

ДЕРЖАВНА СЛУЖБА УКРАЇНИ З НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ
ЛЬВІВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БЕЗПЕКИ ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ

ШТАНГРЕТ НАЗАР ОЛЕГОВИЧ

УДК 614.842.84

**ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЛІКВІДУВАННЯ ПОЖЕЖ У
ПІДВАЛЬНИХ ПРИМІЩЕННЯХ КОМБІНОВАНИМ
ЗАСТОСУВАННЯМ ДИМОВСМОКТУВАЧІВ ТА СТРУМЕНІВ
ТОНКОРОЗПИЛЕНОЇ ВОДИ**

Спеціальність 21.06.02 – пожежна безпека

Автореферат

дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

ЛЬВІВ - 2019

Дисертацією є рукопис.

Роботу виконано у Львівському державному університеті безпеки життєдіяльності ДСНС України

Науковий керівник: кандидат технічних наук, доцент
Луц Василь Іванович,
Львівський державний університет безпеки життєдіяльності ДСНС України, заступник начальника кафедри пожежної тактики та аварійно-рятувальних робіт

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, старший науковий співробітник
Антонов Анатолій Васильович,
Державний заклад «Державна екологічна академія післядипломної освіти та управління», професор кафедри екологічного аудиту та експертизи

кандидат технічних наук, старший науковий співробітник

Огурцов Сергій Юрійович,
Український науково-дослідний інститут цивільного захисту, учений секретар

Захист відбудеться 30 травня 2019 року об 14⁰⁰ годині на засіданні спеціалізованої вченої ради К35.874.01 у Львівському державному університеті безпеки життєдіяльності Державної служби України з надзвичайних ситуацій за адресою: 79007, м. Львів, вул. Клепарівська, 35

З дисертацією можна ознайомитися у Львівському державному університеті безпеки життєдіяльності за адресою: 79007, м. Львів, вул. Клепарівська, 35 та на сайті <https://ldubgd.edu.ua/content/zahisti-disertaciy>

Автореферат розіслано 25 квітня 2019 року.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради
к.т.н., доцент

В.М. Баланюк

Загальна характеристика роботи

Актуальність теми. Згідно із статистичними даними про пожежі, щороку в Україні виникає в середньому 70 тис. пожеж. З 2009 по 2017 рік у нашій державі майже 73 % усіх пожеж виникали у спорудах житлового сектора. Внаслідок пожеж гине 2-3 тис. осіб на рік, з яких 90 % – у житловому секторі. Особливо небезпечними є пожежі в підвалах житлових будинків. Це обумовлюється конструктивним виконанням підвалів. Практика показує, що при пожежах у підвалах при неповному згорянні пожежної навантаги дим має густину понад $1,5 \text{ г/м}^3$, а середньооб'ємна температура на 20-30 хв розвитку пожежі може досягати значень в межах від 250 до 350 °С.

Саме у таких умовах доводиться працювати пожежникам в ланках газодимозахисної служби ДСНС України. Щоб уникнути впливу цих небезпечних чинників пожежі в підвальних приміщеннях під час гасіння, доцільно було б зменшити оптичну густину диму в зоні задимлення до видимості $3 \pm 0,5$ метрів, та знизити середньооб'ємну температуру до значень 60 ± 5 °С, що створило б передумови для підвищення ефективності ліквідування пожеж пожежно-рятувальними підрозділами.

Одним із способів підвищення ефективності процесу ліквідування пожеж у підвальних приміщеннях є осадження та вилучення диму із зниженням середньооб'ємної температури шляхом комбінованого застосування димовсмоктувачів та струменів тонкорозпиленої води.

З урахуванням викладеного, проведення досліджень з обґрунтування параметрів та технічних рішень як підґрунтя для створення установок димовсмоктувачів, ефективніших за існуючі, є **актуальним**. Воно спрямоване на зменшення негативного впливу небезпечних чинників пожеж у приміщеннях житлових будівель на пожежників шляхом комбінованого подавання в їх об'єм чистого повітря та струменів тонкорозпиленої води із визначеними параметрами для зниження середньооб'ємної температури та димоосадження.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами та темами. Дисертаційне дослідження проводилось в рамках розвитку «Державної цільової соціальної програми забезпечення пожежної безпеки на 2012-2015 рр.», затвердженої постановою Кабінету Міністрів України від 01.06.2012 р. №598 під час виконання за договором про співробітництво між ЛДУБЖД та ДЗ «ДЕА» науково-дослідної роботи «Створити наукові основи розроблення екологічно прийнятних вогнегасних речовин та технологій їх застосування», державний реєстраційний номер 0116U7171, в якій здобувач був виконавцем.

Ідея роботи полягає у підвищенні ефективності ліквідування пожеж у підвальних приміщеннях комбінованим застосуванням димовсмоктувачів та струменів тонкорозпиленої води з визначеними параметрами.

Мета роботи – розкриття особливостей впливу комбінованого подавання повітря та струменів тонкорозпиленої води на процес їх взаємодії із нагрітими та заповненими продуктами згоряння об'ємами підвальних приміщень.

Завдання досліджень. Для досягнення визначеної мети потрібно було розв'язати такі завдання досліджень:

– проаналізувати статистику пожеж в Україні за період з 2009 по 2017 роки, сучасний досвід з розроблення і застосування технічних засобів пожежогасіння та виявити шляхи підвищення ефективності ліквідування пожеж у підвальних приміщеннях житлових будинків;

– розробити математичну модель процесу взаємодії струменів тонкорозпиленої води із нагрітими та заповненими продуктами згоряння об'ємами приміщень;

– науково обґрунтувати параметри і схемні рішення та розробити переносний пристрій для формування комбінованих повітряно-водяних струменів;

– науково обґрунтувати параметри та розробити прилад для вимірювання оптичної густини диму;

– розробити програму та провести експериментальні дослідження з виявлення комбінованого впливу струменів тонкорозпиленої води та повітря на ефективність димоосадження та зниження середньооб'ємної температури в об'ємі випробувального приміщення при горінні модельних вогнищ класів А та В;

– розробити методичні рекомендації з підвищення ефективності ліквідування пожеж у підвальних приміщеннях шляхом застосування запропонованого пристрою для осаження продуктів згоряння та зниження середньооб'ємної температури.

Об'єкт досліджень – процес взаємодії струменів тонкорозпиленої води та повітря із нагрітими та заповненими внаслідок пожеж продуктами згоряння об'ємами підвальних приміщень житлових будинків.

Предмет досліджень – вплив параметрів комбінованого подавання повітря та струменів тонкорозпиленої води на процеси їх взаємодії з нагрітими та заповненими внаслідок пожеж продуктами згоряння об'ємами підвальних приміщень житлових будинків

Методи дослідження. В роботі було використано комплексний метод дослідження, який включав: аналіз науково-технічних досягнень з розробки і застосування технічних засобів, що застосовують під час ліквідування пожеж для зменшення негативного впливу їх небезпечних чинників; комп'ютерне моделювання процесу взаємодії струменів тонкорозпиленої води, а також повітряних потоків із нагрітими та забрудненими продуктами згоряння об'ємами приміщень із використанням програмного продукту COSMOSFloWorks, метод оптичної мікроскопії для визначення дисперсності розпилення краплин води; методи термометрії із використанням термопар; візуалізації оптичної видимості за послабленням інтенсивності лазерного променя внаслідок його проходження крізь задимлене середовище. Оцінювання ефективності застосування димовсмоктувачів та струменів тонкорозпиленої води для зменшення негативного впливу небезпечних чинників пожеж проводилось в умовах полігонних випробувань із застосуванням модельних вогнищ пожежі та імітаторів диму.

Для проведення експериментальних досліджень використовували метрологічне атестоване обладнання та повірені засоби вимірювання. Обробка

результатів досліджень здійснювалась із використанням програмного забезпечення Microsoft Office Excel 2016.

Наукова новизна одержаних результатів полягає у розкритті особливостей впливу комбінованого подавання повітря та струменів тонкорозпиленої води на процес їх взаємодії із нагрітими та заповненими продуктами згоряння об'ємами підвальних приміщень. При цьому:

- *уперше* науково обґрунтовано параметри, запропоновано схемні рішення і розроблено переносний пристрій комбінованого подавання струменів тонкорозпиленої води, застосування якого, на відміну від відомих, реалізує комбінований, одночасний вплив повітряно-водяного середовища на нагріті і заповнені продуктами згоряння об'єми приміщень, зменшуючи їх середньооб'ємну температуру, а також задимленість, що призводить до підвищення ефективності ліквідування пожеж, зокрема у підвальних приміщеннях;

- *удосконалено* дослідницько-випробувальну базу з виявлення ефективності димоосадження шляхом застосування розробленого переносного приладу з визначеними параметрами, суть роботи якого полягає у виявленні послаблення інтенсивності лазерного променя внаслідок його проходження крізь задимлене середовище;

- *набуло подальшого розвитку* застосування методів математичного моделювання процесів взаємодії струменів тонкорозпиленої води та повітря з нагрітими та заповненими внаслідок пожеж об'ємами приміщень;

Практичне значення одержаних результатів полягає в тому, що:

- розроблено конструкцію та виготовлено прилад для визначення оптичної густини диму в умовах високих температур у закритих приміщеннях, захищений патентом України на корисну модель;

- розроблений дослідний зразок пристрою для подавання тонкорозпиленого струменя води було поставлено в оперативний розрахунок в пожежно-рятувальному підрозділі ДСНС України у Львівській області, що засвідчено відповідним актом впровадження;

- розроблено методичні рекомендації щодо застосування пристрою для осадження продуктів згоряння та зниження середньооб'ємної температури в підвальних приміщеннях під час ліквідування пожеж, які використовуються під час викладання дисциплін: «Підготовка газодимозахисника» та «Пожежна тактика» в ЛДУ БЖД ДСНС України, що засвідчено відповідним актом впровадження.

Особистий внесок здобувача полягає в участі у формуванні ідеї роботи, визначенні мети і завдань досліджень, об'єкта та предмета досліджень, самостійному аналізі вітчизняних та закордонних джерел інформації, удосконаленні та розробленні методик досліджень та обладнання, проведенні експериментальних досліджень та обробленні їх результатів, формулюванні та узагальненні висновків. Участь автора в роботах, опублікованих у співавторстві, наведено в списку опублікованих праць за темою дисертації.

