання вогнегасної речовини (стволів, генераторів) завжди округляють у більший бік до цілого числа

7. Визначають фактичну витрату вогнегасних речовин, яка залежить від ТТХ засобів подавання вогнегасної речовини та характеризує оперативні дії підрозділів з гасіння пожежі.

Фактичну витрату вогнегасної речовини для гасіння та захисту визначають за формулами

$$Q_{\text{фак}}^{\text{гас}} = N_{\text{пр}}^{\text{гас}} Q_{\text{пр}}; \quad (13)$$

$$Q_{\text{фак}}^{\text{зах}} = N_{\text{пр}}^{\text{зах}} Q_{\text{пр}}, \quad (14)$$

де $Q_{\text{фак}}^{\text{гас}}$, $Q_{\text{фак}}^{\text{зах}}$ – фактична витрата вогнегасної речовини для гасіння та захисту відповідно, л/с; $N_{\text{пр}}^{\text{гас}}$, $N_{\text{пр}}^{\text{зах}}$ - кількість засобів, що подаються для гасіння та захисту, шт; $Q_{\text{пр}}$ - витрата ВГР з одного засобу, л/с, кг/с, м³/хв.

Загальну фактичну витрату ВГР визначають за формулою

$$Q_{\text{фак}}^{\text{заг}} = Q_{\text{фак}}^{\text{гас}} + Q_{\text{фак}}^{\text{зах}}. \quad (15)$$

Отримане значення загальної фактичної витрати ВГР порівнюють із загальною потрібною витратою ВГР, у цьому разі повинна здійснюватися головна умова локалізації пожежі, щоб $Q_{\text{фак}}^{\text{заг}} \geq Q_{\text{потр}}^{\text{заг}}$.

8. Визначають запас вогнегасних речовин необхідних на увесь період припинення горіння та захисту об'єктів, що не горять, з урахуванням запасу (резерву), тобто виконують перевірку *забезпеченості об'єкта вогнегасними речовинами та їх необхідної кількості в цілому.*

Якщо під час гасіння пожеж використовують водопровідну мережу, то необхідно встановити водовіддачу ділянки водопровідної мережі $Q_{\text{мережі}}$ (залежить від виду мережі – кільцева або тупикова ("К" або "Т"), діаметра водопровідних труб (мм), тиску в мережі (м вод. ст.)) і порівняти її з $Q_{\text{фак}}^{\text{заг}}$. Водовіддача мережі повинна бути більшою від фактичної витрати води на гасіння та захист ($Q_{\text{мережі}}^{\text{заг}} \geq Q_{\text{фак}}^{\text{заг}}$). У такому випадку вважають об'єкт забезпеченим водою для гасіння пожеж за умови, що кількість пожежних гідрантів (ПГ) на цій ділянці водопроводу дорівнює або більше розрахованої кількості пожежно-рятувальних автомобілів, які необхідно встановити на ПГ ($N_{\text{ПГ}} \geq N_{\text{АЦ}}$), для забезпечення подавання води до всіх засобів гасіння ($N_{\text{пр}}^{\text{заг}}$) згідно схем оперативного розгортання.

У випадках невиконання умов забезпеченості, необхідно підвищити

тиск у водопровідній мережі, або доставляти воду до місця пожежі з інших джерел водопостачання.

Якщо об'єкти розташовуються на берегах річок, озер або великих водосховищ та водоймищ і на них обладнано достатню кількість місць для установки та забору води пожежно-рятувальними автомобілями, то вважають, що об'єкти повністю забезпечені запасом води для гасіння пожеж.

Крім цього, необхідно оцінити запаси води у пожежних водоймах для гасіння пожеж. У разі використання пожежних водойм має виконуватись умова: $0,9V_{\text{водиома}} \geq V_{\text{води}}^{\text{заг}}$, де $V_{\text{води}}^{\text{заг}}$ – кількість води, необхідної для усього процесу гасіння пожежі, м^3 ; $V_{\text{водиома}}$ – об'єм води у водоймі, м^3 (у цьому разі коефіцієнт 0,9 враховує неможливість використання усієї води з водоймища).

Загальну кількість води, необхідної для усього періоду гасіння пожежі визначають за формулою:

$$V_{\text{води}}^{\text{заг}} = V_{\text{води}}^{\text{гас}} + V_{\text{води}}^{\text{зах}} = (Q_{\text{фак}}^{\text{гас}} \tau_p 60 + Q_{\text{фак}}^{\text{зах}} \tau_p 60) K_3, \quad (16)$$

де $V_{\text{води}}^{\text{заг}}$ – загальна кількість води, л; $Q_{\text{фак}}^{\text{гас}}$, $Q_{\text{фак}}^{\text{зах}}$ – фактична витрата вогнегасної речовини для гасіння та захисту відповідно, л/с; τ_p – розрахунковий час гасіння пожежі та захисту на різноманітних об'єктах, хв.; K_3 – коефіцієнт запасу вогнегасної речовини.

Якщо для гасіння пожеж, крім води, необхідно застосувати й інші спеціальні ВГР, то забезпеченість об'єкту ними визначають за формулою:

$$V_{\text{ВГР}} = N_{\text{пр}}^{\text{гас}} Q_{\text{пр}} \tau_p 60 K_3, \quad (17)$$

де $V_{\text{ВГР}}$ – потрібна кількість вогнегасної речовини (піноутворювача, вогнегасного порошку, діоксиду вуглецю тощо), л, кг, м^3 ; $N_{\text{пр}}^{\text{гас}}$ – кількість засобів подавання вогнегасної речовини (пінні, порошкові, вуглекислотні стволи тощо)

для гасіння, шт.; $Q_{\text{пр}}$ – витрата вогнегасної речовини з одного засобу, л/с, кг/с, м³/хв, залежно від ТТХ засобу; τ_p – розрахунковий (нормативний) час гасіння, хв; K_3 – коефіцієнт запасу вогнегасної речовини.

9. Визначають потрібну кількість основних пожежно-рятувальних автомобілів (ПА). Під час визначення кількості основних ПА загального призначення, які необхідно встановити на джерела водопостачання для забезпечення роботи засобів подавання вогнегасної речовини вважають, що насоси цих автомобілів працюватимуть на повну потужність. Використання насосних установок ПА на повну їх тактичну можливість дозволяє зменшити обсяг робіт особового складу з оперативного розгортання та в найкоротший час подати вогнегасну речовину в осередок пожежі. В цих умовах від одного ПА, що встановлений на найближче джерело водопостачання, доцільно проводити оперативне розгортання та подавати вогнегасні засоби декількома пожежно-рятувальними підрозділами, відділеннями. *Кількість основних ПА (АЦ, АНР) загального призначення визначають за формулою:*

$$N_{\text{АЦ(АНР)}}^{\text{заг}} = Q_{\text{фак}}^{\text{заг}} / Q_{\text{н}}^{\text{сх}}, \text{ або} \quad (18)$$

$$N_{\text{АЦ(АНР)}}^{\text{заг}} = N_{\text{пр}}^{\text{заг}} / N_{\text{пр}}^{\text{сх}}, \quad (19)$$

де $N_{\text{АЦ(АНР)}}^{\text{заг}}$ – потрібна кількість ПА загального призначення, які необхідно встановити на джерела водопостачання, шт; $Q_{\text{фак}}^{\text{заг}}$ – загальна фактична витрата вогнегасної речовини (води, водного розчину), л/с; $Q_{\text{н}}^{\text{сх}}$ – витрата води насосом ПА (в межах $0,8Q_{\text{н}}$) за обраною схемою оперативного розгортання, л/с; $N_{\text{пр}}^{\text{заг}}$ – загальна кількість засобів подавання вогнегасної речовини; $N_{\text{пр}}^{\text{сх}}$ – кількість еквівалентних за типом засобів подавання вогнегасної речовини, шт, за обраною схемою оперативного розгортання.

Найбільш розповсюджені схеми використання насоса на повну потужність (рис. 8): під час подавання шести стволів РСК–50 та тиску води біля

ствола 40 м, $Q_H^{cx} = 22,2$ л/с (рис. 8 а); під час подавання двох стволів РС–70 і чотирьох стволів РСК–50 та тиску води біля ствола 40 м, $Q_H^{cx} = 29,6$ л/с (рис. 8 б); для схеми яка забезпечує подавання чотирьох ГПС–600, якщо тиск розчину біля них 60 м вод. ст., витрата розчину $Q_H^{cx} = 24$ л/с (рис. 8 в). Тобто, витрати води (водного розчину) за обраною схемою подавання її від ПА визначають як сумарну витрату води (водного розчину) з засобів подавання вогнегасної речовини:

$$Q_H^{cx} = N_{пр}^{cx} Q_{пр}, \quad (20)$$

де $N_{пр}^{cx}$ - загальна кількість засобів подавання вогнегасної речовини, шт; $Q_{пр}$ - витрата води (водного розчину) з засобу подавання вогнегасної речовини, л/с, залежно від їх типу та напору біля засобів (ТТХ засобів).

