

ІНСТИТУТ ДЕРЖАВНОГО УПРАВЛІННЯ ТА НАУКОВИХ ДОСЛІДЖЕНЬ
З ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ
ДЕРЖАВНА СЛУЖБА УКРАЇНИ З НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ

ЛЬВІВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БЕЗПЕКИ ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ
ДЕРЖАВНА СЛУЖБА УКРАЇНИ З НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ

Кваліфікаційна наукова
праця на правах рукопису

ПРИСЯЖНЮК ВІТАЛІЙ В'ЯЧЕСЛАВОВИЧ

УДК 614.842.84

ДИСЕРТАЦІЯ

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ГАСІННЯ ПОЖЕЖ З
ВИКОРИСТАННЯМ ПЕРЕНОСНОГО ЗАСОБУ ДИМО- ТА
ТЕПЛОВИДАЛЕННЯ

21.06.02 – пожежна безпека
(261 – пожежна безпека)

Подається на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук
(доктора філософії)

Дисертація містить результати власних досліджень. Використання ідей,
результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело.

Віталій ПРИСЯЖНЮК

Науковий керівник:
НІЖНИК Вадим Васильович
доктор технічних наук, професор

Перший примірник дисертації є
ідентичним за змістом з усіма іншими
примірниками дисертації

Вчений секретар

к.т.н. Дмитро КОБИЛКІН



АНОТАЦІЯ

Присяжнюк В.В. Підвищення ефективності гасіння пожеж з використанням переносного засобу димо- та тепловидалення. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 21.06.02 «Пожежна безпека» (261 – Пожежна безпека). – Інститут державного управління та наукових досліджень з цивільного захисту ДСНС, Київ, 2023.

У **вступі** обґрунтовано актуальність теми дисертаційної роботи, її зв'язок з науковими програмами та планами, визначено мету, завдання, об'єкт і предмет досліджень, сформульовано наукову новизну та практичну значимість одержаних результатів, наведено відомості про апробацію та публікацію результатів досліджень.

Дисертація присвячена вирішенню актуального наукового завдання у сфері пожежної безпеки – підвищення ефективності гасіння пожеж з використанням переносного засобу димо- та тепловидалення шляхом удосконалення технічних характеристик спрямованих на підвищення продуктивності нагнітання повітря під час гасіння пожеж у будинках та спорудах.

Мета дослідження. Метою дисертаційної роботи є розкриття залежностей продуктивності переносних засобів димо- та тепловидалення від теплофізичних параметрів димогазових середовищ та відповідно особливостей конструкційних параметрів їх елементів, що є науковим підґрунтям для підвищення ефективності димо- та тепловидалення на пожежах за допомогою таких засобів.

У **першому розділі** проаналізовано сучасний стан, способи та прийоми застосування, а також нормативно-технічні документи і патенти на винаходи та корисні моделі щодо засобів димо- та тепловидалення провідних країн світу. Здійснено аналіз методів моделювання, що можуть використовуватись при побудові математичної моделі для обґрунтування конструктивних параметрів елементів переносного засобу димо- та тепловидалення, які забезпечать максимальну продуктивність такого засобу.

На підставі статистичних даних за останні п'ять років про пожежі у будівлях та спорудах, а також інформації про застосування за цей період переносних засобів димо- та тепловидалення пожежно-рятувальними підрозділами України встановлено необхідність проведення відповідних наукових досліджень, спрямованих на підвищення ефективності їх застосування на практиці.

За результатами аналізу літературних джерел відзначено, що в розглянутих роботах недостатньо досліджені конструктивні параметри елементів переносних засобів димо- та тепловидалення, які впливають на продуктивність таких засобів.

Зазначено, що у роботах вчених, присвячених питанням осадження продуктів згоряння, зниження температури та збільшення видимості в задимлених приміщеннях. Проте в їх роботах поза увагою залишилися питання щодо обґрунтування технічних параметрів, спрямованих на підвищення ефективності гасіння пожеж з використанням переносних засобів димо- та тепловидалення на практиці.

Отже, встановлено необхідність проведення досліджень, спрямованих на розкриття залежності продуктивності переносних засобів димо- та тепловидалення від теплофізичних параметрів димогазових середовищ та відповідно особливостей конструкційних параметрів їх елементів, як наукового підґрунтя для підвищення ефективності гасіння пожеж з використанням таких засобів.

У **другому розділі** встановлено перелік конструктивних параметрів елементів переносних засобів димо- та тепловидалення, які впливають на продуктивність, а саме: кут нахилу лопатей вентилятора та площа поверхні лопатей робочого колеса вентилятора. Розроблено математичну модель для обґрунтування конструктивних параметрів елементів переносного засобу димо- та тепловидалення, які забезпечують максимальну продуктивність такого засобу. Наведено результати математичного моделювання, що дають змогу дослідити залежність продуктивності від конструкційних параметрів елементів переносного засобу димо- та тепловидалення, а саме: впливу кута нахилу лопатей вентилятора та

площі поверхні лопатей робочого колеса вентилятору. Визначено, що продуктивність Q ($m^3 \cdot год^{-1}$) досліджуваного переносного засобу димо- та тепловидалення від кута нахилу профілю лопаті β (рад) та площі поверхні робочого колеса вентилятора S (m^2) має вигляд двофакторної регресивної моделі. За результатами математичного моделювання обґрунтовано конструкційні параметри елементів переносного засобу димо- та тепловидалення, які забезпечують максимальну продуктивність, а саме: кут нахилу лопаті вентилятора 0,71 рад, площа поверхні робочого колеса вентилятора 0,143 m^2 . Знайдені величини було покладено в основу при проведенні удосконалення засобу димо- та тепловидалення.

У **третьому розділі** представлено результати експериментальних досліджень для перевірки отриманих значень удосконалених параметрів переносного засобу димо- та тепловидалення за максимальною продуктивністю, проведених за попередньо розробленою методикою.

На першому етапі експериментальних досліджень проводились вимірювання продуктивності двох переносних засобів димо- та тепловидалення – неудосконаленого та удосконаленого з кутами профілю лопаті вентилятора $\beta = 41^\circ$, площами поверхні лопатей робочого колеса $y = 0,143 m^2$.

На другому та третьому етапах експериментальних досліджень оцінено ефективність роботи існуючого та удосконаленого переносних засобів димо- та тепловидалення щодо нормалізації газоповітряного та температурного середовища (зменшення задимленості та температури). Також додатково досліджено можливість підвищення ефективності таких засобів одночасним подаванням повітря та розпиленого струменя води. У рамках експериментальних досліджень проведено 9 випробувань (3 – існуючого засобу, 3 – удосконаленого засобу та 3 – удосконаленого засобу з одночасним використанням повітря та води). Експериментальним шляхом виявлено і формалізовано у вигляді регресійної поліноміальної залежності зміни задимленості та температури в часі у разі використання удосконаленого переносного засобу димо- та тепловидалення.