Апробація результатів дисертації. Основні результати досліджень доповідались, обговорювались та отримали схвалення на міжнародних та національних науково-практичних конференціях, а саме:

- Міжнародна науково-практична конференція «Теорія і практика гасіння пожеж та ліквідування надзвичайних ситуацій» (Черкаси –2016);
- Міжнародна науково-практична конференція молодих вчених, курсантів і студентів «Проблеми та перспективи розвитку системи безпеки життєдіяльності» (Львів –2016);
- 19-а Всеукраїнська науково-практична конференція «Сучасний стан цивільного захисту України та перспективи розвитку» (Київ –2017);
- Міжнародна науково-практична конференція курсантів і студентів «Проблеми та перспективи розвитку забезпечення безпеки життєдіяльності» (Львів –2018);
- XII Международная научно-практическая конференция молодых ученых: курсантов (студентов), слушателей магистратуры и адъюнктов (аспирантов) «Обеспечение безопасности жизнедеятельности: проблемы и перспективы» (Минск –2018);
- VI Международная научно-практическая конференция адъюнктов, магистрантов, курсантов и студентов «Исторические аспекты, актуальные проблемы и перспективы развития гражданской обороны» (Кокшетау–2018).

Публікації. Основні результати дисертаційної роботи опубліковано в 11 наукових працях, з яких 5 статей у фахових виданнях (з них 1 у закордонному виданні), 6 тез доповідей на міжнародних та національних науково-практичних конференціях. За результатами роботи отримано два патенти України на корисну модель.

Структура та обсяг роботи. Дисертаційна робота складається із вступу, п'яти розділів, висновків, списку використаних літературних джерел з 113 найменувань, містить 230 сторінок друкованого тексту, 43 таблиці, 101 рисунок і 5 додатків.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі наведено актуальність, мету, ідею дисертаційної роботи, задачі, об'єкт та предмет досліджень, відображено наукову новизну отриманих результатів, дані щодо апробації, а також публікації її результатів.

У першому розділі на підставі аналізу літературних джерел окреслено етапи розв'язання наукової задачі підвищення ефективності процесу охолодження та зменшення оптичної густини диму в закритих приміщеннях при ліквідуванні пожежі шляхом впровадження нової конструкції комбінованого пристрою для осадження продуктів згоряння та зниження температури в задимлених приміщеннях для одночасного нагнітання свіжого повітря та подачі струменя тонкорозпиленої води. Подана специфіка використання та аналіз конструкцій пожежних димовсмоктувачів для вилучення продуктів згоряння та ручних водяних стволів для захисту від теплового випромінювання. Проведено аналіз методів

дослідження параметрів та динаміки газообміну на пожежі в приміщеннях. Обґрунтовано задачі дисертації.

Вагомий внесок у вивчення природи пожежі та явищ, які її супроводжують, внесли такі відомі вчені, як Абдурагімов І. М., Кошмаров Ю. А., Молчадський І. С., Алексашенко А. А., Говоров В. Ю., Макров В. Е., Антонов А. В., Гуліда Е. М., Баратов А. М., Копилов С. Л., Ковалишин В. В., Костенко В. К., К. Lambert, Patrick M. Kennedy та інші.

На основі проведеного аналізу технічного рівня та стану застосування відомих конструкцій димовсмоктувачів, та ручних водяних стволів, можна зробити висновок, що найбільш важливою характеристикою пожежно-технічного обладнання для гасіння пожеж в підвалах житлових будинків є забезпечення швидкого осадження продуктів згорання та зниження температури. Виходячи з статистичних даних, саме ці фактори мають визначальне значення, що дає змогу безпечної роботи пожежників та підвищує ефективність роботи такого обладнання. Принциповим аналогом пристрою для вилучення продуктів згорання та зниження температури комбінованої дії може бути відома конструкція димовсмоктувача типу ДП-7. Очевидно, що при цьому необхідно поєднати та синхронізувати роботу димовсмоктувача та насадки-розпилювача, і це позначається на конструкції та динаміці роботи такого пристрою.

Запропонована технологія подачі повітряно-водяного струменя розроблена не вперше, але теоретичні та експериментальні дослідження впливу взаємодії потоку повітря та тонкорозпиленої води в процесі їх сумісного польоту на зниження середньооб'ємної температури та ефективність димоосадження під час пожежі в приміщенні не проводились. Тому було розроблено математичну модель цього процесу та проведено теоретичні дослідження. З огляду на те, що теоретичні дослідження не завжди точно описують реальні динамічні процеси, особлива увага приділялася дослідженню моделей на адекватність, як наслідок зіставлення результатів теоретичних та експериментальних досліджень.

У другому розділі проведено математичне моделювання параметрів взаємодії фракції крапель тонкорозпиленої води з повітряним потоком у високотемпературному об'ємі за допомогою програмного продукту COSMOSFloWorks.

Математична модель будується на основі геометричного проектування реального інженерного об'єкта в середовищі SolidWorks з подальшим автоматичним обміном необхідною інформацією. Рух і теплообмін текучого середовища в системі COSMOSFloWorks моделюється з допомогою рівнянь Нав'є – Стокса, які в нестационарній формі описують закони збереження маси, імпульсу та енергії цього середовища декартовій системі координат $(x_i, i = 1, 2, 3)$:

$$\begin{aligned}
\frac{\partial \rho}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x_k}(\rho u_k) &= 0, \\
\frac{\partial(\rho u_i)}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x_k}(\rho u_i u_k - \tau_{ik}) + \frac{\partial P}{\partial x_i} &= S_i, \\
\frac{\partial(\rho E)}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x_k}((\rho E + P)u_k + q_k - \tau_{ik}u_i) &= S_k u_k + Q_H,
\end{aligned} \tag{1}$$

де, t – час, u – швидкість текучого середовища, ρ – густина текучого середовища, S_i – зовнішні масові сили, що діють на одиничну масу текучого середовища, E – повна енергія одиничної маси текучого середовища, Q_H – тепло, що виділяється джерелом тепла в одиничному об'ємі текучого середовища, τ_{ik} – тензор в'язких напружень зсуву, q_i – дифузійний тепловий потік. Нижні індекси означають підсумовування за трьома координатними напрямками.

Крім цього, використовуються рівняння стану текучого середовища, а також, емпіричні залежності в'язкості і теплопровідності компонентів середовища від температури.

Дифузійний тепловий потік моделюється з допомогою рівняння

$$q_i = - \left(\frac{\mu_i}{Pr} + \frac{\mu_i}{\sigma_c} \right) c_p \frac{\partial T}{\partial x_k}, \quad k = 1, 2, 3, \tag{2}$$

Для стискуваних середовищ (газів) використовується рівняння стану такого виду:

$$\rho = \rho(P, T, y), \tag{3}$$

де, $y = (y_1, y_2, \dots, y_N)$ – вектор концентрацій компонентів текучого середовища.

Для газів використовується рівняння стану ідеального газу $\rho = P / (RT)$, де R –

газова стала модельованого газу, яка для суміші газів визначається як

$R = R_{\text{унів}} \cdot \sum_{i=1}^N \frac{y_i}{M_i}$, де M_i – молекулярна маса i -го компонента газу. Для врахування

залежності від температури використовується рівняння

$$\rho = \left[\sum_{i=1}^N \frac{y_i}{\rho_{0i}} (1 + \beta_{Ti} (T - T_0)) \right]^{-1},$$

де β_{Ti} – коефіцієнт об'ємного теплового розширення i -го компонента, ρ_{0i} – густина i -го компонента при деякій температурі T_0 .

Вплив гравітації моделюється з допомогою члена S_i , що входить в (1) як зовнішня масова сила :

$$S_i = -\rho g_i, \tag{4}$$

де, g_i – i -та складова (вздовж i -тої осі системи координат) вектора гравітаційного прискорення.

Одночасно з моделюванням дифузії тепла в текучому середовищі (1, 2) моделюється також теплопередача в твердих тілах з допомогою рівняння

$$\frac{\partial \rho e}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x_i} \left(\lambda \frac{\partial T}{\partial x_i} \right) + Q_H, \quad (5)$$

де, $e = cT$, c – питома теплоємність, T – температура, λ – теплопровідність, Q_H – тепло, що виділяється джерелом тепла в одиничному об'ємі текучого середовища.

Значний інтерес для нашого випадку становили двофазові середовища, а саме потік газу із частинками рідини – краплями. Двофазові потоки середовища із рідкими частинками моделюються як рух цих частинок в стаціонарному потоці газу. Тобто математична модель ґрунтується на припущенні, що силовий та тепловий вплив частинок на рух газу неістотний. Таке припущення правильне лише в тому випадку, коли масова концентрація частинок в двофазовому середовищі не перевищує 30%. Визначення опору частинок ґрунтується на тому, що їх форма є сферичною. Температура частинок визначається із теплообміну з навколишнім середовищем, а оскільки, маса частинки є незмінною, то змінюється її розмір. Враховується дія гравітації. Взаємодія частинок з поверхнями твердих тіл моделюється як повне прилипання. Коефіцієнт опору частинок розраховується за формулою Хендерсона для нерозріджених і розріджених, до- транс- і надзвукових, ламінарних, перехідних і турбулентних умов обтікання частинок.

Для знаходження розв'язку задачі (після задання початкових та граничних умов) безперервна нестационарна математична модель дискретизується як за простором, так і за часом. Для цього вся розрахункова область покривається сіткою, грані чарунок якої паралельні до координатних площин декартової системи координат. Сітка генерується автоматично з можливістю впливу на розміри чарунок для покращення точності розрахунку. Розрахунки здійснюються методом скінченних об'ємів.

Було спроектовано в SolidWorks модель кімнати із внутрішніми розмірами 6000x4500x2500 мм із стінами товщиною 250 мм. Посередині кімнати розміщувалось джерело тепла розмірами 630x630 мм на висоті 250 мм. Вхідний отвір розмістили внизу кімнати під кутом 30°, а вихідний отвір зверху в правому куті. Площа вихідного отвору є вдвічі більшою від площі вхідного.