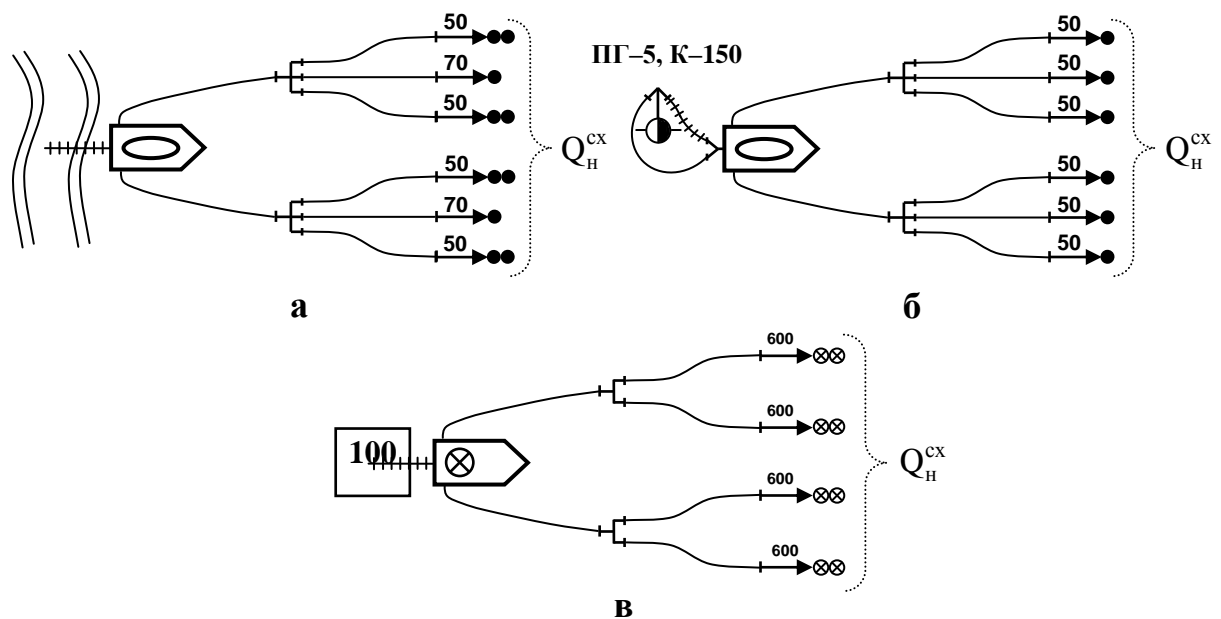


Рис. 8. Найбільш розповсюджені схеми оперативного розгортання з використанням насосу ПА на повну потужність: а, б – під час подавання води з ручних пожежних стволів РС–70, РСК–50; в – під час подавання піни з генераторів ГПС–600

Кількість основних ПА цільового призначення, що вивозять для гасіння спеціальні вогнегасні речовини (СВГР), таких як пінного (АПГ), порошкового (АП), вуглекислотного (АВГ), комбінованого гасіння (АКГ) та інших, необхідних для гасіння пожеж, визначають за формулою:

$$N_{\text{ПА}}^{\text{цїл}} = V_{\text{СВГР}}^{\text{потр}} / V_{\text{СВГР}}^{\text{зап}}, \quad (21)$$

де $N_{\text{ПА}}^{\text{цїл}}$ – кількість основних ПА цільового призначення, шт; $V_{\text{СВГР}}^{\text{потр}}$ – потрібний запас СВГР для гасіння пожежі, л, кг, м³; $V_{\text{СВГР}}^{\text{зап}}$ – кількість (запас) СВГР в заправній ємності основного ПА цільового призначення, л, кг, м³.

Кількість ПА цільового призначення визначають окремо за призначенням, залежно від виду СВГР (вогнегасного порошку, піноутворювача, газових вогнегасних речовин тощо).

10. Визначають граничну відстань подавання вогнегасних речовин від ПА, устанавленого на джерело водопостачання, до позиції засобів подавання вогнегасної речовини, яка залежить від напору на насосі, підйому або спуску місцевості на шляхах прокладання магістральних ліній, підйому або спуску та напору біля засобів подавання вогнегасної речовини, типу пожежних рукавів та обраної схеми оперативного розгортання.

Після визначення схеми оперативного розгортання (рис. 9) необхідно перевірити можливість подавання води по ній до місця пожежі.

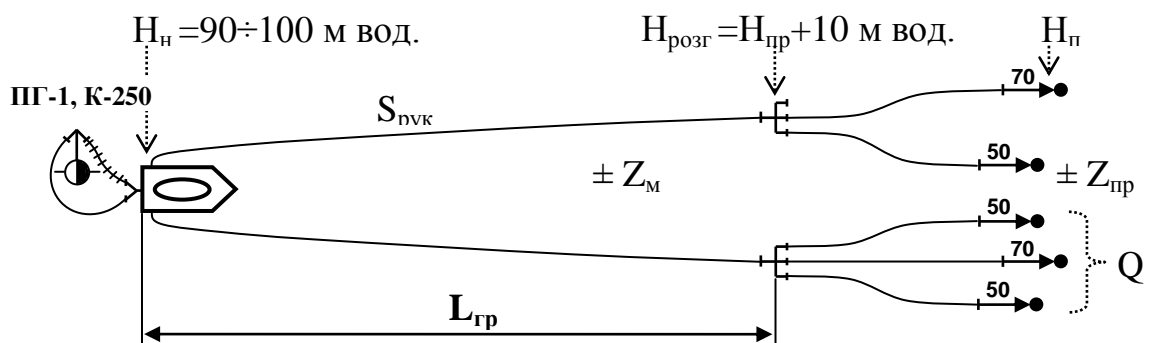


Рис. 9. Схема оперативного розгортання для визначення граничної відстані подавання водяних (ручних) стволів на гасіння пожежі

Для цього визначають *граничну відстань в рукавах* за формулою:

$$N_{\text{гр}}^{\text{рук}} = [H_{\text{н}} - (H_{\text{пр}} \pm Z_{\text{м}} \pm Z_{\text{пр}})] / (S_{\text{рук}} Q^2), \quad (22)$$

де $N_{\text{гр}}^{\text{рук}}$ – гранична відстань від ПА встановленого на джерело водопостачання в рукавах, шт; $H_{\text{н}}$ – максимальний робочий напір на насосі ПА (приймають у межах 90...100 м), м вод. ст.; $H_{\text{пр}}$ – напір біля засобу подавання вогнегасної речовини, м вод. ст., (якщо стволи подають через розгалуження, доцільно в цих випадках приймати замість $H_{\text{пр}}$ напір біля розгалуження ($H_{\text{розг}}$), який дорівнює $H_{\text{розг}} = H_{\text{пр}} + 10$ м вод. ст.); $Z_{\text{м}}$, $Z_{\text{пр}}$ – найбільша висота підйому (+), або спуску (–) відповідно місцевості та засобів подавання вогнегасної речовини на місці пожежі, м; $S_{\text{рук}}$ – гідравлічний опір одного пожежного рукава довжиною 20 м; Q – витрата ВГР, що подається однією магістральною лінією, л/с (якщо від одного ПА прокладено дві магістральні лінії, то приймають витрату за однією найбільш завантаженою лінією (рис. 9), а коли ВГР подають до одного лафетного ствола двома рукавними лініями (рис. 10), то в розрахунок беруть половину витрати ВГР від нього, тобто $Q_{\text{Лаф}}/2$).

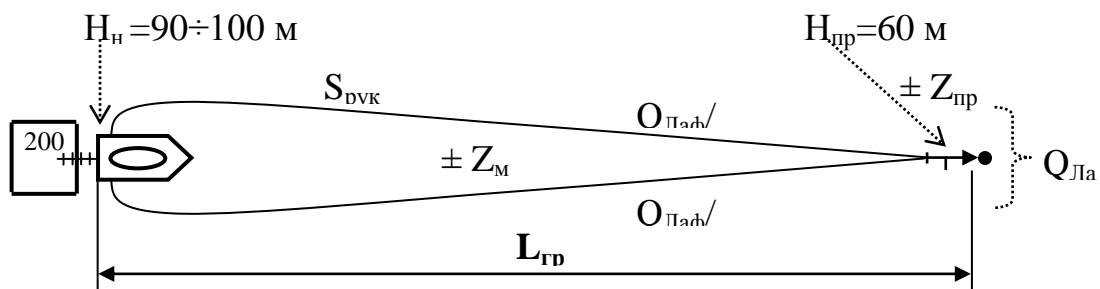


Рис. 10. Схема оперативного розгортання для визначення граничної відстані подавання лафетного ствола на гасіння пожежі

Граничну відстань подавання вогнегасних речовин по місцевості визначають за формулою:

$$L_{гр}^{місц} = N_{гр}^{рук} 20/1,2, \quad (23)$$

де, $L_{гр}^{місц}$ – гранична відстань подавання вогнегасної речовини, м; $N_{гр}^{рук}$ – гранична відстань від ПА встановленого на джерело водопостачання, виражена в рукавах, шт; 20 – довжина одного напірного пожежного рукава, м; 1,2 – коефіцієнт, що враховує нерівність місцевості та прокладання рукавних ліній.