За результатами експериментальних досліджень встановлено залежність ефективності видалення температури та диму із приміщень та будівель удосконаленого переносного засобу димо- тепловидалення в порівнянні з існуючим засобом.

У **четвертому розділі** на основі отриманих результатів досліджень обґрунтовано конструкційні параметри елементів переносного засобу димо- та тепловидалення враховуючи різні газові середовища при пожежі, які забезпечують його максимальну продуктивність, а також запропоновано відстані до припливного отвору для виконання примусової конвекції із застосуванням тактичних прийомів переносних засобів димо- та тепловидалення під час гасіння пожеж у будинках та спорудах, які вперше відображені і впроваджені у практичну діяльність пожежно-рятувальних підрозділів ДСНС в розроблених Рекомендаціях щодо застосування переносних засобів димо- та тепловидалення, що сприятиме підвищенню ефективності ліквідації пожеж в умовах видалення газоподібних, аерозольних продуктів згоряння і теплоти пожежі із зони проведення пожежно-рятувальних робіт.

Запропоновані у роботі технічні рішення захищено патентом на корисну модель «Переносний засіб димо- та тепловидалення», № 142725 від 25.06.2020.

Розрахунком визначено, що удосконалений переносний засіб димо- та тепловидалення у порівнянні з існуючим засобом дає можливість досягти ефективності під час гасіння пожежі: врятувати на 18 осіб більше, зменшити нанесення матеріального збитку від пожежі у розмірі 194 тис. грн. та зменшити час видалення небезпечних чинників пожежі до 4 хвилин. Загальна сума ефективності гасіння пожеж може досягти у разі використання удосконаленого переносного засобу димо- та тепловидалення під час гасіння всіх пожеж в Україні, які виникають у будинках та спорудах різного призначення у продовж одного року - 5 млрд 965 млн 500 тис. грн. У **додатках** представлений допоміжний матеріал, необхідний для повного розуміння предмету дослідження, а також акти впровадження результатів дисертаційного дослідження у практичну діяльність і освітній процес.

Ключові слова: переносні засоби димо- та тепловидалення, тактична вентиляція, нагнітання повітря, зниження температури, щільності диму, розпилений струмінь води.

ABSTRACT

Prisyazhnuk V.V. Increasing the efficiency of extinguishing fires using a portable means of smoke and heat removal – Qualifying scientific work on the rights of the manuscript.

Dissertation for the degree of Ph.D., specialty 21.06.02 – «Fire safety» (261 – Fire safety). – Institute of Public Administration and Research in Civil Protection, Kyiv, 2023.

The work solves the urgent task of establishing the pattern of changes in the performance of portable smoke and heat removal devices from the structural parameters of their elements as a scientific basis for improving their technical characteristics. A mathematical model was developed that describes the determination of the geometric characteristics of the fan to ensure the optimal operating modes of the portable smoke and heat removal device and the normalization of the temperature and air environment during firefighting, as a result of which regularities of the dependence of the smoke and heat removal device productivity on their technical characteristics were revealed.

The dissertation work, which is a completed scientific study, gives the results of solving an actual scientific and applied task, which consists in improving a portable means of smoke and heat removal by revealing the regularity of changes in the productivity of such means from their technical characteristics, while the following scientific and practical results were obtained:

- it was established that the characteristics of existing portable smoke and heat removal equipment do not meet the needs of fire and rescue units and require improvement;

- the most significant parameters that characterize the efficiency of the operation of portable smoke and heat removal devices are substantiated - this is, first of all, the productivity of its work, which depends, including on such constructive parameters of

its elements as the angle of inclination and the area of the blade of the impeller of the fan;

- a mathematical model has been developed to substantiate the design parameters of the elements of a portable smoke and heat removal device, which ensure the maximum performance of such a device;

- it was established that the performance Q ($m^3 \cdot h^{-1}$) of the studied portable means of smoke and heat removal from the angle of inclination of the blade profile β (rad) and the surface area of the fan impeller S (m^2) has the form of a two-factor regression model:

$$Q(\beta, S) = -56,17 + 15930 \cdot \beta + 81830 \cdot S - 7840 \cdot \beta^2 - 203000 \cdot S^2 - 33040 \cdot \beta \cdot S \quad (m^3 \cdot h^{-1})$$

- a program and methodology for conducting experimental studies of the dependence of productivity on the structural parameters of elements of portable smoke and heat removal devices were developed, relevant experiments were conducted, during which, in particular, the adequacy of the developed model was confirmed. At the same time, the deviation between the results of mathematical modeling and the results of experimental studies amounted to 2%;

- the design parameters of the elements of the portable smoke and heat removal device, which ensure maximum performance, are substantiated, namely: the angle of inclination of the fan blade is 0,71 rad, the surface area of the fan impeller is 0,143 m^2 .

- experimentally, it was discovered and formalized in the form of a regression polynomial dependence of changes in smoke $\Theta(I)$ (B) and temperature $\Theta(T)$ ($^{\circ}C$) over time τ (s) in the case of using an improved portable means of smoke and heat removal, which have the form: $\Theta(I) = 0,337 - 0,0877\tau - 0,00696\tau^2 - 0,00014\tau^3$; $\Theta(T) = 222,2 + 52,7\tau - 2,6\tau^2 + 0,028\tau^3$. At the same time, it was established that under the same conditions of conducting experimental studies on reducing the concentration of smoke/and the temperature value in a certain period of time, indoors using an improved portable means of smoke and heat removal is 2.2-2.85 times more effective than the existing means.

- the detection of the dependence of the design features of the fan blades on the thermophysical parameters of the gas fire environment allowed to increase the productivity of the improved portable means of smoke and heat removal by 55%;

- recommendations for units of the State Emergency Service on the use of portable smoke and heat removal equipment during firefighting have been developed;

The results of the conducted research are implemented in the practical activities of the company PC "POZHMASHYNA" LLC regarding the production of improved means; of the scientific and testing center of the ISU of the ND Central Center in the field of testing products for fire-fighting purposes; Department of response to emergency situations of the State Emergency Situations in relation to the practical use of the Recommendations on the use of portable smoke and heat removal devices; Cherkasy Institute of Fire Safety named after Heroes of Chernobyl of the National Center of Ukraine in the educational process under the educational scientific program "Fire Safety" during the study of "Fire Tactics" disciplines.

The technical solutions proposed in the work are protected by the utility model patent "Portable smoke and heat removal device", No. 142725 dated 06/25/2020.