Початкові та граничні умови: температура джерела тепла 850 К, температура стін та середовища 293,2 К, відносна вологість повітря 100%, атмосферний тиск 101325 Па. Початкові умови визначали із такого розрахунку. Запускали математичну модель і отримували температуру, вологість та рух повітря всередині кімнати. Результати цих розрахунків використовувалися в якості початкових умов, тобто подальші розрахунки починалися із вмикання вентилятора повітря та форсунки із розпиленою водою, які впливатимуть як на термодинамічні параметри моделі, так і на осадження диму.

Що стосується процесу осадження диму, то взаємодія різних фракцій двофазового середовища на сьогодні в середовищі COSMOSFloWorks ще не

вирішується. Розглядалася лише взаємодія рідкої фази із твердими тілами (стіни, стеля, підлога, поверхня джерела тепла). Тому в цій моделі визначались найкращі (оптимальні) параметри двофазового потоку з точки зору їх взаємодії із твердими частинками диму – тривалість польоту та максимальна довжина траєкторії крапель тонкорозпиленої води.

Моделювання руху крапель тонкорозпиленої води в повітряному потоці задається їх початковою температурою, розміром крапель: 125 мкм, 250 мкм, 500 мкм та масовими витратами води 0,1 кг/с. Продуктивність вентилятора змінювалася в діапазоні реальних продуктивностей вентиляторів, а саме: від 3600 м³/год до 7200 м³/год, або відповідно від 1 м³/с до 2 м³/с через 0,25 м³/с.

Результати досліджень моделі представлено у вигляді хромограм. На рис. 1 а та 1 б представлено хромограми розподілу температури та швидкості повітряно-крапельного середовища в приміщенні.

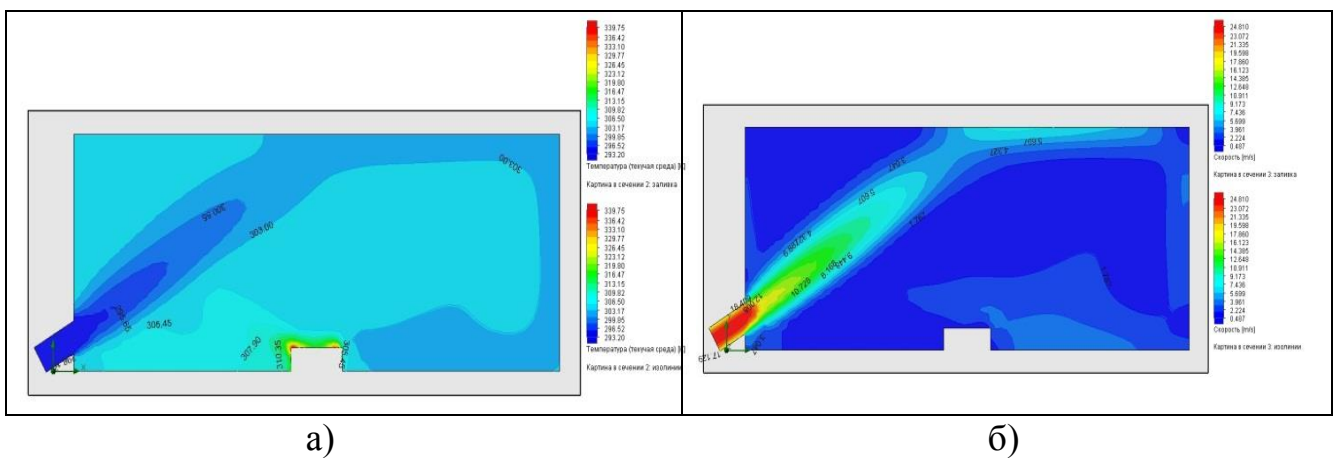


Рисунок. 1– Хромограми розподілу: а) температури в середовищі моделі; б) швидкості повітряно-крапельного середовища

На рис. 2 представлено траєкторії польоту крапель тонкорозпиленої води діаметром 250 мкм в масі повітря, що виходить із вентилятора.

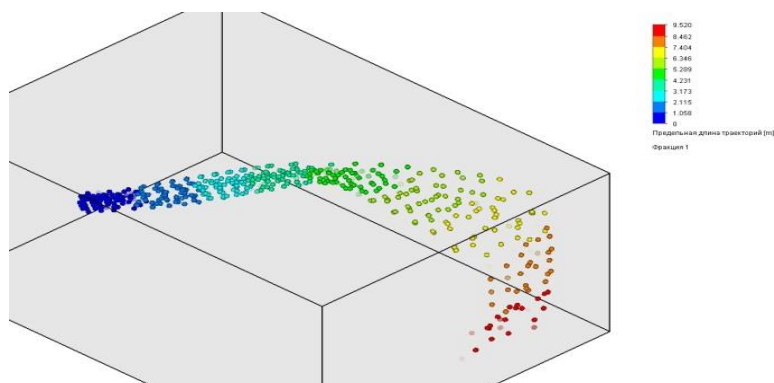


Рисунок. 2– Хромограма розподілу крапель тонкорозпиленої води в потоці повітря (гранична довжина траєкторій)

Для узагальнення даних, отриманих із математичного моделювання, побудовано узагальнені графіки температури середовища, швидкості та

вологості середовища. На рис. 3 а та 3 б представлено графічні залежності температури і відносної вологості середовища від продуктивності вентилятора.

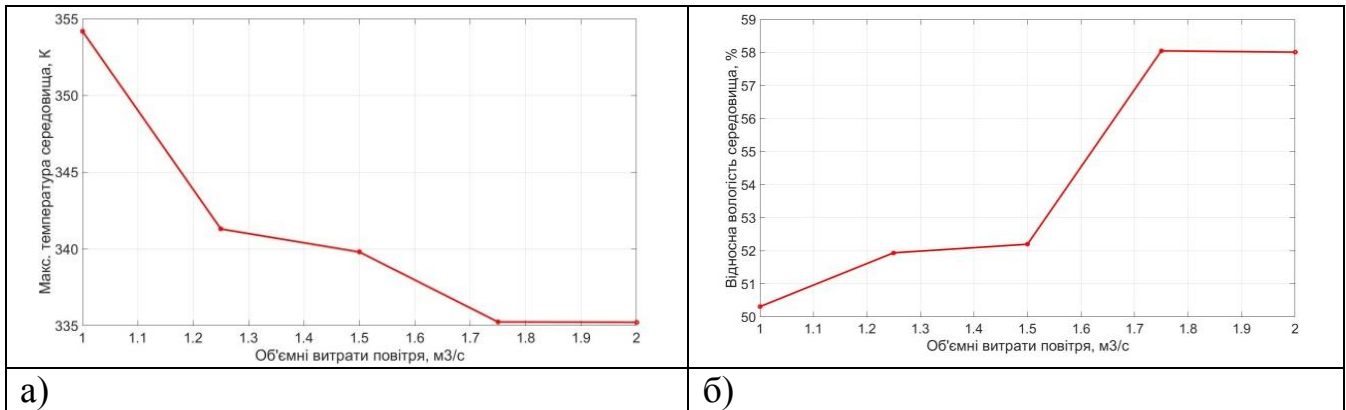


Рисунок. 3– Графічні залежності від продуктивності вентилятора: а) максимальної температури середовища; б) відносної вологості середовища

Як видно із рис. 3а, включення в роботу вентилятора призводить до значного охолодження середовища. Однак із збільшенням його продуктивності ця залежність зменшується і після значення $1,75 \text{ м}^3/\text{с}$ процес охолодження середовища стабілізується. З точки зору охолодження приміщення збільшувати продуктивність вентилятора діаметром 300 мм вище значення $1,75 \text{ м}^3/\text{с}$ недоцільно.

Як видно із рис. 3б, збільшення продуктивності вентилятора призводить до зростання вологості навколишнього середовища. Причому до значення $1,5 \text{ м}^3/\text{с}$ це зростання незначне, у діапазоні $1,5 - 1,75 \text{ м}^3/\text{с}$ – доволі значне, а після $1,75 \text{ м}^3/\text{с}$ зростання вологості взагалі не відбувається. Отже, оптимальною продуктивністю вентилятора слід вважати діапазон $1,5 - 1,75 \text{ м}^3/\text{с}$.

На рис. 4а та 4б представлено графічну залежність максимальної довжини траєкторії та тривалості польоту крапель тонкорозпиленої води різних фракцій від продуктивності вентилятора.

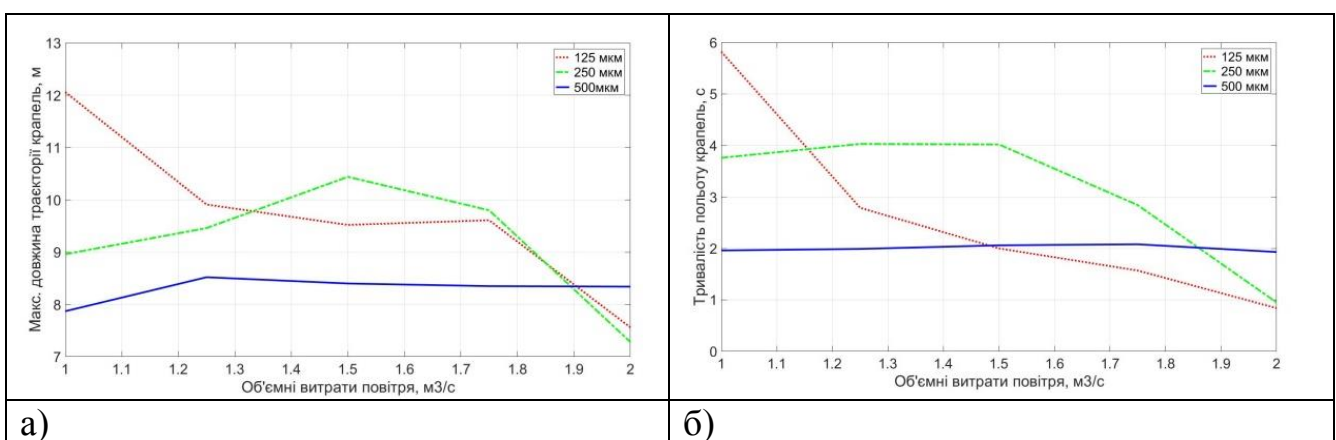


Рисунок. 4– Графічні залежності польоту крапель тонкорозпиленої води різних фракцій від продуктивності вентилятора: а) максимальна довжини траєкторії; б) тривалість

Як видно із рис. 4а, найбільша довжина траєкторій спостерігається у крапель дрібної фракції (125 мкм), але лише при низьких об'ємних витратах. Траєкторії фракцій крапель середнього розміру (250 мкм) набувають максимуму при середніх витратах (1,5 м³/с). При зростанні швидкості повітря їх траєкторії теж вкорочуються. Отже, для продуктивності вентилятора 1,5 м³/с, оптимальною з точки зору довжини траєкторії буде фракція тонкорозпиленої води із розміром крапель 250 мкм.