Граничну відстань, яка одержана розрахунковим шляхом, порівнюють з фактичною відстанню від джерела водопостачання до місця пожежі ($L_{фак}$) і оцінюють можливість подавання вогнегасної речовини за обраною схемою оперативного розгортання. Якщо $L_{гр} \geq L_{фак}$, прийнята схема оперативного розгортання забезпечить безперебійне подавання вогнегасної речовини, а якщо $L_{гр} < L_{фак}$, то за цією схемою забезпечити подавання вогнегасної речовини на гасіння неможливо. В останньому випадку необхідно застосувати іншу схему оперативного розгортання, зменшити кількість засобів подавання вогнегасної речовини або використовувати засоби подавання (стволи, генератори) з меншими витратами, організувати перекачування або підвіз води.

Якщо обрана схема оперативного розгортання складалася з однієї магістральної лінії, то за наявності пожежних рукавів доцільно не змінювати кількість передбачених засобів подавання вогнегасної речовини, а забезпечити їх роботу шляхом подавання води по двох магістральних рукавних лініях. В цих умовах $L_{гр}$ можна збільшити до 4-х разів. Якщо $L_{гр}$, яку отримано шляхом розрахунку, суттєво перевищує $L_{фак}$, то доцільно понизити напір на насосі ПА.

Робочий напір насосі можна визначити за формулою:

$$H_n = N_{\text{рмл}} S_{\text{рук}} Q^2 + H_{\text{пр}} \pm Z_M \pm Z_{\text{пр}}, \quad (24)$$

де H_n – робочий напір на насосі ПА, м вод. ст. (приймають 90...100); $N_{\text{рмл}}$ – кількість пожежних рукавів в одній магістральній рукавній лінії, шт; $S_{\text{рук}}$ – гідравлічний опір одного пожежного рукава довжиною 20 м; Q – загальна витрата води із однієї магістральної рукавної лінії, л/с; $H_{\text{пр}}$ – робочий напір вогнегасної речовини біля засобів подавання, м (у разі подавання засобів гасіння від розгалуження магістральної лінії напір приймають у розгалуження $H_{\text{розг}} = H_{\text{пр}} + 10$ м вод. ст.; $Z_M, Z_{\text{пр}}$ - найбільша висота підйому (+) або спуску (-) відповідно місцевості та засобів подавання вогнегасної речовини на місці пожежі, м.

11. Визначають кількість пожежних рукавів для магістральних рукавних ліній з урахуванням резерву за формулою:

$$N_{\text{рмл}} = (L_M 1,2/20)n_{\text{мл}} + (L_M 1,2/100)n_{\text{мл}}, \quad (25)$$

де $N_{\text{рмл}}$ – загальна кількість пожежних рукавів для магістральних ліній, шт; $n_{\text{мл}}$ – кількість магістральних рукавних ліній однакової довжини, шт; L_M – загальна відстань від джерела водопостачання до місця пожежі, м; 1,2 – коефіцієнт, що враховує нерівність місцевості, тобто шляхів прокладки магістральних ліній; 20 – стандартна довжина одного рукава, м.

Визначену кількість пожежних рукавів для магістральних ліній із резервом (на кожні 100 м – один рукав) порівнюють із їх кількістю, що вивозять ПА, які прибувають на пожежу. Нерідкі випадки, коли на ПА, особливо на АЦ, що прибувають на пожежу, запасу рукавів недостатньо для прокладання магістральних ліній на граничну відстань подавання вогнегасної речовини, на яку зможе забезпечити подавання води насосна установка ПА. У цих умовах перші магістральні лінії прокладають зусиллями особового складу декі-

льких відділень і викликають на пожежу насосно-рукавні (АНР) або рукавні (АР) автомобілі.

12. Визначають чисельність особового складу пожежно-рятувальних підрозділів для виконання усіх оперативних дій на пожежі.

Загальну кількість особового складу (ОС) визначають як суму що складається з кількості осіб, що задіяні для виконання оперативних дій за всіма видами робіт з рятування людей, гасіння пожежі та проведення захисних дій від небезпечних чинників пожежі. У цьому разі враховують обстановку що може виникнути на пожежі, тактичні умови її гасіння, дії з проведення розвідки пожежі, оперативного розгортання, рятування людей, евакуації цінностей, розкриття конструкцій тощо. На підставі цих умов загальну кількість особового складу ($N_{ос.скл}$) для гасіння пожежі можна визначити за такою емпіричною формулою:

$$N_{ос.скл} = N_{ств.АБ(ГДЗС)}^{гас} 3 + 0,5N_{ГДЗС}^{рез} 3 + N_{пб.ГПДЗ} 1 + N_{ств.Б}^{гас} (1 \div 2) + N_{ств.А}^{гас} (2 \div 3) + N_{лаф}^{гас} (3 \div 4) + N_{ств.Б}^{зах} (1 \div 2) + N_{ств.А}^{зах} (2 \div 3) + N_{СПП, ГПС-600} 2 + N_{ПА} 1 + N_{в.драб} 1 + N_{зв} 1 + \dots, осіб, \quad (26)$$

де ($N_{ств.АБ(ГДЗС)}^{гас} 3$) – кількість ОС для роботи в зоні задимлення зі стволом РС–70, РСК–50 у складі ланки ГДЗС; ($0,5N_{ГДЗС}^{рез} 3$) – кількість ОС який забезпечує 50 % резерву ланок ГДЗС (наприклад, якщо на пожежі працює 4 ланки ГДЗС – в резерві приймаємо 2 ланки, якщо працює 5 ланок ГДЗС – в резерві приймаємо 3 ланки); ($N_{пб.ГДЗС} 1$) – кількість ОС для роботи на посту безпеки ГДЗС (на кожну ланку – 1 пост безпеки); ($N_{ств.Б}^{гас} (1 \div 2)$), ($N_{ств.А}^{гас} (2 \div 3)$), ($N_{ств.Б}^{зах} (1 \div 2)$), ($N_{ств.А}^{зах} (2 \div 3)$) - кількість ОС для роботи зі стволом РСК–50, відповідно РС–70 по гасінню та захисту у приміщеннях в яких немає задимлення; ($N_{лаф}^{гас} (3 \div 4)$) кількість ОС для роботи з переносним лафетним стволом ПЛСК; ($N_{СПП, ГПС-600} 2$) – кількість ОС для роботи з повітряно-пінним стволом та генератором ГПС-600; ($N_{ПА} 1$) – кількість ОС для роботи на розгалуженні;

($N_{\text{в.драб}}1$) – кількість ОС для постійного страхування висувних драбин після їх встановлення; ($N_{\text{зв}}1$) – кількість зв’язкових для КГП, НШ, НТ, НОД та ін. залежно від схеми управління гасінням пожежі.

Кількість особового складу для виконання певних видів робіт на пожежах залежно від їх масштабів у вигляді *орієнтованих нормативів* потрібної їх кількості необхідно приймати згідно з табл. 5.