The calculation determined that the improved portable means of smoke and heat removal, in comparison with the existing means, makes it possible to achieve efficiency during fire extinguishing: to save 18 more people, to reduce the material damage from the fire in the amount of UAH 194,000. and reduce the time of removing dangerous fire factors to 4 minutes. The total amount of fire extinguishing efficiency that can be achieved in the case of using an improved portable means of smoke and heat removal during extinguishing of all fires in Ukraine that occur in houses and structures of various purposes during one year is 5 billion 965 million 500 thousand UAH.

Key words: portable means of smoke and heat removal, tactical ventilation, air injection, temperature reduction, smoke density, sprayed water jet.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Статті, що індексуються в міжнародних наукометричних базах (МНБ):

1. **Prysiashniuk V.**, Nizhnyk V., Borysov A. [etc.] Study of the dependence of productivity of smoke and heat extraction equipment on their technical characteristic. AD ALTA: Journal Of Interdisciplinary Research. 2023. Vol. 13, Issue 2, Special Issue XXXV. Pp. 222-226. *Видання включено до МНБ – Web of Science - Emerging Sources Citation Index (ESCI), The European Reference Index for the Humanities and the Social Sciences (ERIH PLUS), Cross Ref, EBSCO, Index Copernicus.*

2. **Prisyazhnuk V.**, Nizhnyk V., Zhartovskyi S., Nesenjuk L. On the question of the economic effect during the implementation of an improved portable smoke and heat extraction equipment. *The scientific heritage*. Budapest, Hungary, 2023. Vol. 1, № 117. Pp. 59-63. *Видання включено до МНБ – Index Copernicus, Google Scholar, Scientific Indexing Service.*

Статті у наукових фахових виданнях України:

3. Антонов А.В., **Присяжнюк В.В.**, Кравчуновський В.П. Дослідження ефективності застосування дослідного зразка ручного пожежного диспергуючого ствола РСД-2. *Науковий вісник УкрНДІПБ*. К., 2002. № 2(6). С.171–174.

4. Шеверєв Є.Ю., Згуря В.І., **Присяжнюк В.В.**, Башинський І.С., Міщенко С.А. Підвищення якості наукових досліджень і випробувань у сфері пожежної безпеки шляхом застосування прикладної комп'ютерної програми “EZ Data Logger”. *Науковий вісник УкрНДІПБ*. К., 2009. № 2(20). С.228–234.

5. **Присяжнюк В.В.**, Якіменко М.Л., Кухарішин С.Д. Аналіз сучасного стану парку пожежних і пожежно-рятувальних автомобілів в Україні та ефективності дій пожежно-рятувальних підрозділів. *Науковий вісник УкрНДІЦЗ*. К., 2013. № 1 (27). С. 68-74.

6. Кодрик А.І., Тітенко О.М., **Присяжнюк В.В.**, Семичасівський С.В. Визначення характеристик та параметрів димососа в умовах самостійної та спільної роботи з іншими пристроями на основі математичної моделі. *Науковий вісник: Цивільний захист та пожежна безпека*. К., 2018. № 2 (6). С. 10-17.

7. Ніжник В.В., **Присяжнюк В.В.**, Бенедюк В.С., Жартовський С.В. Параметри засобів димо- та тепловидалення, що характеризують ефективність функціонування. *Науковий вісник: Цивільний захист та пожежна безпека. ІДУ НД ЦЗ*. К., 2023. № 1 (15). С. 75-82.

8. **Присяжнюк В.В.**, Семічаєвський С.В., Осадчук М.В., Куртов О.В., Мілютін О.В., Виноградов С.А. Про розроблення методики експериментальних досліджень функціонального макету переносного засобу димо-та тепловидалення. *Науково-технічний збірник: Комунальне господарство міст. Серія: технічні науки та архітектура*. Харків, 2018. Т. 7, вип. 146. С. 157-162.

9. **Присяжнюк В.В.**, Мілютін О.В., Семічаєвський С.В., Якіменко М.Л., Осадчук М.В., Куртов О.В. Експериментальні методи оцінювання ефективності застосування переносних засобів димо- та тепловидалення. *Науковий вісник: Цивільний захист та пожежна безпека*. К., 2019. № 2 (8). С. 22-28.

10. **Присяжнюк В.В.**, Мілютін О.В., Семічаєвський С.В., Якіменко М.Л., Осадчук М.В., Куртов О.В. Щодо обґрунтування технічних вимог до переносних засобів димо- та тепловидалення Комунальне господарство міст. *Науково-технічний збірник: Комунальне господарство міст. Серія: технічні науки та архітектура*. Харків, 2019. Т. 5, вип. 151. С. 113-117.

11. **Присяжнюк В.В.**, Мілютін О.В., Семічаєвський С.В., Якіменко М.Л., Осадчук М.В., Куртов О.В. Рекомендації щодо застосування переносних засобів димо- та тепловидалення. *Науково-технічний збірник: Комунальне господарство міст. Серія: технічні науки та архітектура*. Харків, 2019. Т. 5, вип. 151. С. 118-122.

Патент на корисну модель

12. Пат. 142725 Україна, МПК (2020.01), А62В 3/00. Переносний засіб димо- та тепловидалення/ Борис О.П., **Присяжнюк В.В.**, Семічаєвський С.В., Якіменко М.Л., Куртов О.В., заявник та патентовласник Український науково-дослідний інститут цивільного захисту. - № у 2019 12011, заяв. 18.12.2019; опубл. 25.06.2020, бюл. № 12.

Наукові праці, що засвідчують апробацію матеріалів дисертації:

13. **Присяжнюк В.В.**, Семичаєвський С.В., Кодрик А.І., Тітенко О.М. Розрахунок технічних параметрів переносних засобів димо- та тепловидалення. *«Сучасний стан цивільного захисту та перспективи розвитку»*: Тези доповідей 20-ї Всеукраїнської науково-практичної конференції під час проведення XVII Міжнародного виставкового форуму “Технології захисту/ПожТех – 2018”: Київ: ІДУЦЗ, 2018. С. 372-375.

14. **Присяжнюк В.В.**, Мілютін О.В., Семичаєвський С.В., Куртов О.В., Осадчук М.В. Про розроблення рекомендацій щодо застосування переносних засобів димо- та тепловидалення. *«Теорія і практика гасіння пожеж та ліквідації надзвичайних ситуацій»*: Матеріали X Міжнародної науково-практичної конференції. Черкаси: ЧПБ ім. Героїв Чорнобиля НУЦЗУ 2019, С.65-66.

15. **Присяжнюк В.В.**, Мілютін О.В. Семичаєвський С.В., Якіменко М.Л., Осадчук М.В., Куртов О.В. Рекомендації щодо застосування переносних засобів димо- та тепловидалення. *«Розвиток цивільного захисту в сучасних безпекових умовах»*: Тези доповідей 21-ої Всеукраїнської науково-практичної конференції з міжнародною участю під час проведення XVIII Міжнародної спеціалізованої виставки «Технології захисту/ПожТех – 2019». Київ, 2019. С. 224-227.