Як видно із рис. 4б, максимальна тривалість польоту спостерігається у крапель дрібної фракції, але вона скорочується із ростом продуктивності вентилятора. Максимальна тривалість польоту фракцій середнього діаметра лежить в діапазоні від 1,25 м³/с до 1,5 м³/с. Тривалість польоту крапель великої фракції (500 мкм) є незмінною і становить 2 с. Отже, для продуктивності вентилятора 1,5 м³/с, оптимальною з точки зору тривалості польоту буде фракція тонкорозпиленої води із розміром крапель 250 мкм.

На рис. 5 представлено графічну залежність відносної ефективності осадження диму від продуктивності вентилятора та діаметра крапель тонкорозпиленої води. Під відотною ефективністю осадження диму розуміємо добуток тривалості польоту краплі на довжину її польоту, адже чим більшою буде довжина польоту краплі і його тривалість, тим кращими будуть умови для взаємодії краплі води із частинками диму. Оцінку цього процесу будемо здійснювати відносно найбільшого значення добутку обох значень.

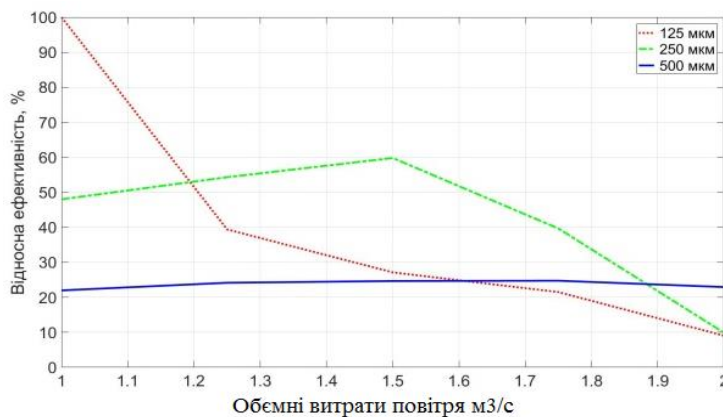


Рисунок. 5— Графічна залежність відносної ефективності осадження диму від продуктивності вентилятора та діаметра крапель тонкорозпиленої води

Як видно із рис. 5, для об'ємних витрат повітря 1,5 м³/с найкращою відотною ефективністю для осадження диму будуть краплі тонкорозпиленої води середнього діаметра (250 мкм), а ефективність дрібних та крупних фракцій є вдвічі меншою.

В розділі 3 представлені результати експериментальних досліджень з визначення дисперсності частинок водних вогнегасних речовин в різних точках струменя розпилення з форсунок типу «повний конус» залежно від тиску та діаметра вихідного отвору в лабораторних умовах.

Експериментальні дослідження проводились згідно з розробленою методикою проведення вогневих випробувань для систем пожежогасіння

тонкорозпиленими водними вогнегасними речовинами в лабораторії УкрНДІЦЗ.

Відповідно до розробленої методики, за основний критерій дисперсності крапель тонкорозпиленої води (ТРВ) брався репрезентативний діаметр \bar{D}_{32} - за середнім діаметром за об'ємом/площиною (середній діаметр Соутера SMD), тобто діаметр краплини, для якої відношення об'єму до площі поверхні таке саме, як для усього зразка.

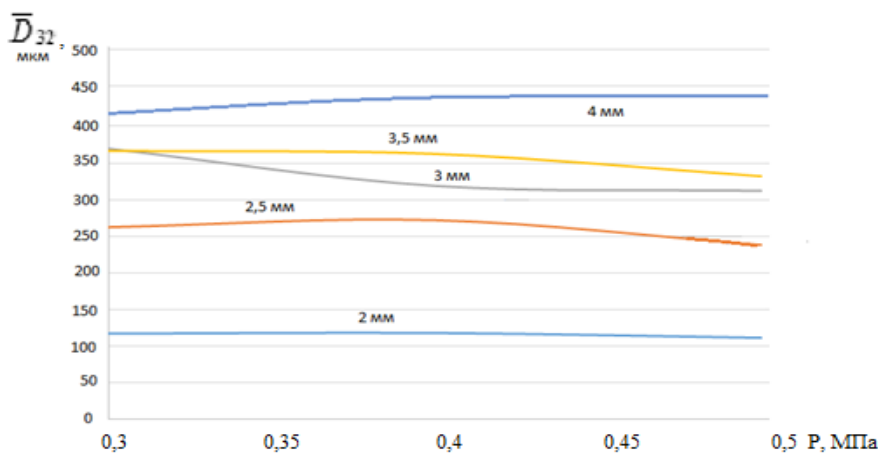
Дослідження проводилось в 5 етапів відповідно до того який, діаметр форсунки випробовувався: використовували форсунки з діаметрами вихідних отворів ($d=2; 2,5; 3; 3,5; 4$ мм) та при різних тисках ($P=0,3; 0,4; 0,5$ МПа). Кожен дослід з форсункою відповідного діаметру проводився по 2 рази. Числові дані щодо зміни дисперсності краплі тонкорозпиленої води (мкм) наведено в табл. 1.

Таблиця 1

Результати експериментальних досліджень з виявлення впливу надлишкового тиску та діаметру внутрішнього отвору форсунок типу «повний конус» на еквівалент діаметра краплин у струменях тонкорозпиленої води

Діаметр форсунки, мм	P=0,3 МПа	P=0,4 МПа	P=0,5 МПа	Усереднений еквівалент діаметра краплин води, мкм
2,0	117	118	111	115±3
2,5	263	273	238	258±15
3,0	371	319	312	334±33
3,5	367	363	333	354±15
4,0	414	415	433	420±10

На рис. 6 та показано залежність еквівалента діаметра краплин тонкорозпиленої води від технічного параметра форсунки.



Рисунк. 6– Залежність еквівалента діаметра краплин тонкорозпиленої води від технічного параметра форсунки

На підставі аналізу результатів експериментальних досліджень за допомогою програмного забезпечення отримано числові дані щодо зміни дисперсності краплин ТРВ залежно від тиску та діаметра вихідного отвору форсунки типу «повний конус». За результатами проведених експериментальних досліджень встановлено, що за надлишкового тиску в межах від 0,3 до 0,5 МПа у разі застосування запропонованих форсунок типу повний конус з діаметрами вихідних отворів 2,0; 2,5; 3,0; 3,5; 4,0 мм генеруються струмені тонкорозпиленої води з діаметром краплин від 110 до 430 мкм. Визначено, що зміна надлишкового тиску в діапазоні від 0,3 до 0,5 МПа практично не впливає на дисперсність краплин тонкорозпиленої води у разі застосування форсунок такого типу однакового діаметру, а суттєвий вплив має діаметр їх вихідного отвору. Встановлено, що за надлишкового тиску $0,4 \pm 0,1$ МПа, характерного для роботи насосів пожежних автомобілів під час подавання вогнегасних речовин в процесі ліквідування пожеж, у разі застосування запропонованих форсунок типу «повний конус» діаметрами 2,0; 2,5; 3,0; 3,5; 4,0 мм генеруються струмені тонкорозпиленої води з усередненими діаметрами краплин.

В четвертому розділі проведено експериментальну перевірку основних теоретичних результатів досліджень, щодо комбінованого впливу дисперсності краплин ТРВ та потоку чистого повітря на осадження продуктів горіння та зниження температури в лабораторних умовах. Експериментальні дослідження проводились згідно з розробленою методикою із визначення параметрів небезпечних чинників пожежі (температури, оптичної густини диму) класів А і В в об'ємах приміщень.

Метою експериментальних досліджень було досягнення середньооб'ємної температури в межах $60 \pm 5^{\circ}\text{C}$ та видимості: візуальної - в межах $3 \pm 0,5$ м і оптичної - в межах $0,78$ Нп/м (200 ± 7 мВ) шляхом нагнітання повітряно-водяного струменя) в приміщення, де розміщено модельне вогнище пожежі, за допомогою насадки-розпилювача (форсунка – «повний конус») при постійному тиску 0,4 МПа одночасно з осьовим електричним димовсмоктувачем (вентилятором) продуктивністю $5000 \text{ м}^3/\text{год}$.

Для дослідження процесу з визначення ефективності засобів осадження диму застосовувався прилад з визначення оптичної густини диму (рис. 7).

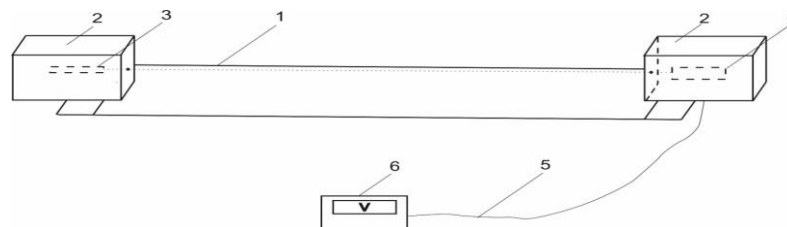


Рисунок. 7– Схема зображення приладу для дослідження оптичної густини диму: 1 – рама для кріплення елементів; 2 – термобокс; 3 – лазер з автономним джерелом живлення; 4 – світлоприймач; 5 – термостійкий електропровід; 6 – мілівольтметр

Покази приладу відображають числові значення у мілівольтах, але оскільки загальноприйнятою одиницею вимірювання оптичної густини диму є Нп/м, то покази приладу за допомогою тарерувального графіка переводились у непер/метр (рис. 8).