Таблиця 5 – Орієнтовані нормативи кількості особового складу

Види роботи	Кількість осіб
Робота з засобами подавання вогнегасних речовин:	
зі стволом Б на рівній площині (з землі, підлоги й ін.)	1...2
зі стволом Б на покрівлі будівлі, споруди	2
зі стволом А	2...3
зі стволом А або Б в атмосфері, непридатної для дихання	3...4 (ланка ГДЗС)
з переносним лафетним стволом	3...4
з повітряно-пінним стволом СПП та генератором ГПС–600	2
з генератором піни ГПС–2000	3...4
з пінопідіймачем (робота)	2...3
з пінопідіймачем (встановлення)	5...6
Робота з пожежними драбинами:	
встановлення висувної переносної пожежної драбини	2
страхування висувної драбини після її встановлення	1
Розвідка пожежі:	
у задимленому приміщенні (окрім підземних споруд метрополітенів, шахт)	3 (ланка ГДЗС)
у великих підвалах, тунелях, метро, безліхтарних будівлях й ін.	6 (2 ланки ГДЗС)
Рятування на пожежі:	
постраждалих, важкохворих із задимлених приміщень	2
людей по пожежних драбинах та за допомогою пожежної мотузки (на ділянці рятування)	4...5
Робота на розгалуженні та контроль за рукавною системою:	
під час прокладання рукавних ліній в одному напрямку (з розрахунку на один ПА)	1
під час прокладання двох рукавних ліній у протилежних напрямках (з розрахунку на один ПА)	2
Розкривання та розбирання конструкцій:	
на позиції ствола, що працює на гасіння пожежі (окрім ствольника)	2
на позиції ствола, що працює на захист (окрім ствольника)	1...2
робота з розкривання покриття великої площі (з розрахунку на один ствол, що працює на покритті)	3...4
робота з розкривання 1 м ² – дерев’яної підлоги, перегородки, стелі,	

металевої та рулонної покрівлі покриття що горить	1
Перекачування води:	
контролювання надходження води до автоцистерни (на кожний ПА)	1
контролювання роботи рукавної системи (на 100 м системи перекачування)	1
Підвіз води:	
супровід на ПА	1
робота на пункті заправки ПА	1

Середній і старший начальницький склад пожежно-рятувальних підрозділів, а також водії ПА під час розрахунку загальної чисельності ОС не враховуються. Якщо потрібна чисельність ОС за розрахунками перевищує можливості гарнізону, то нестачу компенсують шляхом залучення до дій на пожежі добровільних пожежних формувань (МПК, ДПД, ДПК), працівників та службовців об'єктів та підприємств, військових підрозділів, працівників МВС, організованого населення та інших сил.

13. Визначають потрібну кількість пожежно-рятувальних підрозділів (відділень) основного призначення.

Кількість пожежно-рятувальних підрозділів визначають з таких умов: якщо в оперативному розрахунку гарнізону на оснащенні пожежно-рятувальних частин знаходяться переважно пожежні автоцистерни (АЦ), то середню чисельність ОС одного відділення приймають такою, що дорівнює 4 особам, а якщо на оснащенні пожежно-рятувальних частин знаходяться пожежні АЦ та АНР, то середню чисельність приймають такою, що дорівнює 5 особам. В цю кількість не включають водіїв ПА та командирів відділень.

На підставі викладеного *кількість відділень на основних ПА загального призначення* з урахуванням повного укомплектування оперативних розрахунків розраховують за формулами:

$$N_{\text{від}}^{\text{АЦ}} = N_{\text{ос.скл}} / 4; \quad (27)$$

$$N_{\text{від}}^{\text{АЦ/АНР}} = N_{\text{ос.скл}} / 5, \quad (28)$$

де $N_{\text{ос.скл}}$ – потрібна кількість ОС для виконання оперативних дій з гасіння

пожежі, осіб.

За кількістю відділень основного призначення, необхідних для гасіння пожежі, призначають *номер виклику пожежно-рятувальних підрозділів на пожежу* згідно гарнізонного розкладу.

14. Оцінюють необхідність залучення підрозділів спеціального призначення, а також допоміжної та господарської техніки, служб міста чи об'єкта, пожежних підрозділів інших міністерств, військових підрозділів, населення тощо.

Необхідність виклику, вид підрозділів та їх кількість визначають з урахуванням конкретної обстановки на пожежі, специфіки виконання оперативних дій на реальній пожежі і тактичних можливостей пожежно-рятувальних підрозділів гарнізону.

Методика спрощеного розрахунку сил та засобів

Спрощені розрахунки дають можливість у стислий час, особливо під час гасіння реальних пожеж, вирішення тактичних завдань під час тактичних занять і навчань визначити необхідні кінцеві дані. Для здійснення таких розрахунків потрібні знання з основ пожежної тактики, теорії розвитку та припинення горіння, пожежної та аварійно-рятувальної техніки, спеціального водопостачання, пожежної профілактики в населених пунктах, технологічних процесах й ін. та практичні навички з організації гасіння пожеж.

Витрати води з пожежних стволів залежно від діаметра насадку ствола та тиску, визначають наступним чином:

$$Q_{\text{пр}} = d^2 / Z, \text{ л/с}, \quad (29)$$

де $Q_{\text{пр}}$ - витрата ствола, л/с; d - діаметр насадку ствола, мм; Z - чисельний умовний показник (для ручних стволів «Б», «А» при тиску 35 м, $Z=50$; для

лафетних стволів при тиску 50 м, Z=40).

Так, витрата води для пожежних стволів при таких умовах (визначеного тиску) буде складати (табл. 6):

Таблиця 6 – Витрати води з пожежних стволів

Розрахункова формула	Вид технічного приладу гасіння	$H_{пр}$ - тиск у ствола, м.вод.ст.	d - діаметр насадку ствола, мм	$Q_{пр}$ - витрати води з пожежних стволів, л/с
$Q_{ст.Б/А} = d^2/50$	ствол «Б»	35	13	3,4 (≈3,5)
	ствол «А»	35	19	7,2 (≈7,0)
$Q_{ст.ЛАФ} = d^2/40$	ствол лафетний	50	25	15,6 (≈15,0)
		50	28	19,6 (≈20,0)
		50	32	25,6 (≈25,0)

Можлива площа гасіння технічними приладами:

$$S_{гас}^{пр} = Q_{пр} / I_S, \text{ м}^2, \quad (30)$$

де $S_{гас}^{пр}$ - можлива площа гасіння одним технічним приладом (стволами «А», «Б», лафетними, ГПС-600, ГПС-2000 та інше), м^2 ; $Q_{пр}$ - витрата вогнегасної речовини технічним приладом гасіння; л/с; I_S - інтенсивність подачі вогнегасної речовини, л/с· м^2 .

Так при гасінні пожеж в будівлях та спорудах (житлові та адміністративні будівлі та підсобні споруди) водяними стволами при тиску у ствола 40 м.вод.ст. (4 атм), залежно від ступеня вогнестійкості будівлі, площа гасіння одним стволом буде складати (табл. 7):

Таблиця 7 – Можлива площа гасіння ручними стволами

Розрахункова формула	Ступень вогнестійкості будівлі (СтВ)	$Q_{ст.Б/А}^{вод}$ - витрата води стволами	$I_S^{таб}$ - інтенсивність подачі во-	$S_{гас}^{ст.Б/А}$ - можлива площа га-
----------------------	--------------------------------------	--	--	--

		Б/А, л/с	ди, л/с·м ²	сіння одним стволлом, м ²
$S_{гас}^{1ст.Б/А} = Q_{ст.Б/А}^{вод} / I_S^{таб}$	СтВ I-III	ст. Б – 3,7	0,06	61,7 (≈ 60)
	СтВ IV	ст. Б – 3,7	0,1	37 (≈ 35)
		ст. А – 7,4	0,1	74 (≈ 70)
СтВ V	ст. Б – 3,7	0,15	24,7 (≈ 25)	
	ст. А – 7,4	0,15	49,4 (≈ 50)	

При гасінні пожеж легкозаймистих та горючих рідин (ЛЗР та ГР) генераторами повітряно-механічної піни (ПМП) середньої кратності (розлив горючих рідин, резервуари зберігання нафти та нафтопродуктів) з подачею розчину піноутворювача (ПУ), залежно від температури спалаху рідини ($t_{сп}$), площа гасіння одним генератором буде складати (табл. 8):

Таблиця 8 – Можлива площа гасіння генераторами ПМП

Розрахункова формула	Температура спалаху ЛЗР та ГР ($t_{сп}$), °C	$Q_{ГПС}^{р-ну ПУ}$ - витрата розчину ПУ генераторами ГПС-600, ГПС-2000, л/с	$I_S^{таб}$ - інтенсивність подачі води, л/с·м ²	$S_{гас}^{1ГПС}$ - можлива площа гасіння одним генератором, м ²
$S_{гас}^{1ГПС} = Q_{ГПС}^{р-ну ПУ} / I_S^{таб}$	$t_{сп} \leq 28^\circ C$	ГПС-600 – 6 л/с	0,05	120
	$t_{сп} > 28^\circ C$		0,08	75
	$t_{сп} \leq 28^\circ C$	ГПС-2000 – 20 л/с	0,05	250
	$t_{сп} > 28^\circ C$		0,08	120

Можливий об'єм гасіння технічними приладами:

$$V_{гас}^{пр} = Q_{пр} \cdot \tau_p / K_{зап}, \text{ м}^3, \quad (31)$$

де $V_{гас}^{пр}$ - можливий об'єм гасіння одним пінним приладом (ГПС-600, ГПС-2000), м³; $Q_{пр}$ - витрата ВР з одного приладу, м³/хв; τ_p - нормативний час гасіння, при об'ємному гасінні приймається ($\tau_p = 10$ хв); $K_{зап}$ - коефіцієнт запо-

внення об'єму, що враховує руйнування ПМП ($K = 2,5-3,5$), в середньому приймається $K = 3$.