16. **Присяжнюк В.В.**, Мілютін О.В. Семичаєвський С.В., Якіменко М.Л., Осадчук М.В., Куртов О.В. Експериментальні дослідження функціонального макету переносного засобу димо- та тепловидалення з визначення коефіцієнту зменшення задимленості. *«Надзвичайні ситуації: безпека та захист»*: Матеріали IX Всеукраїнської науково-практичної конференції з міжнародною участю. Черкаси: ЧПБ ім. Героїв Чорнобиля НУЦЗУ, 2019. С. 194-196.

17. **Присяжнюк В.В.**, Ніжник В.В. Обґрунтування сценаріїв проведення експериментальних досліджень засобів димо- та тепловидалення. *«Теорія і практика гасіння пожеж та ліквідації надзвичайних ситуацій»*: Матеріали XIV Міжнародної науково-практичної конференції. Черкаси: ЧПБ ім. Героїв Чорнобиля НУЦЗ, 2023. С. 104-106.

18. **Присяжнюк В.В.**, Ніжник В.В., Михайлов В.М., Тітенко О.М. Математичне моделювання технічних параметрів засобів димо- та тепловидалення. *«Наукові відкриття та фундаментальні наукові дослідження: Світовий досвід»*: Матеріали II Міжнародної наукової конференції. Вінниця: 2023. С. 96-102.

Інші публікації

19. Ніжник В.В., **Присяжнюк В.В.**, Савченко О.В. Аналіз сучасного стану застосування засобів димо- та тепловидалення пожежно-рятувальними підрозділами. *Вчені записки Таврійського національного університету імені В.І. Вернадського. Серія: Технічні науки*. К., 2023. Том 34 (73) № 1. С. 342-348.

20. **Присяжнюк В.В.**, Семичаєвський С.В., Осадчук М.В., Куртов О.В., Мілютін О.В., Кривошей Б.І. Переносні засоби димо-та тепловидалення для підвищення ефективності гасіння пожеж підрозділами ОРС ЦЗ ДСНС України. *Науковий вісник НЛТУ України*. Львів, 2018. Т. 28, № 6. С. 113-116.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	15
РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ ЗАСОБІВ ДИМО- ТА ТЕПЛОВИДАЛЕННЯ.....	23
1.1. Статистичні дані про пожежі та використання засобів димо- та тепловидалення.....	23
1.2. Аналіз існуючих засобів димо- та тепловидалення.....	29
1.3. Аналіз нормативно-технічних документів та патентів щодо засобів димо- та тепловидалення	39
1.4. Способи та прийоми застосування переносних засобів димо- та тепловидалення під час гасіння пожеж.....	45
1.5 Аналіз методів моделювання, що можуть використовуватись при побудові математичних моделей.....	47
1.6 Висновки за першим розділом.....	50
РОЗДІЛ 2. ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАЛЕЖНОСТІ ПРОДУКТИВНОСТІ ПЕРЕНОСНИХ ЗАСОБІВ ДИМО- ТА ТЕПЛОВИДАЛЕННЯ ВІД КОНСТРУКЦІЙНИХ ПАРАМЕТРІВ ЇХ ЕЛЕМЕНТІВ.....	52
2.1. Конструкційні параметри елементів переносних засобів димо- та тепловидалення, які характеризують їх ефективність функціонування.....	52
2.2. Математична модель, що дозволяє описувати продуктивність засобів димо- та тепловидалення від конструкційних параметрів їх елементів.....	58
2.3. Використання розробленої математичної моделі для визначення залежності продуктивності переносних засобів димо- та тепловиділення за різних умов функціонування.....	66
2.4. Визначення оптимальних кута нахилу профілю лопаті та площі поверхні робочого колеса переносного засобу димо- та тепловидалення..	70
2.5. Побудова математичної моделі та реалізація плану проведення експериментальних досліджень.....	72

2.6. Висновки за другим розділом.....	79
РОЗДІЛ 3. ПРОВЕДЕННЯ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ПЕРЕНЕСНИХ ЗАСОБІВ ДИМО- ТА ТЕПЛОВИДАЛЕННЯ.....	81
3.1. Розроблення методики експериментальних досліджень перенесних засобів димо- та тепловидалення.....	81
3.2. Проведення експериментальних досліджень перенесних засобів димо- та тепловидалення.....	97
3.3. Обробка експериментальних досліджень та апробація математичної моделі.....	107
3.4. Висновки за третім розділом.....	109
РОЗДІЛ 4. ПРАКТИЧНЕ ЗАСТОСУВАННЯ ПЕРЕНЕСНИХ ЗАСОБІВ ДИМО- ТА ТЕПЛОВИДАЛЕННЯ.....	111
4.1. Розроблення рекомендацій щодо застосування перенесних засобів димо- та тепловидалення.....	111
4.2. Обґрунтування технічних характеристик перенесного засобу димо- та тепловидалення.....	124
4.3. Розрахунок ефективності гасіння пожеж з використанням удосконаленого перенесного засобу димо- та тепловидалення.....	129
4.4. Висновки за четвертим розділом.....	134
ВИСНОВКИ.....	136
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	138
ДОДАТОК А Список публікацій здобувача за темою дисертації.....	153
ДОДАТОК Б Відомості про апробацію результатів дисертації.....	157
ДОДАТОК В Акти впровадження результатів дисертації.....	158
ДОДАТОК Г Протоколи експериментальних досліджень засобів димо- та тепловидалення.....	163
ДОДАТОК Д Патент на корисну модель засобу димо- та тепловидалення	191

ВСТУП

Актуальність теми. Результати аналізу статистичних даних про пожежі за останні п'ять років свідчить, що кожного року близько 40 % пожеж у будівлях та спорудах супроводжувались сильним задимленням. Ефективним тактичним прийомом зменшення задимленості на пожежі та відповідно зниження впливу небезпечних чинників пожежі на особовий склад пожежно-рятувальних підрозділів є керування газодимовими потоками пожежі за допомогою переносних засобів димо- та тепловидалення.

Статистичні дані свідчать про відносно низький рівень застосування сучасних переносних засобів димо- та тепловидалення під час ліквідації пожеж, однією з причин цього є їх недостатня продуктивність. Як свідчить практичний досвід, для забезпечення сприятливих умов проведення пожежно-рятувальних робіт під час ліквідації пожеж у будинках та спорудах доцільно використовувати переносні засоби димо- та тепловидалення з продуктивністю не менше 11 000 м³/год.

Найбільш поширеним способом димо- та тепловидалення є використання переносних засобів з функцією нагнітання повітря у задимлену або загазовану зону. Важливим показником для переносних пристроїв є збільшення, так званої тактичної продуктивності, тобто показника витрати повітря з одиниці маси засобу. Основним його параметром є продуктивність нагнітання повітря 11 000...24 000 м³/год, але необхідну величину продуктивності переносного засобу димо- та тепловидалення удосконаленням його конструктивних елементів науково не обґрунтовано.