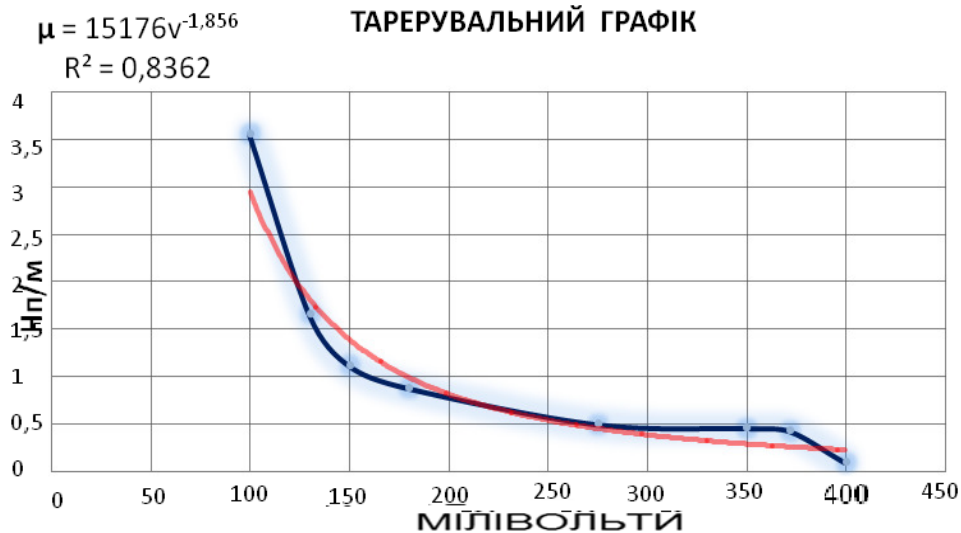


Рисунок. 8– Тарерувальний графік переводу одиниць оптичної густини диму з мілівольтів в непер/метр

В таблиці 2 показано дані щодо переведення одиниць оптичної густини диму з мілівольтів в непер/метр

Таблиця 2

Переведення одиниць оптичної густини диму з мілівольтів в непер/метр

Мілівольти (відносна похибка ± 7 мВ)	Метри	Нп/м
240	4	0,49
220	3,5	0,62
200	3	0,78
180	2,5	0,83
160	2	0,91

Схема розміщення приладу для дослідження оптичної густини диму, термоперетворювачів, обладнання і вхідного отвору для комбінованого подавання ТРВ одночасно з повітрям та вихідного отвору для вилучення продуктів згоряння з приміщення лабораторії показана на рис. 9. Прилад для дослідження оптичної густини диму в приміщенні лабораторії встановлювався на спеціальному штативі на висоті 1,7 м від рівня підлоги.

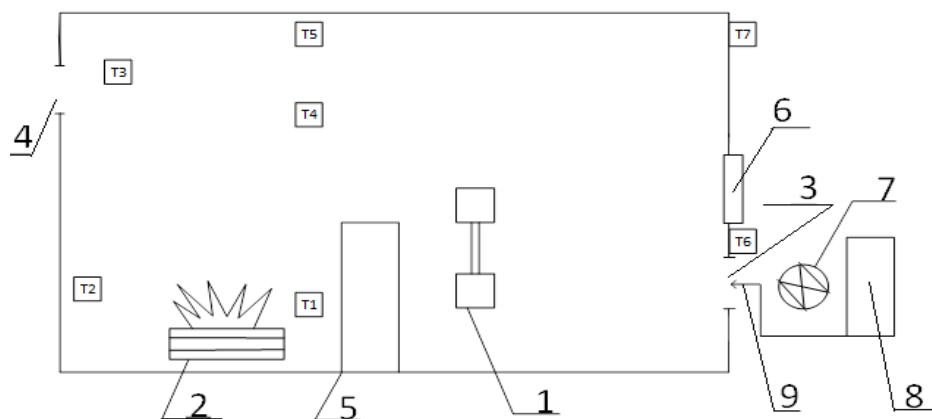


Рисунок. 9– Схема розміщення приладу для дослідження оптичної густини диму і термоперетворювачів (вигляд збоку): 1 – прилад для дослідження оптичної густини диму; 2 – макетне вогнище пожежі; 3 – вхідний отвір; 4 – вихідний отвір; 5 – металеві двері; 6 – оглядове вікно з термостійким склом; 7 – електричний вентилятор; 8 – посудина з водою; 9 – насадка-розпилювач; термоперетворювачі (заміри температури від підлоги на висоті): Т-1 і Т-2 (110 см), Т-3 і Т-4 (188 см), Т-5 і Т-7 (236 см), Т-6 (160 см)

На рис. 10 зображено план-схему приміщення лабораторії, на якій показано розміщення манекена людини та електричного ліхтаря з лампочкою потужністю 21 Вт для визначення візуальної видимості.

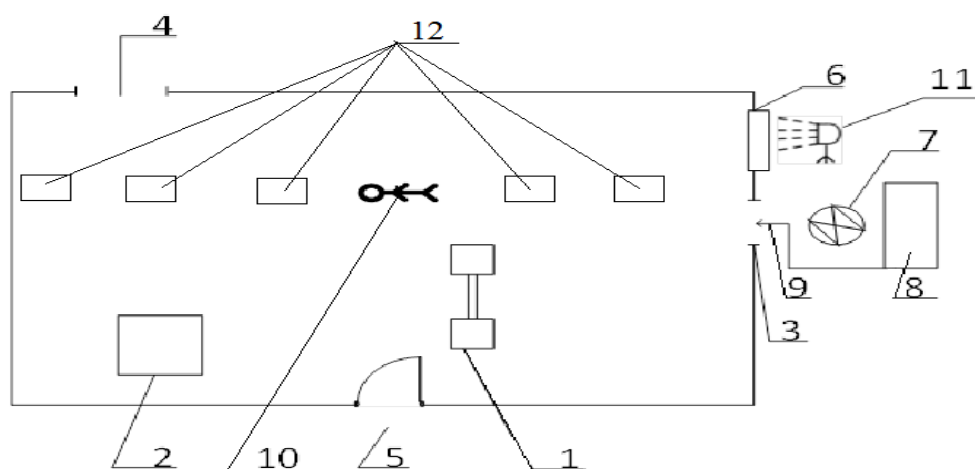


Рисунок. 10– План-схема розміщення манекена людини та ліхтаря для визначення видимості (вигляд зверху): 1 – прилад для дослідження оптичної густини диму; 2 – макетне вогнище пожежі; 3 – вхідний отвір; 4 – вихідний отвір; 5 – металеві двері; 6 – оглядове вікно з термостійким склом; 7 – електричний вентилятор; 8 – резервуар з водою під тиском; 9 – насадка-розпилювач; 10 – манекен людини; 11– ліхтар; 12 – покажчики, які розміщені з кроком в один метр

Подача тонкорозпиленої води проводилася відповідно до методики за схемою, яка показана на рис. 11.

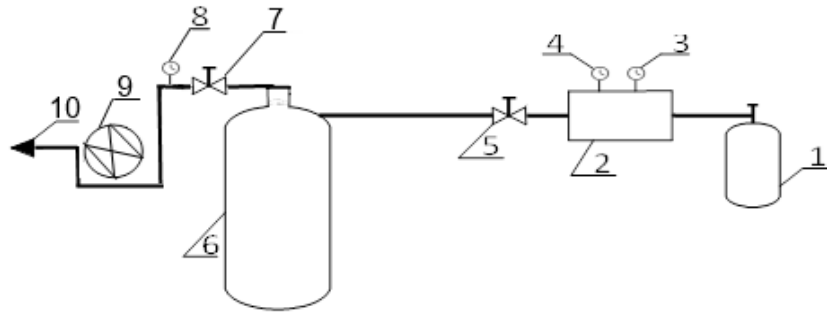


Рисунок. 11– Схема установки для подавання тонкорозпиленої води: 1 – балон зі стисненим повітрям ($P_1=20$ МПа); 2 – редуктор; 3 – манометр тиску у балоні зі стисненим повітрям; 4 – манометр вторинного тиску повітря ($P_2=0,4$ МПа); 5 – запірний вентиль; 6 – посудина ($V = 50$ дм³) з водою під тиском; 7 – запірний кран; 8 – манометр тиску на виході; 9 – осьовий вентилятор; 10 – насадка-розпилювач

Дослідження проходилися у 5 етапів відповідно до того, який діаметр форсунки випробовувався ($d=2; 2,5; 3; 3,5; 4$ мм) при постійному тиску ($P=0,4$ МПа). Кожен дослід з форсункою відповідного діаметра проводився по 2 рази, після чого бралось середнє значення.

При 5-ти етапах досліджень на 10-ту хвилину в приміщенні, де розміщувалось модельне вогнище пожежі, на момент подачі повітряно-водяного струменя середньооб'ємна температура становила 160°C , а видимість: візуальна – 0 м а оптична за приладом – $2,37$ Нп/м (80 мВ). Далі вмикався електричний вентилятор та подача повітряно-водяного струменя.

Провівши дослідження всі результати звели в графіки та таблиці, а саме на рис. 12 показано графік зміни температури ($^{\circ}\text{C}$) в приміщенні при 5 етапах досліду, згідно з діаметрами вихідного отвору форсунок, що випробовувались.