При об'ємному гасінні пожеж генераторами ПМП (підвали будівель та споруд, кабельні тунелі та півповерхи) з подачею ПМП середньої кратності, залежно від нормативного часу гасіння, об'єм гасіння одним генератором буде складати (табл. 9):

Таблиця 9 – Можливий об'єм гасіння генераторами ПМП

Розрахункова формула	τ_p - розрахунковий (нормативний) час гасіння, хв	$Q_{\text{ГПС}}^{\text{ПМП}}$ - витрата піни генераторами ГПС-600, ГПС-2000, м ³ /хв	$V_{\text{гас}}^{1\text{ГПС}}$ - можливий об'єм гасіння одним генератором, м ³
$V_{\text{гас}}^{1\text{ГПС}} = Q_{\text{ГПС}}^{\text{ПМП}} \cdot \tau_p / K_{\text{зап}}$	$\tau_p = 10$ хв	ГПС-600 – 36 м ³ /хв	120
	$\tau_p = 10$ хв	ГПС-2000 – 120 м ³ /хв	400

Кількість приладів подачі вогнегасних речовин можна визначити за формулами:

$$N_{\text{пр}}^{\text{гас}} = S_{\text{гас}} / S_{\text{гас}}^{1\text{пр}}, \text{ шт}, \quad (32)$$

$$N_{\text{пр}}^{\text{гас}} = V_{\text{гас}} / V_{\text{гас}}^{1\text{пр}}, \text{ шт}, \quad (33)$$

де $N_{\text{пр}}^{\text{гас}}$ - кількість приладів подачі ВР (ручні та лафетні стволи, пінні стволи, піногенератори), шт; $S_{\text{гас}}$ - фактична площа гасіння пожежі з врахуванням глибини гасіння водяними струменями (для ручних стволів – 5 м, для лафетних – 10 м), м²; $S_{\text{гас}}^{1\text{пр}}$ - можлива площа гасіння одним технічним приладом, м²; $V_{\text{гас}}$ фактичний об'єм, який потрібно для гасіння пожежі заповнити ПМП, м³; $V_{\text{гас}}^{1\text{пр}}$ - можливий об'єм гасіння одним технічним приладом, м³.

В практичних орієнтованих розрахунках кількість приладів подачі ВР (ПМП середньої кратності) для гасіння рідин у вертикальних сталевих резервуарах (РВС) можна визначити наступним чином:

для ЛЗР із $t_{\text{сп}} \leq 28^\circ\text{C}$ – $N_{\text{ГПС-600}} = D^2/90$, шт;

ЛЗР і ГР із $t_{\text{сп}} > 28^\circ\text{C}$ – $N_{\text{ГПС-600}} = D^2/160$, шт;

спирту (ПУ спеціального призначення) – $N_{\text{ГПС-600}} = D^2/25$, шт;

Кількість приладів подачі ВР (води) для охолодження РВС можна визначити наступним чином:

для охолодження РВС, що горить – $N_{\text{ст.А}}^{\text{гор}} = D^2/4$, шт;

охолодження РВС сусіднього з тим, що горить – $N_{\text{ст.А}}^{\text{сусід}} = D^2/20$, шт,

де D - діаметр резервуара, м.

Даний розрахунок відповідає умовам гасіння пожежі в РВС генераторами ГПС-600 та охолодження РВС ручними стволами «А».

Кількість (об'єм) піноутворювача, що витрачає один пінний прилад гасіння за нормативний час:

$$V_{\text{пр}}^{\text{ПУ}} = Q_{\text{пр}}^{\text{ПУ}} \cdot \tau_{\text{р}} \cdot 60, \text{ л}, \quad (34)$$

де $V_{\text{пр}}^{\text{ПУ}}$ - кількість піноутворювача (ПУ), необхідного для роботи одного пінного приладу протягом нормативного часу, рівного 10 хвилинам, л; $Q_{\text{пр}}^{\text{ПУ}}$ - витрата пінного приладу по піноутворювачу, л/с; $\tau_{\text{р}}$ - нормативний час гасіння, що дорівнює 10 хв.

Даний параметр і його використання в умовах гасіння реальних пожеж, надає можливість швидко визначати необхідний запас ПУ.

При гасінні пожеж пінними приладами гасіння ГПС-600, ГПС-2000 кількість ПУ, що витрачає один пінний прилад гасіння за нормативний час буде складати (табл. 10):

Таблиця 10 – кількість ПУ, що витрачає один пінний прилад гасіння

Розрахункова формула	τ_p - розрахунковий (нормативний) час гасіння, хв	$Q_{ГПС}^{ПУ}$ - витрата ПУ генераторами ГПС-600, ГПС-2000, л/с	$V_{1ГПС}^{ПУ}$ - кількість ПУ, що витрачає один генератор, л
$V_{1ГПС}^{ПУ} = Q_{ГПС}^{ПУ} \cdot \tau_p \cdot 60$	$\tau_p = 10$ хв	ГПС-600 – 0,36 л/с	216
	$\tau_p = 10$ хв	ГПС-2000 – 1,2 л/с	720

При інших показниках – τ_p , які визначаються умовами та об'єктами гасіння пожеж (значення табличне), можна визначити даний параметр відповідно до встановленого нормативного часу гасіння пожеж.

Загальну кількість відділень основного призначення для здійснення оперативних дій можна визначити наступним чином:

$$N_{від}^{заг} = N_{від}^{гас} + N_{від}^{зах} + N_{від}^{рез}, \quad (35)$$

де $N_{від}^{заг}$ - потрібна кількість відділень для повного процесу гасіння пожежі;
 $N_{від}^{гас}$ - потрібна кількість відділень для гасіння пожежі (визначається як $N_{пр}^{гас} / N_{пр.від}^{гас}$); $N_{від}^{зах}$ - потрібна кількість відділень на захист споруд, будівель, приміщень, поверхів та обладнання (визначається як $N_{пр}^{зах} / N_{пр.від}^{зах}$); $N_{від}^{рез}$ - потрібна кількість відділень для забезпечення резерву (визначається як $0,5N_{від}^{гас}$).

З урахуванням визначень представимо (35) наступним виразом:

$$N_{від}^{заг} = N_{пр}^{гас} / N_{пр.від}^{гас} + N_{пр}^{зах} / N_{пр.від}^{зах} + 0,5N_{від}^{гас}, \quad (36)$$

де $N_{пр}^{гас}$, $N_{пр}^{зах}$ - кількість приладів подачі ВР на гасіння пожежі та захист;
 $N_{пр.від}^{гас}$ - кількість приладів подачі ВР на гасіння пожежі, які забезпечує одне

відділення (відділення може забезпечити роботу одного приладу ланкою ГДЗС); $N_{\text{пр.від}}^{\text{зах}}$ - кількість приладів подачі ВР на захист одним відділенням (як правило, одне відділення може забезпечити роботу 1-2 приладів); $0,5N_{\text{від}}^{\text{гас}}$ - 50 % резерв від потрібної кількості відділень, що забезпечують гасіння пожежі.

Таким чином, використання спрощених розрахунків, визначення необхідних параметрів та елементів розрахунку за допомогою довідникових даних, експонетрів, знання та уміння застосовувати на практиці методику аналітичного розрахунку сил та засобів, забезпечить оперативність виконання дій під час гасіння пожеж, якість розробки оперативної документації з питань пожежогасіння, а в цілому безпеку людям, збереження матеріальних цінностей та зменшення збитків від пожеж.

Національний університет цивільного захисту України (НУЦЗ України)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Проректор НУЦЗ України

з наукової роботи

доктор технічних наук, професор

_____ В.А.Андронов

«__» _____ 2016 р.

ПРОГРАМА ТА МЕТОДИКА

експериментальні дослідження розрахунку кисню та повітря для роботи ланок
газодимозахисної служби

в рамках виконання науково-дослідної роботи за темою
«Провести дослідження та розробити довідник керівника гасіння пожеж»
(«ДОВІДНИК КГП»)

Керівник складової частини НДР,
начальник кафедри пожежної
та рятувальної підготовки

П.А. Ковальов

1. ПІДСТАВА ДЛЯ ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

Технічне завдання на науково-дослідну роботу за темою «Провести дослідження та розробити довідник керівника гасінні пожеж» («Довідник КГП»), Плану наукової і науково-технічної діяльності Українського науково-дослідного Інституту цивільного захисту на 2015 рік (п. 31) та Технічного завдання на складову частину науково-дослідної роботи "Провести дослідження та розробити довідник керівника гасіння пожежі" (додаток 5).

2. ОБ'ЄКТ ТА ПРЕДМЕТ ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1. Об'єкт досліджень час роботи в ізолюючих апаратах.

2.2. Предмет досліджень закономірності витрати повітря та кисню при роботі в ізолюючих апаратах.

3. МЕТА І ЗАДАЧІ ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1. Мета отримання експериментальних даних для експериментальних досліджень розрахунку кисню та повітря для роботи ланок газодимозахисної служби.