Питаннями проектування, обґрунтування параметрів засобів димо- та тепловидалення займалися такі відомі вчені Брусиловський І.В., Черкаський В.М., Бак О.І., William L., Jackman R., Konz L. та інші. Дослідженням процесів теплообміну, димоутворення та осадження продуктів горіння і зниження температури в приміщеннях займалися Ковалишин В.В., Луц В.І., Гуліда Е.М., Ніжник В.В., Баланюк В.М., Лазаренко О.В., Штангерет Н.О. та інші. Проте в їх

роботах поза увагою залишилися питання щодо обґрунтування технічних параметрів, спрямованих на підвищення ефективності гасіння пожеж з використанням переносних засобів димо- та тепловидалення на практиці.

Таким чином, наукові дослідження, які спрямовані на підвищення ефективності гасіння пожеж з використанням переносних засобів димо- та тепловидалення шляхом розкриття залежності продуктивності переносних засобів димо- та тепловидалення від теплофізичних параметрів димогазових середовищ та відповідно особливостей конструкційних параметрів їх елементів, що є науковим підґрунтям для підвищення ефективності димо- та тепловидалення на пожежах за допомогою таких засобів є **актуальною науково-технічною задачею.**

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертаційну роботу виконано відповідно до пріоритетних напрямів наукових досліджень ІДУ НД ЦЗ та на підставі виконання заходів розпорядження Кабінету Міністрів України від 25.01.2017 р., № 61-р Про схвалення Стратегії реформування системи Державної служби України з надзвичайних ситуацій в рамках нарощування матеріально-технічної бази сил цивільного захисту та їх технічного переоснащення сучасною технікою; та науково-дослідної роботи: «Провести дослідження та розробити рекомендації щодо застосування переносних засобів димо- та тепловидалення для підвищення ефективності гасіння пожеж» (державний реєстраційний №0118U004738) на замовлення Департаменту реагування на надзвичайні ситуації ДСНС, в якій здобувач був керівником роботи та провів аналітичні та експериментальні дослідження щодо ефективності використання переносних засобів димо- та тепловидалення, що підтверджується відповідним звітом про науково-дослідну роботу.

Мета і завдання дослідження. Мета роботи полягає у розкритті залежностей продуктивності переносних засобів димо- та тепловидалення від теплофізичних параметрів димогазових середовищ та відповідно особливостей конструкційних параметрів їх елементів, що є науковим підґрунтям для

підвищення ефективності димо- та тепловидалення на пожежах за допомогою таких засобів.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі завдання:

1) проаналізувати сучасний стан технічного розвитку переносних засобів димо- та тепловидалення;

2) встановити конструктивні параметри елементів переносних засобів димо- та тепловидалення, які впливають на ефективність видалення газоподібних, аерозольних продуктів згорання і теплоти пожежі із зони проведення пожежно-рятувальних робіт;

3) побудувати математичну модель для дослідження залежності продуктивності від конструктивних параметрів елементів переносних засобів димо- та тепловидалення;

4) встановити залежність продуктивності від конструктивних параметрів елементів переносних засобів димо- та тепловидалення;

5) розробити програму та методику проведення експериментальних досліджень залежності продуктивності від конструктивних параметрів елементів переносних засобів димо- та тепловидалення та провести експериментальні дослідження;

6) обґрунтувати удосконалені конструкційні параметри елементів переносних засобів димо- та тепловидалення.

Об'єкт дослідження – процеси димо- та тепловидалення під час пожежі із приміщень та будівель переносними засобами димо- та тепловидалення.

Предмет дослідження – залежність продуктивності переносних засобів димо- та тепловидалення від конструкційних параметрів їх елементів.

Методи дослідження. В роботі використано комплексний метод досліджень, який включав: аналізування довідкових даних, технічних характеристик, умов застосування, нормативно-технічних документів та патентів, методів їх моделювання, а також способів та прийомів застосування переносних засобів димо- та тепловидалення; експериментальні дослідження з визначення зниження задимленості та температури під час застосування засобу димо- та

тепловидалення; метод прямого вимірювання швидкості повітряного потоку; методи математичного моделювання для обґрунтування конструктивних параметрів елементів переносного засобу димо- та тепловидалення, які забезпечують максимальну продуктивність такого засобу; метод аналізування наявності викидів та квазивикидів у результатах досліджень (Граббса); метод планування експерименту (повнофакторний експеримент); методи статистики для оброблення результатів експериментальних досліджень.

Ідея роботи полягає в підвищенні ефективності гасіння пожеж з використанням переносних засобів димо- та тепловидалення шляхом удосконалення їх конструктивних параметрів елементів.

Наукова новизна одержаних результатів полягає у встановленні умов та закономірностей підвищення продуктивності переносних засобів димо- та тепловидалення залежно від теплофізичних параметрів димогазових середовищ, що є науковим підґрунтям для підвищення ефективності димо- та тепловидалення на пожежах за допомогою таких засобів.

При цьому *уперше*:

- встановлено, що продуктивність Q досліджуваного переносного засобу димо- та тепловидалення від кута нахилу профіля лопаті β та площі поверхні робочого колеса вентилятора S має вигляд двофакторної регресійної моделі:

$$Q(\beta, S) = -56,17 + 15930 \cdot \beta + 81830 \cdot S - 7840 \cdot \beta^2 - 203000 \cdot S^2 - 33040 \cdot \beta \cdot S;$$

- експериментальним шляхом виявлено і формалізовано у вигляді регресійної поліноміальної залежності зміни динаміки задимленості $\Theta(I)$ та температури $\Theta(T)$ в часі у разі використання удосконаленого переносного засобу димо- та тепловидалення, які мають вигляд: $\Theta(I) = 0,337 - 0,0877\tau - 0,00696 \tau^2 - 0,00014\tau^3$; $\Theta(T) = 222,2 + 52,7\tau - 2,6 \tau^2 + 0,028\tau^3$. При цьому встановлено, що за однакових умов проведення експериментальних досліджень щодо зниження концентрації диму/та величини температури за певний проміжок часу, у приміщенні з використанням удосконаленого переносного засобу димо- та тепловидалення в 2,2-2,85 рази ефективніше за неудосконалений засіб.

- обґрунтовано конструкційні параметри елементів переносних засобів димо- та тепловидалення, які забезпечили підвищення максимальної продуктивності, а саме: кут нахилу лопатей вентилятора 0,71 рад, площа поверхні робочого колеса вентилятора 0,143 м².

Удосконалено:

- випробувальну базу для оцінювання основних показників якості переносних засобів димо- та тепловидалення таких, як продуктивність та тривалість димо- та тепловидалення.