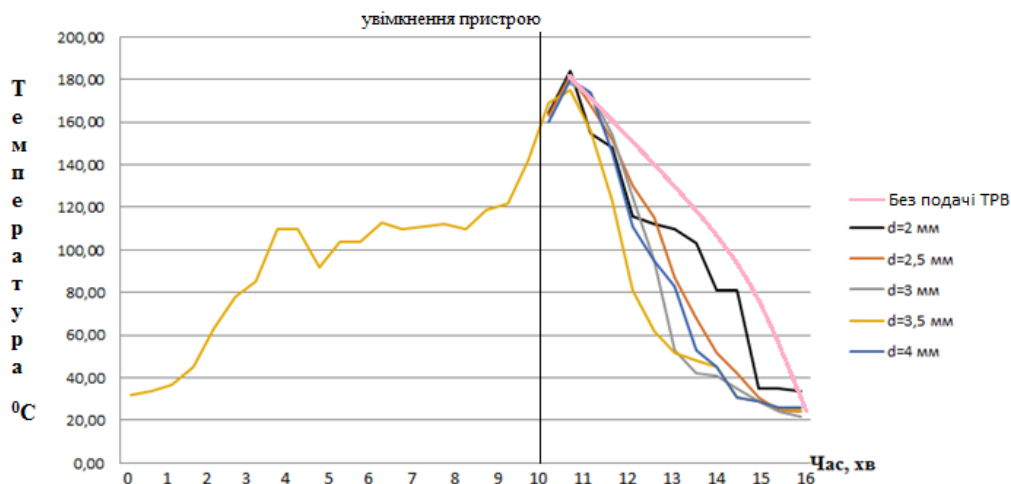


Рисунок. 12– Графік зміни температури ($^{\circ}\text{C}$) в приміщенні

В табл. 3 наведено вплив дисперсності крапель ТРВ на час у хвилинах для досягнення середньооб'ємної температури в межах $60\pm 5^{\circ}\text{C}$.

Таблиця 3

Вплив дисперсності крапель ТРВ на зміну температури ($^{\circ}\text{C}$)

Діаметр форсунки, мм	Дисперсність крапель ТРВ, мкм	Час, хв	Витрата води з форсунки, л/с
2	118	4,0	0,04
2,5	273	3,5	0,07
3,0	319	3,0	0,1
3,5	363	2,5	0,13
4	415	3,5	0,17

Отже, відповідно до отриманих результатів, найкращий результат 2 хв 32 с показала форсунка діаметром 3,5 мм.

На рис. 13 та рис. 14 показано графіки зміни видимості: оптичної (Нп/м) та візуальної в приміщенні при 5 етапах дослідження.

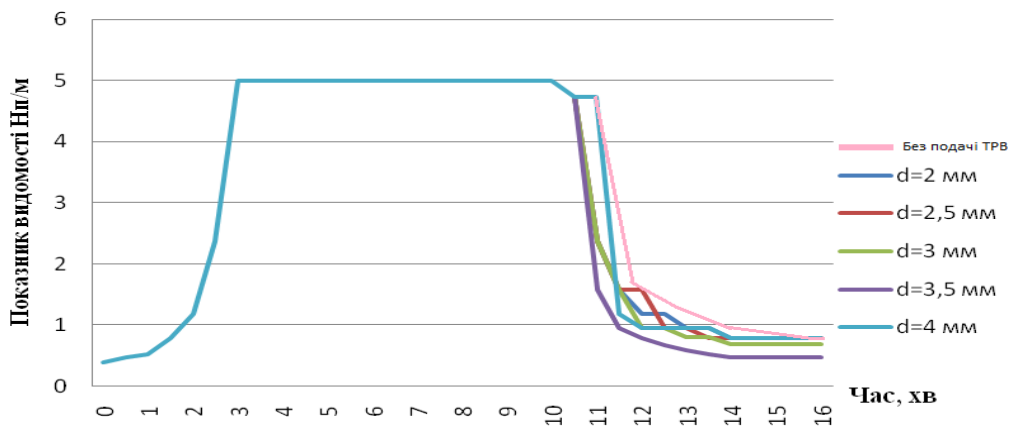


Рисунок. 13–

Графік зміни оптичної видимості (Нп/м) в дослідному приміщенні

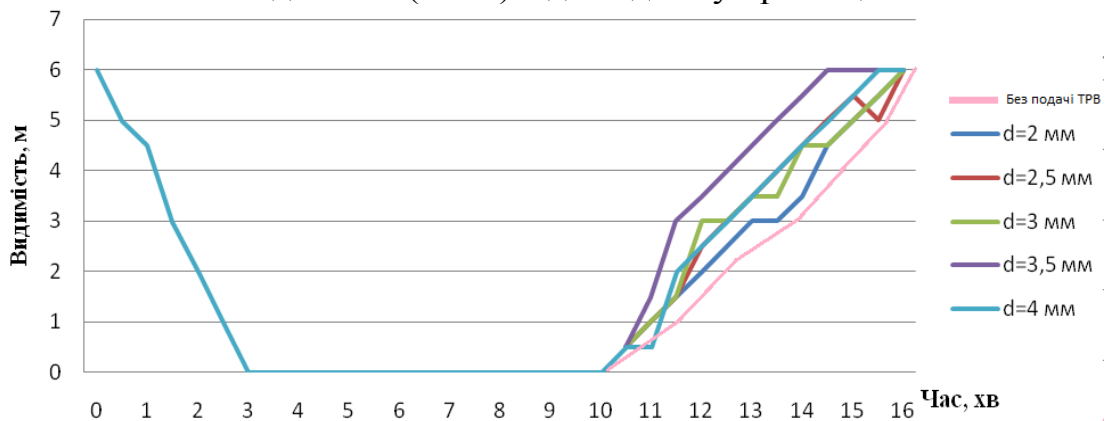


Рисунок. 14– Графік зміни візуальної видимості (м) в дослідному приміщенні

В табл. 4 наведено вплив дисперсності крапель ТРВ на час у хвиликах для досягнення видимості в межах: оптичної – 0,78 Нп/м та візуальної – $3 \pm 0,5$ м.

Таблиця 4

Вплив дисперсності крапель ТРВ на зміну видимості

Діаметр форсунки, мм	Дисперсність крапель ТРВВР, мкм	Час досягнення оптичної видимості, хв	Час за який досягається видимість, хв
2,0	118	2,30	2,40
2,5	273	2,0	2,10
3,0	319	1,30	1,35
3,5	363	1,05	1,15
4,0	415	1,30	1.40

Отже, відповідно до отриманих результатів із досягнення видимості: оптичної межах 0,78 Нп/м за 1 хв 5 с, візуальної в межах $3 \pm 0,5$ м за 1хв 15 с, найкращий результат показала форсунка діаметром вихідного отвору 3,5 мм.

Таким чином, на підставі теоретичних та експериментальних досліджень цієї дисертаційної роботи було сконструйовано та виготовлено пристрій, де в якості насадки-розпилювача застосовується форсунка (повний конус) з діаметром вихідного отвору $d=3,5$ мм для подачі ТРВ (далі пристрій), який разом з переносним пожежним димовсмоктувачем ДП-7М можна було б застосовувати під час гасіння реальних пожеж в підвальних приміщеннях ланками ГДЗС. Загальна будова пристрою представлена на рис. 15 а та б.

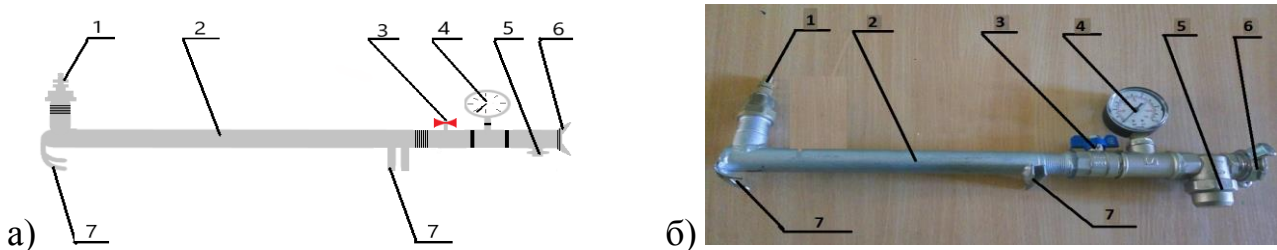


Рисунок. 15– Загальна будова пристрою: а) конструкційна схема; б) фото; 1 – форсунка; 2 – трубопровід; 3 – перекирвний кран; 4 – манометр; 5 – фільтр води; 6 – з'єднувальна головка; 7 – спеціальне кріплення до димовисмоктувача

Розташовується і кріпиться пристрій в передній частині до димовисмоктувача за допомогою спеціального кріплення (рис. 16).

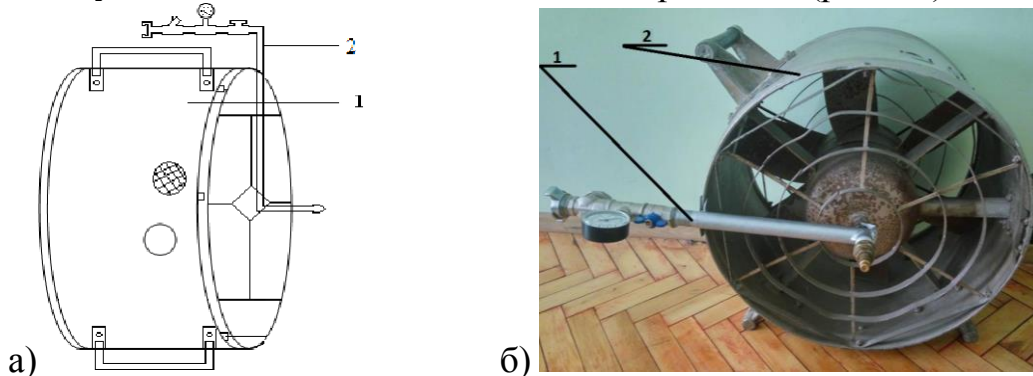


Рисунок. 16– Загальний вигляд пристрою разом з димовсмоктувачем: а) схема; б) фото; 1 – пристрій для подачі ТРВ; 2 – димовсмоктувач

Принцип дії пристрою для подачі ТРВ та димовсмоктувача, полягає у їх одночасній роботі з метою отримання та подачі повітряно-водяного струменя. Повітряно-водяний струмінь отримують в результаті 2-х компонентів: тонкорозпиленої води та повітря.

На основі математичної моделі виконано перерахунок відносної ефективності струменя для конкретних параметрів, що використовувалися в експерименті (рис. 17 (червона крива)). Аналогічним чином визначено відносну ефективність осадження диму шляхом вимірювання часу, протягом якого досягається необхідна видимість (синя крива), але у цьому значенні ефективності вже враховано ефективність параметрів потоку. Тому для оцінки ефективності взаємодії крапель ТРВ із димом необхідно її вилучити. В результаті зелена лінія відображає ефективність взаємодії крапель ТРВ різних розмірів з частинками диму.