3.2. Задачі досліджень:

3.2.1. Визначити основні закономірності витрати повітря та кисню газодимозахисниками при роботі в ізолюючих апаратах.

3.2.2. Обґрунтувати методику розрахунку кисню та повітря для роботи ланок газодимозахисної служби.

4. ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ

4.1. Дослідження проводяться на навчально-тренувальному полігоні та в теплодимокамері Національного університету цивільного захисту України (м. Харків, вул. Баварська, 7).

4.2. Підготовку та проведення досліджень виконує науково-педагогічний склад університету.

4.3. Під час підготовки цієї програми та методики використовувались матеріали із джерел науково-технічної інформації, а також нормативних та методичних документів, які стосуються методів та способів дослідження розрахунку кисню та повітря для роботи ланок газодимозахисної служби.

4.4. У разі необхідності дозволяється внесення змін до цієї програми та методики, що мають бути погоджені в установленому порядку.

5. УМОВИ ПІДГОТОВКИ ІЗОЛЮЮЧИХ АПАРАТІВ ТА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ І ВИПРОБУВАНЬ

5.1. До випробування залучаються ізолюючі апарати, які пройшли повне технічне обслуговування у відповідності до Настанови з організації газодимозахисної служби в підрозділах Оперативно-рятувальної служби МНС України. Наказ МНС України № 1342 від 16.12.2011р.

5.2. Випробування проводяться за таких кліматичних умов:

- температура повітря від 5 °С до 40 °С;
- відносна вологість повітря від 60 % до 95 %;
- атмосферний тиск від 84,4 кПа (630 мм рт. ст.) до 106,7 кПа (800 мм рт. ст.).

6. ОБСЯГ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ВИПРОБУВАНЬ

6.1. Провести полігонні експериментальні дослідження на резервуарних дихальних апаратах та регенеративних дихальних апаратах, які на сьогоднішній день експлуатуються підрозділами Оперативно-рятувальної служби цивільного захисту України.

6.2. На кожному етапі полігонних випробувань провести експериментальні дослідження не менше ніж із 20 випробувачами.

7. ЗАСОБИ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ВИПРОБУВАНЬ І ЗВТ

7.1. Для проведення випробувань необхідно таке випробувальне і допоміжне обладнання та засоби вимірювальної техніки:

- манекен;
- комп'ютер із спеціальним програмним забезпеченням;
- секундомір СОСпр з класом точності 2;
- вимірювач температури навколишнього середовища з похибкою вимірювання $\pm 0,5$ °С;
- вимірювач вологості повітря з похибкою вимірювання ± 4 %;
- вимірювач атмосферного тиску з похибкою вимірювання ± 1 мм рт. ст.;
- апарати на стисненому повітрі АСВ-2;
- апарати на стисненому повітрі Dräger PSS 3000;
- регенеративні дихальні апарати Р-30;
- регенеративні дихальні апарати Р-34.

7.2. Допускається застосовувати інші засоби вимірювальної техніки, що мають метрологічні характеристики, не гірші за наведені.

8. МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

8.1. Запобіжні заходи

8.1.1. У випробуваннях, незалежно від місця їх проведення, мають право приймати участь виробник та представники установ, що здійснюють нагляд за безпекою, охороною здоров'я та природи.

8.1.2. Перед початком випробовування визначають волонтерів та страхувачів з числа курсантів Національного університету цивільного захисту України. Досліджується стан їх здоров'я, вимірюються фізіологічні, антропометричні показники. Показники не повинні перевищувати наступні величини:

- температура тіла 36,8 °С;
- частота пульсу 80 уд/хв;
- артеріальний тиск, мм рт. ст. 120-130/60-80.

8.1.3. Допуск курсанта до роботи в ізолюючому апараті здійснює тільки лікар-фізіолог.

8.1.4. Після медичного обстеження з волонтерами, страхувачами та особами, що обслуговують випробовування, проводиться інструктаж, під час якого кожному ставиться завдання, детально визначається порядок його виконання, розглядаються питання з безпеки праці.

8.1.5. Страхувачі та особи, що допомагають під час випробовувань повинні знаходитись в захисному одязі, рукавицях, взутті та касках.

8.1.6. Контроль за фізичним станом волонтерів здійснюється суб'єктивно (візуально або по самопочуттю випробувачів), а також вимірах частоти пульсу, артеріального тиску після виконання комплексу вправ і фізіологічних показників під час спеціальних перерв (відпочинку).

8.1.7. В процесі проведення випробувань постійно підтримується зв'язок з волонтерами за допомогою переносних радіостанцій.

8.2. Проведення випробувань.

8.1. Дослідження були пов'язані з роботою в АСП та РДА при виконанні випробуваними робіт різного ступеня важкості на свіжому повітрі:

- у спокої вони протягом 10 хвилин сиділи включеними в ізолюючий апарат;
- при виконанні легкої роботи вони з закритими очима пересувалися уздовж стіни приміщення протягом 10 хвилин;
- для роботи середньої тяжкості виконувався підйом на сходинку висотою 20 см протягом 4 хвилин зі швидкістю 20 підйомів на хвилину;
- при важкій роботі випробовувані виконували підйом на сходинку висотою 40 см протягом 4 хвилин зі швидкістю 20 підйомів на хвилину;
- для дуже важкої роботи виконувався підйом на сходинку висотою 40 см протягом 4 хвилин зі швидкістю 30 підйомів на хвилину.

8.2. Також дослідження роботи в АСП та РДА при виконанні робіт різного ступеня важкості проводилися в теплодимокамері:

- розвідка (робота середнього ступеня важкості);
- прокладка рукавної лінії до осередку пожежі (важка робота);

- винесення «потерпілого» (в якості останнього використовувався манекен) (дуже важка робота);
- винесення «потерпілого» (в якості останнього використовувався жива людина) (дуже важка робота).

8.3. Після отримання закономірностей витрати повітря при роботі в ТДК були проаналізовані особливості, пов'язані з діяльністю газодимозахисників під час тактико-спеціальних навчань (як процесів, найбільш близьких до реальних аварійно-рятувальних робіт (АРР)) на станціях глибокого залягання Харківського метрополітену. Оперативна робота випробуваного особового складу в АСП та РДА під час навчань включала в себе включення в апарат, роботу з пожежно-технічним оснащенням, рух до «постраждалих» і подальшу евакуацію їх на свіже повітря різними способами:

- супровід тих, хто може пересуватися, але втратив здатність орієнтуватися в задимленому просторі;
- перенесення (способом «на карабіни») тих, хто знаходиться в свідомості, але не здатний пересуватися самостійно;
- перенесення «потерпілих» без свідомості.

9. ОБРОБЛЕННЯ ТА ПРЕДСТАВЛЕННЯ ДАНИХ ВИПРОБУВАНЬ

9.1. Оцінювання точності результатів прямих та непрямих вимірювань проводять згідно з «Методичними рекомендаціями щодо розрахунку похибки та невизначеності результатів вимірювань за методами випробувань, що впроваджені в УкрНДІПБ МНС України» [1], ДСТУ ГОСТ 8.207 [2] та ДСТУ ISO 5479:2009 Статистичне опрацювання даних. Критерії відхилення від нормального розподілу [3].

9.2. Отримані результати представити у вигляді таблиць та графіків.

10. ВИМОГИ БЕЗПЕКИ

10.1. Відповідальним за проведення випробувань є начальник кафедри пожежної та рятувальної підготовки факультету оперативно-рятувальних сил Національного університету цивільного захисту України.

10.2. Під час випробувань необхідно дотримуватися вимог і заходів безпеки, викладених у чинних нормативних документах з питань охорони праці.

10.3. До випробувань допускаються особи, які пройшли інструктаж з безпеки праці при роботі в ізолюючих апаратах.

10.4. Під час проведення випробувань необхідно мати укомплектовану аптечку.

10.5. Перед включенням в ізолюючі апарати необхідно проводити оперативну перевірку.

10.6. Дослідження припиняються при:

- зниження запасу газоповітряної суміші в КЗІЗ нижче визначеної в ТТХ норми;
- порушення нормальної роботи засобів індивідуального захисту (несправність якого-небудь пристрою, витікання запасу газоповітряної суміші тощо);
- з'явлення суб'єктивного відчуття, яке не дає проводити випробування (високий опір диханню, погіршення самопочуття та ін.);
- підвищення частоти пульсу до 150 хв.^{-1} , якщо вона не зменшується протягом 5 хвилин відпочинку.

10.7. Після закінчення кожного випробування проводять опитування газодимозахисників щодо самопочуття, умов дихання, зручності користування при виконанні різноманітних робіт.

11. ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

11.1. Методичні рекомендації щодо розрахунку похибки та невизначеності результатів вимірювань за методами випробувань, що впроваджені в

УкрНДІПБ МНС України, затверджені 08.11.2005 р.