Набули подальшого розвитку:

- тактичні прийоми застосування переносних засобів димо- та тепловидалення під час гасіння пожеж у будинках та спорудах, які вперше відображені в розроблених Рекомендаціях щодо застосування переносних засобів димо- та тепловидалення.

Практичне значення одержаних результатів. Практична цінність досліджень полягає у розробленні рекомендацій щодо застосування переносних засобів димо- та тепловидалення як наукового підґрунтя підвищення ефективності використання таких засобів пожежно-рятувальними підрозділами.

Результати проведених досліджень впроваджені у практичну діяльність компанії ТОВ ПК “ПОЖМАШИНА”, головним напрямом якої є проектування та розроблення пожежно-рятувальної техніки та пожежного обладнання для пожежно-рятувальних підрозділів ДСНС України (акт від 11.01.2023), а також науково-випробувального центру ІДУ НД ЦЗ у сфері проведення випробувань продукції протипожежного призначення (акт від 09.02.2023). Результати проведених досліджень також впроваджені у діяльність Департаменту реагування на надзвичайні ситуації ДСНС (акт від 24.02.2023) та в освітній процес Черкаського інституту пожежної безпеки ім. Героїв Чорнобиля НУЦЗ України за освітньо-науковою програмою “Пожежна безпека” під час вивчення дисциплін “Пожежна тактика” (акт від 27.04.2023).

За результатами роботи розроблено рекомендації щодо застосування переносних засобів димо- та тепловидалення, які погоджені листом Департаменту

реагування на надзвичайні ситуації ДСНС від 20.08.2019 № 17-754/172 та надіслані листом від 18.10.2019 № 93/17-1437 до територіальних підрозділів ДСНС України в областях та м. Києві для застосування у практичній діяльності.

Обґрунтованість і достовірність наукових положень та отриманих висновків підтверджується результатами аналізу літературних джерел; відповідністю методів дослідження поставленим в роботі меті та завданням; застосуванням аналітичних методів досліджень; необхідним об'ємом експериментального матеріалу, отриманого з використанням верифікованого обладнання та каліброваних засобів вимірювальної техніки; задовільною збіжністю результатів теоретичних та експериментальних досліджень, а також апробацією з практичним впровадженням результатів роботи.

Особистий внесок здобувача. Усі наукові положення, теоретичні та практичні результати, що винесені на захист і наведені в дисертації, одержано здобувачем особисто. У роботах, опублікованих у співавторстві, здобувачем особисто: [1] встановлено залежність продуктивності переносних засобів димо- та тепловидалення від інших технічних характеристик; [2] проведено розрахунок економічного ефекту від впровадження у практичну діяльність удосконаленого переносного засобу димо- та тепловидалення; [3] досліджено ефективність застосування дослідного зразка ручного пожежного ствола РСД-2 із різними видами струменів вогнегасних речовин; [4] проаналізовано можливість застосування прикладної комп'ютерної програми "EZ Data Logger" для підвищення якості експериментальних досліджень; [5] проаналізовано сучасний стан парку пожежно-рятувальної техніки в Україні та ефективність її використання; [6] розроблено математичну модель для обґрунтування геометричних характеристик переносних засобів димо- та тепловидалення; [7] розглянуто параметри переносних засобів димо- та тепловидалення, що характеризують ефективність їх застосування; [8] розроблено методику експериментальних досліджень переносних засобів димо- та тепловидалення; [9] проведено експериментальні дослідження переносних засобів димо- та тепловидалення; [10] обґрунтовано удосконалені технічні характеристики

переносного засобу димо- та тепловидалення; [11] розроблено рекомендації щодо застосування переносних засобів димо- та тепловидалення; [12] обґрунтовано технічні рішення для подальшого захисту об'єкта права інтелектуальної власності; [13] обґрунтовано технічні параметри переносних засобів димо- та тепловидалення; [14] науково обґрунтовано рекомендації щодо застосування переносних засобів димо- та тепловидалення; [15] досліджено основні тактичні прийоми із застосуванням переносних засобів димо- та тепловидалення; [16] наведено експериментальні дослідження переносного засобу димо- та тепловидалення з визначення коефіцієнта зменшення задимленості; [17] обґрунтовано сценарії проведення експериментальних досліджень переносних засобів димо- та тепловидалення; [18] наведено основні підходи до математичного моделювання технічних параметрів засобів димо- та тепловидалення; [19] проведено аналіз сучасного стану застосування переносних засобів димо- та тепловидалення пожежно-рятувальними підрозділами; [20] проведено аналітичні дослідження щодо застосування переносних засобів димо- та тепловидалення.

Апробація результатів дисертації. Основні результати досліджень доповідалися, обговорювалися й отримали позитивне схвалення на 6-ти національних наукових конференціях з міжнародною участю, а саме: XVII Міжнародний виставковий форум «Технології захисту/ПожТех – 2018» 20 Всеукраїнської науково-практичної конференції «Сучасний стан цивільного захисту та перспективи розвитку» (м. Київ, 9-10 жовтня 2018 р.); X Міжнародна науково-практична конференція. «Теорія і практика гасіння пожеж та ліквідації надзвичайних ситуацій» (м. Черкаси: Черкаський інститут пожежної безпеки ім. Героїв Чорнобиля Національного університету цивільного захисту України, 11-12 квітня 2019 р.); 21 Всеукраїнська науково-практична конференція з міжнародною участю XVIII Міжнародна спеціалізована виставка «Технології захисту/ПожТех – 2019» «Розвиток цивільного захисту в сучасних безпекових умовах» (м. Київ, 8-9 жовтня 2019 р.); IX Всеукраїнська науково-практична конференція з міжнародною участю «Надзвичайні ситуації: безпека та захист» (м. Черкаси:

Черкаський інститут пожежної безпеки ім. Героїв Чорнобиля Національного університету цивільного захисту України, 24-25 жовтня 2019 р.); XIV Міжнародна науково-практична конференція «Теорія і практика гасіння пожеж та ліквідацій надзвичайних ситуацій» (м. Черкаси: Черкаський інститут пожежної безпеки ім. Героїв Чорнобиля Національного університету цивільного захисту України, 27 квітня 2023 р.); II Міжнародна наукова конференція. «Наукові відкриття та фундаментальні наукові дослідження: Світовий досвід» (м. Вінниця, 5 травня 2023 р.).

Публікації. Основні положення дисертаційної роботи знайшли відображення у 20 наукових працях, із них: статей, що індексуються в міжнародних наукометричних базах (МНБ) Web of Science - Emerging Sources Citation Index (ESCI), The European Reference Index for the Humanities and the Social Sciences (ERIH PLUS), Cross Ref, EBSCO, Index Copernicus, Google Scholar, Scientific Indexing Service – 2; статей у спеціалізованих наукових фахових виданнях України – 9; публікацій за матеріалами конференцій – 6; патент на корисну модель – 1; інші публікації – 2.