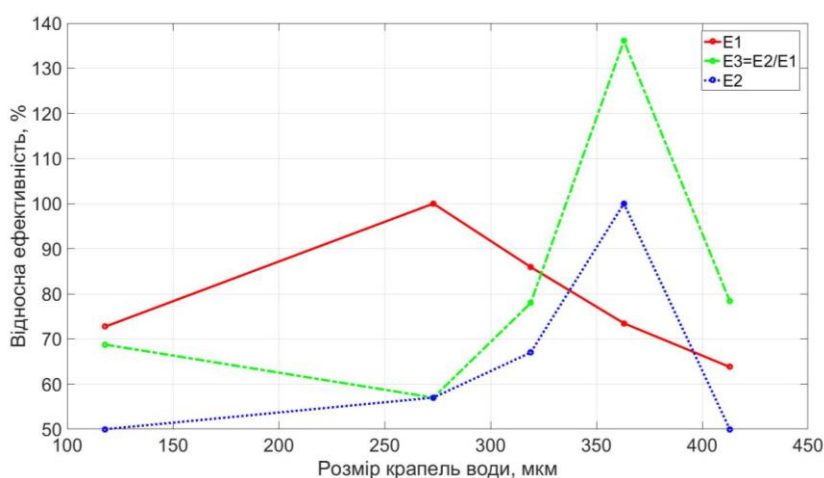


Рисунок. 17– Графічна залежність відносної ефективності осадження диму: (E1 – від розміру крапель ТРВ та параметрів струменя, E3 – від розміру крапель води)

Як показує аналіз рис. 17, вплив оптимального потоку повітряно-водяного струменя на ефективність осадження диму є приблизно в півтора раза менший ніж вплив розміру краплі ТРВ.

В п'ятому розділі подано методичні рекомендації із застосування пристрою для осадження продуктів згоряння та зниження середньооб'ємної температури в підвальних приміщеннях житлових і промислових будівель у разі ліквідування пожеж.

Виходячи з конструктивних та технологічних характеристик пристрою на базі димовсмоктувача для осадження продуктів згоряння та зниження температури, відзначаються такі їх переваги у зіставленні із відомими аналогами (ДП-7 та ДП-10): при подачі повітряно-водяного струменя в задимлене приміщення швидше (на прикладі, ДПМ-7) у 1,5-2 рази.

Проведеними полігонними випробуваннями визначено оптимальні показники комбінованого подавання води до пристрою по пожежному рукаву діаметром $d=38$ мм під тиском $P=0,4$ МПа, що забезпечують насоси, якими обладнуються автоцистерни підрозділів ДСНС України, а продуктивність димовсмоктувача при цьому становить від 5000 до 7000 м³/год.

Витрата води у пристрої з форсункою з діаметром вихідного отвору 3,5 мм при тиску $P = 0,4$ МПа буде становити 0,13 л/с. При цій витраті ТРВ з форсунки, якщо її використовувати одночасно з димовсмоктувачем, наприклад АЦ-40(130)63Б, в якій запас води становить 2500 л, зможе забезпечити роботу пристрою протягом 298 хв, що фактично не впливає на витрату води на гасіння пожежі ланкою ГДЗС при використанні нею водяного ствола Б. Відповідно на практиці під час гасіння пожеж у підвальних приміщеннях для створення безпечних умов (досягнення середньооб'ємної температури в межах $60 \pm 5^{\circ}\text{C}$ та видимості: візуальної в межах $3 \pm 0,5$ м і оптичної в межах 0,78 Нп/м (200 ± 7 мВ) при використанні одного пристрою на базі димовсмоктувача ДПМ-7 для осадження продуктів згоряння та зниження температури ланкам ГДЗС буде достатньо 3-4 хв для приміщення об'ємом 65-70 м³.

Наведені методичні рекомендації із застосування пристрою для комбінованого подавання ТРВ разом з димовсмоктувачем для осадження продуктів згоряння та зниження середньооб'ємної температури в підвальних приміщеннях та показана схема оперативного розгортання відділення на автоцистерні під час гасіння пожеж у підвалах. Також розроблені додаткові обов'язки номерів оперативного розрахунку на АЦ-40(130)63Б.

Проведено полігонні випробування з визначення ефективності використання пристрою для подачі ТРВ на базі димовсмоктувача ДП-7М. Результати полігонних випробувань наведено в табл. 5.

Таблиця 5

Результати полігонних випробувань

Характеристика параметрів	Без подавання ТРВ	З подаванням ТРВ
	фактичні значення, с	фактичні значення, с
Зниження середньооб'ємної температури до $60 \pm 5^{\circ}\text{C}$	80	57
	76	53
усереднене значення, с	78 ± 2	55 ± 2
досягнення візуальної видимості в межах $3 \pm 0,5$ м	45	36
	43	38
усереднене значення, с	44 ± 1	37 ± 2
досягнення оптичної видимості в межах 0,78 Нп/м	38	28
	40	30
середнє значення, с	39 ± 1	29 ± 1

Проведено експериментальні дослідження, щодо визначення швидкості руху пересування ланок ГДЗС в умовах різної видимості предметів в залежності від густини диму у підвальному приміщенні. Встановлено, що проведення розвідки з пошуком осередку пожежі або потерпілого у підвалі в умовах видимості менше 1 м швидкість руху ланки ГДЗС в середньому буде становити до 9 м/хв. А в разі застосування пристрою для комбінованої подачі тонкорозпиленої води на базі димовсмоктувача ДП-7 для пониження середньо об'ємної температури до $60 \pm 5^{\circ}\text{C}$ та збільшення видимості: візуальної в межах

$3 \pm 0,5$ м і оптичної в межах $0,78$ Нп/м (200 ± 7 мВ) швидкість руху ланки ГДЗС в середньому буде становити до 12 м/хв., що в 1,3 рази швидше.

ВИСНОВКИ

В дисертаційній роботі, яка є завершеною кваліфікаційною науковою працею, наведено розв'язок актуальної наукової задачі – розкриття особливостей впливу комбінованого подавання повітря та струменів тонкорозпиленої води на процес їх взаємодії із нагрітими та заповненими продуктами згоряння об'ємами як підґрунтя підвищення ефективності ліквідування пожеж у підвальних приміщеннях

При цьому отримано основні наукові та практичні результати, які наведено нижче.

1. За результатами аналізу статистики пожеж в Україні за період з 2009 по 2017 рік, виявлено, що щороку в країні виникає в середньому понад 70 тис. пожеж, майже 73 % з яких у спорудах житлового сектора, зокрема в їх підвальних приміщеннях. Внаслідок пожеж щороку гине 2-3 тис. осіб, з них 17 % – у підвалах житлового сектора переважно внаслідок дії таких небезпечних чинників пожежі, як токсичні продукти повного і неповного згоряння та підвищення температура.

2. Висунуто ідею, що підвищення ефективності ліквідування пожеж у підвальних приміщеннях може бути досягнуто комбінованим застосуванням димовсмоктувачів та струменів тонкорозпиленої води з визначеними параметрами.

3. Із застосуванням розробленої узагальненої математичної моделі процесу взаємодії струменів тонкорозпиленої води із нагрітими та заповненими продуктами згоряння об'ємами доведено, що ефективно осадження диму досягається дією повітряно-водяних струменів із швидкістю 25 м/с, середнім розміром краплин 250 мкм та масовою витратою води 0,1 кг/с.

4. За результати експериментальних досліджень із застосуванням програмного забезпечення виявлено впливу надлишкового тиску та діаметра внутрішнього отвору запропонованих форсунок типу «повний конус» на еквівалент діаметра краплин у струменях тонкорозпиленої води і встановлено, що за надлишкового тиску в межах від 0,3 до 0,5 МПа у разі застосування запропонованих форсунок з діаметрами вихідних отворів 2,0; 2,5; 3,0; 3,5; 4,0 мм генеруються струмені тонкорозпиленої води з діаметром краплин від 110 до 430 мкм.

5. Встановлено, що за надлишкового тиску $0,4 \pm 0,1$ МПа, характерного для роботи насосів пожежних автомобілів під час подавання вогнегасних речовин в процесі ліквідування пожеж, у разі застосування запропонованих форсунок типу «повний конус» діаметрами 2,0; 2,5; 3,0; 3,5; 4,0 мм генеруються струмені тонкорозпиленої води з усередненими діаметрами краплин 115 ± 3 ; 258 ± 15 ; 334 ± 33 ; 354 ± 15 ; 420 ± 10 мкм відповідно.

6. Теоретично обґрунтовано та запропоновано схемні рішення, а також виготовлено переносний пристрій, який на відміну від відомих, реалізує комбінований, одночасний вплив струменів тонкорозпиленої води та повітря на

зменшення середньооб'ємної температури та задимленості продуктами згоряння об'ємів приміщень.

7. Обґрунтовано схемні рішення та створено прилад для вимірювання оптичної густини диму з визначеними параметрами, суть роботи якого полягає у виявленні послаблення інтенсивності лазерного променя, внаслідок його проходження крізь задимлене середовище.

8. Із застосуванням розробленого приладу для вимірювання оптичної густини диму експериментальними дослідженнями доведено, що найефективніше (за часом) зниження середньооб'ємної температури до $60 \pm 5^{\circ}\text{C}$ з моменту подачі повітряно-водяного струменя пристроєм, яке становить 2 хв 32 с, відповідає значенню діаметра форсунки 3,5 мм. За таких умов збільшення видимості пристроєм було досягнуто: оптичної – у межах 0,78 Нп/м за 1 хв 5 с та візуальної – в межах $3 \pm 0,5$ м за 1хв 15 с. Найкращий результат показала форсунка з діаметром вихідного отвору 3,5 мм з дисперсністю ТРВ 360 мкм. Як показують результати експериментальних досліджень, видимість досягається майже в 2,5 раза швидше ніж температура за часом.

9. Експериментально визначено швидкості руху пересування ланок ГДЗС в умовах різної видимості у підвальному приміщенні і встановлено, що в умовах видимості менше 1 м швидкість руху ланки ГДЗС в середньому буде становити до 9 м/хв, а у разі застосування запропонованого пристрою комбінованого подавання тонкорозпиленої води та повітря на базі димовсмоктувача ДП-7 швидкість руху ланки ГДЗС в середньому буде становити до 12 м/хв, тобто буде в 1,3 раза швидшою.