11.2. ДСТУ ГОСТ 8.207:2008 ГСИ. Прямые измерения с многократными наблюдениями. Методы обработки результатов наблюдений. Основные положения.

11.3. ДСТУ ISO 5479:2009 Статистичне опрацювання даних. Критерії відхилення від нормального розподілу.

12. СПИСОК РОЗРОБНИКІВ ПРОГРАМИ ТА МЕТОДИКИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

Доцент кафедри пожежної та
рятувальної підготовки факультету
оперативно-рятувальних сил НУЦЗ України
канд. техн. наук, доцент

П.Ю.Бородич

Доцент кафедри охорони праці
та техногенно-екологічної безпеки
факультету техногенно-екологічної безпеки НУЦЗ України
канд. техн. наук, доцент

В.М.Стрілець

Начальник кафедри пожежної та
рятувальної підготовки факультету
оперативно-рятувальних сил НУЦЗ України
канд. техн. наук, доцент

П.А.Ковальов

ЛІТЕРАТУРА

1. Основи створення та експлуатації апаратів на стисненому повітрі / [Ковальов П.А., Стрілець В.М., Єлізаров О.В., Безуглов О.Є.] – Х. : АЦЗУ, 2005. – 359 с.
2. Стрілець В.М. Засоби індивідуального захисту органів дихання. Основи створення та експлуатації : Навчальний посібник / Стрілець Віктор Маркович. – Х. : АПБУ, 2001. – 118 с.
3. Средства индивидуальной защиты органов дыхания. Справочное руководство / [Басманов П. И., Каминский С. Л., Коробейникова А. В., Трубицина М. Е.] – СПб. : ГИПП "Искусство России", 2002. – 400 с.
4. Настанова з організації газодимозахисної служби в підрозділах Оперативно-рятувальної служби МНС України : Наказ МНС України № 1342 від 16 грудня 2011р. : М-во надзв. сит. України, 2011. – 56 с. – (Нормативний документ МНС України. Настанова).
5. Засоби індивідуального захисту органів дихання. Автономні резервуарні дихальні апарати зі стисненим повітрям. Вимоги, випробування, маркування: ДСТУ EN 137:2002 – [Чинний від 2003-05-10]. – К. : Держспоживстандарт України, 2003. – 55 с.
6. Изолирующие дыхательные аппараты и основы их проектирования. Учебное пособие. / [Гудков С.В., Дворецкий С.И., Путин С.Б., Таров В.П] – М. : «Машиностроение», 2008. – 190 с.
7. Рекомендації для вивчення повітряних протигазів “Drager” PA 90 SERIES {PA 92} у підрозділах гарнізонів пожежної охорони – К. : УДПО МВС України, 1995. – 19 с.
8. Основи створення та експлуатації засобів індивідуального захисту / [Стрілець В.М., Ковальов П.А., Бородич П.Ю., Росоха С.В.] – Харків : НУЦЗУ, 2014. – 360 с.
9. Бородич П.Ю. Оценка показателя легочной вентиляции для работ разной степени тяжести / П.Ю. Бородич, О.Е. Безуглов // Проблемы пожар-

ной безопасности. Сб. науч. тр. – Харьков: НУГЗУ, 2011. – Вып. 30. – С.64–67.

10. Статистичне опрацювання даних. Критерії відхилення від нормального розподілу : ДСТУ ISO 5479:2009. – [Діючий від 2009-07-01]. Київ : Держстандарт України, 2009. – 31 с. – (Державні стандарти України).

11. Грачев В.А. Газодымозащитная служба : Учебник / Грачев В.А., Поповский Д.В. Под общ.ред. д.т.н., профессора Мелашчина Е.А. – М. : Пожкнига, 2004. – 384 с.

12. Халафян А.А. STATISTICA 6 Статистический анализ данных / А.А. Халафян. – М.: 000 «Бином-Пресс», 2007. — 512 с.

13. Стрілець В.М. Закономірності діяльності рятувальників при проведенні аварійно-рятувальних робіт на станціях метрополітену: моногр. / В.М. Стрілець, П.Ю. Бородич, С.В. Росоха; НУЦЗУ. – Х.: НУЦЗУ, КП «Міська друкарня», 2012. – 112 с.

14. Бородич П.Ю. Закономерности деятельности в системе "спасатель – экстремальная среда" на станциях метрополитена: дис. ... канд. техн. наук: 05.01.04 / Бородич Павел Юрьевич. – Харьков, 2009. – 217 с.

15. ДСТУ 2273:2006 Протипожежна техніка. Терміни та визначення основних понять.

16. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов и средства их тушения: Справ, изд.: в 2-х кн. / А.Н. Баратов и др. – М.: Химия, 1990. – Кн.1. – 496 с. – Кн.2. – 384 с.

17. Корольченко А.Я., Корольченко Д.А. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов и средства их тушения: Справочник. В 2-х т. Изд. 2-е, перераб. и доп. – М.: Асс. Пожнаука, 2004.

18. Расчет основных показателей пожаровзрывоопасности веществ и материалов: Руководство. – М.: ВНИИПО, 2002. – 77 с.

19. Иванников В.П., Ключ П.П., Мазур Л.К. Расчет сил и средств для тушения пожаров (Справочное пособие оперативному работнику пожарной охраны). – К.: РИО МВД УССР, 1969. – 966 с.

20. Иванников В.П., Ключ П.П., Мазур Л.К. Справочник руководителя тушения пожара. Изд. 2-е, доп. и перераб. – К.: РИО МВД УССР, 1975. – 226 с.
21. Иванников В.П., Ключ П.П., Мазур Л.К. Справочник руководителя тушения пожара. Изд. 3-е, доп. и перераб. – К.: РИО МВД УССР, 1983. – 284 с., с ил.
22. Иванников В.П., Ключ П.П. Справочник руководителя тушения пожара. – М.: Стройиздат, 1987. – 287 с.
23. Терещнев В.В. Справочник руководителя тушения пожара. Тактические возможности пожарных подразделений. – М.: Пожкнига, 2004. – 248 с., ил. – (Пожарная тактика).
24. Терещнев В.В., Артемьев Н.С., Грачев В.А. Справочник спасателя – пожарного. – М.: Издательство, 2006. – 300 с.
25. Повзик Я. С. Справочник руководителя тушения пожара. – М.: Спецтехника, 2000, – 361 с.
26. Шойгу С.К. и др. Учебник спасателя. – М.: МЧС России, 1997. – 519 с.
27. Терещнев В.В., Подгрушный А.В. Пожарная тактика. – М.: – 2007. – 578 с
28. Терещнев В.В., Терещнев А.В. Управление тушением пожара. Учебное пособие. – М.: Издательство, 2006. – 284 с.
29. Повзик Я.С., Ключ П.П., Матвейкин А.М. Пожарная тактика. – М.: – Стройиздат, 1990. – 335 с.
30. Верзилин М.М., Повзик Я.С. Пожарная тактика. – М.: Спецтехника, 2007. – 440 с.
31. Учебник спасателя / под общей редакцией Воробьева Ю.А. – М.: МЧС России, 2006г. – 519 с.
32. Р.В. Пархоменко, Б.В. Болібрех, Т.Є. Рак. Пожежна тактика. Практикум. – Львів: ЛДУ БЖД, 2007. – 254с.

33. Пожежна тактика: Підручник / Ключ П.П., Палюх В.Г., Пустовой А.С., Сенчихін Ю.М., Сировой В.В. – Х.: Основа, 1998. – 592 с.
34. Аналітичні розрахунки для обґрунтування оперативних дій пожежно-рятувальних підрозділів: Практикум. / В.В. Сировий, Ю.М. Сенчихін, Л.В. Ушаков, О.В. Бабенко. – Х.: НУЦЗУ, ХНАДУ, 2010. – 236 с.
35. Ключ П.П., Палюх В.Г. Тактические возможности пожарных подразделений. – Харьков: ХИСИ-ХПТУ, 1993. – 201 с.
36. Основи тактики гасіння пожеж: навч. посіб. / В.В. Сировой, Ю.М. Сенчихін, А.А. Лісняк, І.Г. Дерев'янку. – Х.: НУЦЗУ, 2015. – 216 с.
37. Організація аварійно-рятувальних робіт: Підручник. За загальною редакцією В.П. Садкового / Аветісян В.Г., Сенчихін Ю.М., Кулаков С.В., Куліш Ю.О., Тригуб В.В. – Х.: Федорко, 2010. – 240 с.
38. Ключ П.П., Палюх В.Г. Росоха В.О. Тактична і психологічна підготовка особового складу пожежної охорони: Підручник – Х: Основа, 2002. – 288 с.
39. Дерев'янку І.Г., Сенчихін Ю.М., Шаршанов А.Я. Визначення та прогнозування небезпечних факторів пожежі. Практ. посібник. – Харків: АЦЗУ, 2006. – 88 с.
40. Временные рекомендации по тушению пожаров в зданиях повышенной этажности. – М.: ВНИИПО, 1986.
41. Методические рекомендации по тушению пожаров в зданиях повышенной этажности. – М.: УОР ГУ МЧС России по г. Москве, 2006.
42. Рекомендації щодо гасіння пожеж у висотних будівлях. – К.: УкрНДІПБ, 2007.
43. Климушин Н.Г., Кононов В.М. Тушение пожаров в зданиях повышенной этажности. – М.: Стройиздат, 1983. – 104 с.
44. Організація аварійно-рятувальних робіт на авіаційному транспорті: навч. посіб. / В.Г. Аветісян, Ю.М. Сенчихін, Д.В. Ораєвський. – Х.: Міськдрук, 2012. – 108 с.