Структура і обсяг роботи. Дисертаційна робота складається з анотації, вступу, 4 розділів, висновків, списку використаних джерел (144 найменувань) і 5 додатків. Загальний обсяг дисертації становить 198 сторінок, із них 122 сторінки основного тексту, 64 рисунки та 14 таблиць.

РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ ЗАСОБІВ ДИМО- ТА ТЕПЛОВИДАЛЕННЯ

1.1. Статистичні дані про пожежі та використання засобів димо- та тепловидалення

Відповідно до Статуту [1] гасіння пожежі – дії, спрямовані на припинення горіння в осередку пожежі, обмеження впливу її небезпечних факторів та усунення умов для самовільного відновлення пожежі після гасіння. Для гасіння пожеж застосовуються пожежно-рятувальні підрозділи ДСНС України, які повинні виконувати завдання за призначенням виключно у спеціальному захисному спорядженні та засобах індивідуального захисту, які захищають пожежних-рятувальників від небезпечних факторів пожежі.

На сьогоднішній день для виконання завдань за призначенням пожежно-рятувальними підрозділами використовується низка різного (як за технічними характеристиками так і за типом) спеціального захисного спорядження та засобів індивідуального захисту. Основні дослідження захисних функцій такого спорядження викладені в [2-6]. Значна кількість випадків гасіння пожеж пов'язана із небезпечним впливом на особовий склад небезпечних чинників пожежі. Зокрема, дія високих температур та диму значно ускладнюють проведення рятувальних робіт та пожежогасіння. Найскладнішими об'єктами під час гасіння яких використовуються пожежно-рятувальними підрозділами ланки газодимозахисної служби (далі – ГДЗС) є пожежі у будівлях та спорудах різного призначення. Статистичні дані про їх кількість виникнення та ліквідацію у період з 2018 по 2022 рік наведено на рисунку 1.1. Так статистика пожеж свідчить про те, що щорічно у будівлях та спорудах виникає 40 % пожеж від загальної їх щорічної кількості.



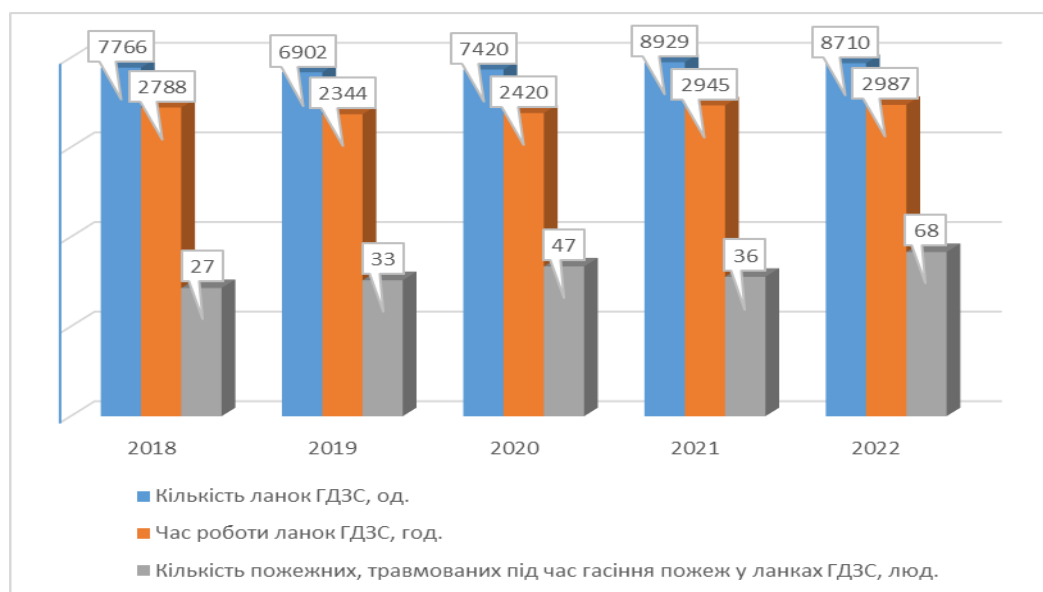
Рисунок 1.1 – Статистичні дані про кількість пожеж в Україні у період з 2018 по 2022 роки

Під час гасіння пожеж у будівлях та спорудах для захисту особового складу і роботи у непридатному для дихання середовищі відповідно до [7] обов'язково застосовуються апарати на стисненому повітрі та відповідно формуються ланки ГДЗС, які виконують вищезазначені функції [7-12]. Так статистичні дані свідчать про те, що щорічно під час гасіння пожеж у будівлях та спорудах використання ланок ГДЗС становить 20-25 % від загальної щорічної кількості пожеж у будівлях та спорудах. Середній час роботи ланок ГДЗС у апаратах щорічно становить близько 3000 годин. Статистичні дані про кількість застосування ланок ГДЗС в Україні у період з 2018 по 2022 роки наведено на рисунку 1.2.



Рисунок 1.2 – Статистичні дані про кількість застосування ланок ГДЗС в Україні у період з 2018 по 2022 роки

За результатами аналізу стану виробничого травматизму у підрозділах ДСНС України було встановлено, що основними причинами травмування рятувальників на пожежах є гасіння пожеж у ланках ГДЗС. За період з 2018 по 2022 роки відповідно до статистичних даних в Україні під час гасіння пожеж за допомогою ланок ГДЗС отримали травми 194 рятувальника [13]. Статистичні дані про кількість травмованих пожежних під час гасіння пожеж у ланках ГДЗС за період з 2018 по 2022 роки наведено на рисунку 1.3.



Рисунк 1.3 – Статистичні дані про кількість травмованих пожежних під час гасіння пожеж у ланках ГДЗС за період з 2018 по 2022 роки

Під час гасіння пожеж пожежно-рятувальні підрозділи можуть зіткнутися з такими обставинами: наявність великої кількості людей, які потребують допомоги, і виникнення серед них паніки, складне планування приміщень, розповсюдження вогню пустотами, конструкціями, каналами, системами вентиляції, через віконні прорізи, лоджії, балкони, горючими матеріалами, технологічним обладнанням як у вертикальному, так і горизонтальному напрямках, швидке зростання температури та переміщення теплових потоків у напрямку відкритих прорізів, виділення диму, токсичних продуктів та швидке їх поширення та наявності інших небезпечних факторів [14-31].

Згідно з [32-33] небезпечними чинниками пожежі є: полум'я та іскри, підвищена температура оточуючого середовища, токсичні продукти згорання і термічного розкладання, дим та знижена концентрація кисню.