10. Розроблено та апробовано методичні рекомендації для осадження продуктів згоряння та зниження середньооб'ємної температури в підвальних приміщеннях житлових і промислових будівель у разі ліквідування пожеж з використанням пожежного димовсмоктувача і пристрою для подавання тонкорозпиленої води. Проведено полігонні випробування пристрою для подавання тонкорозпиленої води на базі димовсмоктувача ДП-7М і встановлено, що у разі його застосування в умовах випробувань відбувається зниження середньооб'ємної температури до $60 \pm 5^{\circ}\text{C}$, а гасіння пожеж у підвалах досягається за проміжок часу в 1,4 раза менший. Аналогічним є досягнення візуальної видимості в межах $3 \pm 0,5$ м в 1,2 раза швидше, а оптичної прозорості відповідно у 1,3 раза.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Луц В.І. Підвищення ефективності застосування переносних пожежних димовсмоктувачів. / В.І. Луц, О.В. Лазаренко, Н.О. Штангрет // Пожежна безпека: зб. наук. пр. – 2016. – № 28. – С. 88-94.

2. Влияния конструктивных элементов устройств на дисперсность капель воды для осаждения продуктов горения и снижения температуры в объемах помещений во время пожара. / Луц Василий, Лоик Василий, Штангрет Назар, Матушкевич Рафал // Zeszyty Naukowe SGSP.Warszawa – 2017. – №.64.– С.125-149.

3. Луц В.І. Розроблення методики з визначення параметрів небезпечних чинників пожежі в об'ємах приміщень. / В.І. Луц, В.Б. Лоїк, Н.О. Штангрет // Пожежна безпека: зб. наук. пр. – 2017. – № 31. – С. 90-96.

4. Луц В.І. Розроблення приладу для дослідження оптичної густини диму в об'ємах приміщень при пожежі. / В.І. Луц, Н.О. Штангрет // Надзвичайні ситуації: попередження та ліквідація: зб. наук. пр. – 2017. – № 2. – С. 45-53.

5. Уханська О.М. Математична модель визначення тривалості руху та пройденого шляху крапель водних вогнегасних речовин у приміщенні під час пожежі. / О.М. Уханська, Н.О. Штангрет// Пожежна безпека: зб. наук. пр. – 2018. – №32. – С. 63-68.

6. Луц В.І. Підвищення ефективності застосування повітряно-водяного струменя переносними пожежними димовсмоктувачами. / В.І. Луц, Н.О. Штангрет // Проблеми та перспективи розвитку системи безпеки життєдіяльності: матеріали міжнар.наук.-практ.конф. – Львів, 2016. – С.154-155.

7. Луц В.І. Экспериментальные исследования по определению дисперсности капель тонкораспыленных водных огнетушащих веществ при распылении форсунки в лабораторных условиях. / В.І. Луц, Н.О. Штангрет // Исторические аспекты, актуальнее проблемы и перспективы развития гражданской обороны: материалы VI международной научно-практической конференции адъюнктов, магистрантов, курсантов и студентов. – Кокшетау, 2018. – С. 150-158.

8. Лазаренко О.В. Розробка динамічного макету з управління газовими потоками для підготовки газодимозахисників. / О.В. Лазаренко, Н.О. Штангрет // Теорія і практика гасіння пожеж та ліквідування надзвичайних ситуацій: матеріали міжнар.наук.-практ.конф. – Черкаси, 2016. – С. 279-280.

9. Луц В.І. Розроблення приладу для дослідження оптичної густини диму в об'ємах приміщень при пожежі. / В.І. Луц, Н.О. Штангрет // Сучасний стан цивільного захисту України та перспективи розвитку: матеріали 19-ї Всеукраїнської наук.-практ.конф. – Київ, 2017. – С.269-270.

10. Луц В.І. Экспериментальные исследования влияния дисперсности капель тонко розпиленных водных вогнегасних речовин на осадження продуктів горіння та пониження температури при пожежі в лабораторних умовах. / В.І. Луц, Н.О. Штангрет // Проблеми та перспективи розвитку системи безпеки життєдіяльності: матеріали міжнар.наук.-практ.конф. – Львів, 2018. – С.134-136.

11. Луц В.І. Штангрет Н.О.; Экспериментальные исследования влияния выходного диаметра форсунки на дисперсность водного огнетушащего вещества в лабораторных условиях. / В.І. Луц, Н.О. Штангрет // Обеспечение безопасности жизнедеятельности: проблемы и перспективы: материалы XII Междунар. науч.-практ.конфер. – Минск, 2018. – С.62.

12. Патент u201608098 Прилад для вимірювання оптичної густини диму / В.І.Луц, В.Б.Лоїк, В.Л.Петровський, Н.О.Штангрет// (України); Опубл. 21.07.2016.

13. Патент ua 119365 «Пристрій для осадження продуктів горіння, зниження температури та збільшення видимості в задимлених приміщеннях». / Луц В.І., Штангрет Н. О. (України); Опубл. 25.09.2017.

АНОТАЦІЯ

Штангрет Н. О. Підвищення ефективності ліквідування пожеж у підвальних приміщеннях комбінованим застосуванням димовсмоктувачів та струменів тонкорозпиленої води – Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 21.06.02 – пожежна безпека – Львівський державний університет безпеки життєдіяльності Державної служби України з надзвичайних ситуацій, Львів, 2019.

Дисертаційна робота присвячена вирішенню актуального науково технічно завдання підвищення ефективності ліквідування пожеж у підвальних приміщеннях комбінованим застосуванням димовсмоктувачів та струменів тонкорозпиленої води з визначеними параметрами.

Розроблено узагальнену математичну модель, що описує фізичні процеси взаємодії струменів тонкорозпиленої води з нагрітим та заповненим продуктами згоряння внаслідок пожежі середовищем приміщень.

Запропоновано конструкцію пристрою на базі ДП-7М, де одночасно з потоком повітря подається струмінь тонкорозпиленої води в приміщення під час ліквідування пожеж, науково обґрунтовано його параметри, запропоновано схемні рішення та доведено його ефективність.

Розроблено прилад для вимірювання оптичної густини диму та експериментально доведені умови ефективного збільшення показника оптичної видимості та зниження середньооб'ємної температури в приміщенні та визначені швидкості руху пересування ланок ГДЗС в умовах різної видимості у підвальному приміщенні.

Розроблено та апробовано методичні рекомендації для осадження продуктів згоряння та зниження середньооб'ємної температури в підвальних приміщеннях житлових у разі ліквідування пожеж з використанням пожежного димовсмоктувача і пристрою для подавання тонкорозпиленої води.

Ключові слова: продукти згоряння, процеси димоосадження та зниження температури, форсунка, дисперсність крапель води, тонкорозпилена вода, повітряно-водяний струмінь, переносні пожежні димовсмоктувачі.

АННОТАЦИЯ

Штангрет Н. О. Повышение эффективности ликвидации пожаров в подвальных помещениях комбинированным применением дымососов и струй тонкораспыленной воды - Рукопись.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 21.06.02 – пожарная безопасность – Львовский государственный университет безопасности жизнедеятельности Государственной службы Украины по чрезвычайным ситуациям, Львов, 2019.

Диссертация посвящена решению актуальной научно технической задача повышения эффективности ликвидации пожаров в подвальных помещениях комбинированным применением дымососов и струй тонкораспыленной воды с определенными параметрами.

Разработана математическая модель, описывающая физические процессы взаимодействия струй тонкораспыленной воды с нагретым и заполненным продуктами сгорания в результате пожара средой помещений.

Предложена конструкция устройства на базе ДП-7М, где одновременно с потоком воздуха подается струя тонкораспыленной воды в помещение во время ликвидации пожаров, научно обоснованно его параметры, предложено схемные решения и доказана его эффективность.

Разработан прибор для измерения оптической плотности дыма и экспериментально доказаны условия эффективного увеличения показателя оптической видимости и снижения средньюобъемной температуры в помещении и определены скорости движения передвижения звеньев ГДЗС в условиях различной видимости в подвальном помещении.

Разработаны и апробированы методические рекомендации для осаждения продуктов сгорания и снижение средньюобъемной температуры в подвальных помещениях жилых при ликвидации пожаров с использованием пожарного дымососа и устройства для подачи тонкораспыленной воды

Ключевые слова: продукты горения, процессы дымоосаждения и понижения температуры, форсунка, дисперсность капель воды, тонкораспыленная вода, воздушно-водная струя, переносные пожарные дымососы.

ANNOTATION

Shtanhret N.O. Increasing the efficiency of fire fighting in basements by combined use of smoke extractor and water spray. - Manuscript.

Thesis for obtaining the scientific degree of Candidate of Technical Sciences in specialty 21.06.02 – Fire safety. – Lviv State University of Life Safety of State Emergency Service of Ukraine, Lviv, 2019.

The dissertation is devoted to the solution of the actual scientific and technical problem of increasing the efficiency of fire fighting in basements by combined use of smoke extractor and water spray.

A generalized mathematical model that describes the physical processes of interaction of water spray jets with heated and contaminated combustion products of fire is developed.

The construction of a device based on the smoke extractor ДП-7М, where a jet of fine sprayed water is fed into the room simultaneously with the flow of air. The parameters of the device are scientifically substantiated, the circuit solutions are proposed, and its efficiency is proved.

The instrument for measuring the optical density of smoke was developed. The conditions of effective increase of the optical visibility and the decrease of the average volumetric temperature of the room were proved experimentally. The speeds of movement of the GSPS units movement under conditions of different visibility characteristics in the basement were determined.

The methodical recommendations for the deposition of combustion products and the reduction of the average volumetric temperature in the basement rooms in cases of fire extinguishing using the smoke extractor together with the device for supplying finely sprayed water were developed and tested.

Key words: combustion products, processes of smoke deposition and reduction of temperature, nozzle, dispersion of water droplets, finely sprayed water, air-water jet, portable fire smoke extractors.

Підписано до друку 24.04.2019 р.
Друк різнограф.
Наклад 100 прим.

Формат 60x80/16
Ум. друк. арк. 1,0
Зам. № 02/2019