45. Обеспечение пожарной безопасности на аэродромах гражданской авиации / М.А. Джафаров, Н.Ф. Лозовой, В.К. Луценко, В.К. Федоров. – М.: Транспорт, 1987. – 263 с.

46. Расчет сил и средств пожарной охраны аэропорта для планирования пожарно-спасательных работ на воздушных судах: метод. указания / сост. С.К. Сафонов, А.В. Селезнев. – Ульяновск: УВАУ ГА(И), 2011. – 54 с.

47. Правила аварійно-рятувального та протипожежного забезпечення польотів у цивільній авіації України. Наказ Міністерства інфраструктури України від 07.05.2013 р. № 286.

48. Организация и тактика тушения пожаров в подвижном составе железнодорожного транспорта / Рекомендации. – М.: ВНИИПО МВД СССР, 1987. – 80с.

49. Аксютин В.П. и др. Руководство по тушению пожаров на железнодорожном транспорте. – М.: УВО МПС, ВНИИЖТ, 2001. – 198 с.

50. Куліш Ю.О. Організація аварійно-рятувальних робіт при надзвичайних ситуаціях на залізничному транспорті. Практичний посібник. – Харків, 2008. – 66 с.

51. Пожежна безпека на залізничному транспорті: Навчальний посібник / Доманський В.А., Зеркалов Д.В., Потетюев С.Ю., Линчевський Є.А., Дорошенко М.В. / Под редакцією Д.В. Зеркалова. – К.: Основа, 2004. – 392 с.

52. Ліквідація пожеж на залізничному транспорті / Кацман М.Д., Кононов Г.Б., Віденко І.В., Огороднічук Н.В. – К.: Основа. 2006. – 216 с.

53. Методичні рекомендації щодо дій підрозділів МНС України під час гасіння пожеж залізничних цистерн зі зрідженими вуглеводневими газами та рідкими вуглеводнями. Наказ МНС України від 09.09.2011 р. № 981.

54. Методические рекомендации по тушению пожаров на объектах метрополитенов. – М.: Министерство РФ по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий, 2009. – 84 с.

55. Косар А.М. Рекомендації по гасінню пожеж в Київському метрополітені. – К.: УДПО ГУМВС України в м. Києві, 2002. – 109 с.
56. Организация тушения пожаров на метрополитенах: Учебное пособие / В.В. Ильин, В.П. Беяцкий, Г.Ф. Архипов, В.В. Сальников. – СПб.: МАНЭБ, 2000.
57. НАПБ Б 01.010-2007 Правила пожежної безпеки для суден, що використовуються в сфері дозвілля, відпочинку та розваг. Наказ МНС України від 29.03.2007 р. № 191.
58. Правила пожежної безпеки на морських суднах України. Наказ Міністерства транспорту на зв'язку України від 24.02.2007 р. N 159
59. НАПБ 05.035-2004 Інструкція щодо гасіння пожеж у резервуарах із нафтою та нафтопродуктами. Наказ МНС України від 16.02. 2004 №75.
60. Рекомендації щодо гасіння пожеж у спиртосховищах, що містять етиловий спирт. – К.: УкрНДІПБ, 2009. – 76 с.
61. Рекомендации по тушению полярных жидкостей в резервуарах. – М.: ФГУ ВНИИПО МЧС России, 2007. – 58 с.
62. Указания по тушению пожаров на открытых технологических установках по переработке горючих жидкостей и газов. – М.: ГУПО МВД СССР, 1982. – 22 с.
63. Методические рекомендации по тушению пожаров на открытых технологических установках по переработке углеводородных газов, нефти и нефтепродуктов. – Астана: КПС МЧС Республики Казахстан, 2010.
64. Касьянов М.А., Бабенко Ю.В. та ін. Пожежна безпека як складова техногенної безпеки резервуарних парків складів нафти та нафтопродуктів: навчально-довідковий посібник. – Луганськ: Вид-во Східноукр. нац. ун-ту ім. В. Даля, 2006. – 144 с.
65. Рекомендации по тушению пожаров газовых и нефтяных фонтанов. – М.: ГУПО МВД СССР, 1976. – 79 с.

66. Рекомендации по тушению пожаров газовых и нефтяных фонтанов вихрепорошковым способом и пневматическим порошковым пламенеподавителем ППП-200. – Тюмень: ГУПО МД СССР, 1988. – 18 с.

67. Рекомендації щодо гасіння лісових та торф'яних пожеж. – К.: УкрНДІПБ, 2007. – 53 с.

68. Никитин Ю.А., Рубцов В.Ф. Предупреждение и тушение пожаров в лесах и на торфяниках. – М.: Россельхозиздат, 1986. – 96 с., ил.

69. Статут дій у надзвичайних ситуаціях органів управління та підрозділів оперативно-рятувальної служби цивільного захисту. Наказ МНС України від 13.03.2012 р. №575.

70. Методика розрахунку сил і засобів необхідних для гасіння пожеж у будівлях і на територіях різного призначення. Наказ МНС України від 16.12.2011 р. №1341.

71. Методичні рекомендації зі складання та використання оперативних планів і карток пожежогасіння. Наказ МНС України від 23.09.2011 р. №1021.

72. Настанова з організації газодимозахисної служби в підрозділах оперативно-рятувальної служби цивільного захисту МНС України. Наказ МНС України від 16.12.2011 р. №1342.

73. Правила безпеки праці в органах та підрозділах МНС України. Наказ МНС України від 07.05.2007 р. № 312.

74. Організація управління в надзвичайних ситуаціях. Методичні рекомендації. Наказ МНС України від 05.10.2007 р. № 685.

75. Норми табельної належності, витрат і термінів експлуатації пожежно-рятувального, технологічного і гаражного обладнання, інструменту, індивідуального озброєння та спорядження, ремонтно-експлуатаційних матеріалів підрозділів МНС. Наказ МНС України від 07.02.2008 р. № 95.

76. Рекомендации по планированию, организации и ведению боевых действий подразделениями ГПС при тушении пожаров на АЭС в условиях радиационной аварии. – М.: ВНИИПО, 2002. – 68 с.

77. Микеев А.К. Противопожарная защита АЭС. – М.: Энергоатомиз-

дат, 1990.

78. Микеев А.К. Противопожарная защита атомных электростанций / Итоги науки и техники. Пожарная охрана. ВИНТИ, 1987. Т.8.

79. Микеев А.К. Организация пожаротушения на АЭС / Пожарное дело. №10.1988.

80. Норми радіаційної безпеки України. НРБУ-97.

81. НАПБ В.05.027-2011/111 Інструкція з гасіння пожеж на енергетичних об'єктах України.

82. Тактика тушения электроустановок, находящихся под напряжением: Рекомендации. – М.: ВНИИПО, 1986, - 16 с.

83. Аветисян В.Г., Палюх В.Г., Сировой В.В., Хянникяйнен А.И. Тушение пожаров и выполнение спасательных работ при химических заражениях. Учебное пособие / под ред. Б.В. Дзяндзюка. – Харьков: ХИПБ МВД Украины, 1998. – 123 с.

84. Маршалл В. Основные опасности химических производств. Пер. с англ. – М.: Мир, 1989. – 671 с.

85. Адаменко М.І., Гелета О.В, Квітковський Ю.В., Бейлін М.В., Доронин Є.В., Стельмах О.А., Тарахно О.В., Тимошенко М.М. Фортифікаційні споруди. Навчальний посібник. – Харків: ЗАТ Харківська друкарня № 16, 2003. – 560 с.

86. Бесчастнов М.В. Промышленные взрывы. Оценка и предупреждение. – М.: Химия, 1991, - 452 с.

87. Сильвестрович С. И. Хранение взрывчатых веществ, средств взрывания и инженерных боеприпасов. Изд. ВИА, 1956.

88. Сильвестрович С. И. Взрывчатые вещества и условия их безопасного хранения. Промстройиздат, 1957.