Значний внесок під час дослідження процесів теплообміну, димоутворення та осадження продуктів горіння і зниження температури в приміщеннях внесли Ковалишин В.В., Луц В.І., Гуліда Е.М., Ніжник В.В., Баланюк В.М., Лазаренко О.В., Штангерет Н.О.

У звичайному будинку перетворення загорання у пожежу триває приблизно 1–3 хв – це I стадія. II стадія – зростання зони горіння – 5–6 хв. А далі йде нарощування потужності пожежі. Температура підвищується в осередку загорання до 250–300°C. В будинках розрізняють три стадії пожежі: початкова – невелике полум'я, середня – коли полум'я охоплює всю кімнату; основна стадія характеризується високою температурою. За цей період згорає 80-90 % усіх горючих матеріалів. Під час пожежі температура полум'я може досягати 1200–1400 °C та у людей, що знаходяться у зоні пожежі випромінювання полум'я може викликати опіки та больові відчуття. Мінімальна відстань у метрах, на якій людина ще може знаходитись від полум'я приблизно складає $R=1,6 \cdot H$, де H – середня висота факелу полум'я в метрах [14].

Головною небезпекою впливу відкритого вогню, іскор і теплового потоку при виникненні пожежі є можливість отримання пожежним опіків різного ступеня тяжкості. Підвищена в результаті горіння температура навколишнього середовища загрожує пожежному опіками не тільки шкірних покривів, але і очей та верхніх дихальних шляхів. За температури більше 60°C в умовах пожежі через деякий час може наступити втрата свідомості, а вплив температури понад 100°C призводить до втрати людиною свідомості і загибелі всього через кілька хвилин. Допустимий час перебування людей за відносної вологості повітря при різних температурах повітря згідно з [14] наведено у таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Значення допустимого часу перебування людей у зоні теплового впливу при гасінні пожежі

Температура повітря, °С	Час перебування людини у зоні теплового впливу, хв		
	безпечно	допустимо	гранично допустимо
40	240/120	300/180	360/240
50	30/15	60/30	90/60
60	20/10	40/15	60/25
70	10/5	20/10	35/20

В роботах досліджено вплив теплового випромінювання на засоби індивідуального захисту в яких працюють пожежники [14, 15, 34-39]. Тепловий потік викликає больові відчуття та може призвести до опіків незахищених ділянок шкіри.

Пожежна статистика свідчить, що за період з 2018 по 2022 роки для забезпечення безпечної роботи з гасіння пожеж в будинках і спорудах та інших об'єктах України переносні засоби димо- та тепловидалення використовувалися в середньому 14 разів на рік на пожежах, що складає в середньому близько 0,001 % від загальної кількості пожеж. Статистичні дані про кількість застосування переносних засобів димо- та тепловидалення у період з 2018 по 2022 роки наведено на рисунку 1.4.



Рисунок 1.4 – Статистичні дані про кількість застосування переносних засобів димо- та тепловидалення у період з 2018 по 2022 роки

На сьогоднішній день в пожежно-рятувальних підрозділах ДСНС України експлуатується 2883 автоцистерни, 160 пожежних насосних станцій та 70

автомобілів газодимозахисної служби, які відповідно до [40] повинні оснащатися переносними засобами димо- та тепловидалення. Так відповідно до [40] нормативна потреба засобів складає 3183 одиниці. Всього в Україні експлуатується 471 засіб димо- та тепловидалення різних типів та виробників. Із загальної кількості засобів, що експлуатуються 350 одиниць є застарілі моделі такі як ДП-5 та ДП-7 із різними приводами.

Це підтверджує той факт, що в пожежно-рятувальних підрозділах ДСНС України майже відсутні в достатній кількості автомобілі димовидалення та переносні засоби димо- та тепловидалення. Враховуючи те, що за останні п'ять років під час гасіння пожеж та ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій в Україні спостерігалася тенденція збільшення кількості використаних ланок ГДЗС на пожежах з 5648 до 8204 та збільшення часу їх роботи з 2300 год до 3000 год, стає очевидним необхідність широкого використання пожежно-рятувальними підрозділами ДСНС України переносних засобів димо- та тепловидалення.

На основі аналізу статистичних даних про пожежі в Україні встановлено, що щороку в середньому близько 30 спіробітників пожежно-рятувальних підрозділів отримують різного роду травми під час роботи в ланках ГДЗС тому актуальність використання під час гасіння пожеж переносних засобів димо- та тепловидалення є актуальним для нашої країни.

Однак основним способом осадження продуктів горіння та зниження температури у зоні горіння є використання ручних пожежних стволів [41], які створюють різної форми струмені, але більш ефективним способом є використання переносних засобів димо- та тепловидалення. В роботах [42-48] висвітлено основні переваги переносних засобів димо- та тепловидалення.

Таким чином аналіз статистичних даних в Україні свідчить про щорічне збільшення застосування пожежно-рятувальними підрозділами під час гасіння пожеж у будинках та спорудах ланок газодимозахисної служби, а також отримання ними різного характеру травм та загибелі під час роботи. Разом з тим використання засобів димо- та тепловидалення знижується (менше 14 разів). Враховуючи вищезазначене можливо зтверджувати, що низьке застосування

пожежно-рятувальними підрозділами засобів димо- та тепловидалення пов'язане із застарілими зразками таких засобів, які не здатні ефективно виконувати свої функції, а також підготовки особового складу до виконання тактичних прийомів їх правильного застосування. Тому існує необхідність проведення аналізу існуючих засобів димо- та тепловидалення, а також способів та прийомів їх застосування.

1.2. Аналіз існуючих засобів димо- та тепловидалення

Перші зразки засобів димо- та тепловидалення з'явилися за кордоном на початку ХХ століття, в Радянському Союзі процес отримує розвиток пізніше – з першої половини 30-х років, з появою перших автомобілів газодимозахисної служби (далі - АГДЗС). Димовсмоктувач був частиною обладнання АГДЗС, що доставлявся ним до місця пожежі [49].

Зростання кількості пожеж, які потребують зниження задимлення та температури на шляхах евакуації та недостатня продуктивність (7-10 тис. м³/год) переносних пожежних димовсмоктувачів, які не забезпечують димо- та тепловидалення у приміщеннях великого об'єму, призвело до створення першого в історії автомобіля димовидалення на шасі ГАЗ-66. Димовсмоктувач являв собою окрему установку, на привід якої працював авіаційний двигун. Продуктивність димовсмоктувача за повітрям складала до 50000 м³/год.

Упродовж всього часу, використовуючи в процесі гасіння пожеж димовсмоктувачі будь-яких конструкцій, фахівці рідко використовували режим видалення диму, найчастіше повітря нагніталось до приміщення [49]. Причина цього полягала в тому, що дим, який видалявся з приміщень, міг містити іскри, розжарені гази, при цьому брезентові рукави згорали.

Аналіз сучасного стану парку пожежно-рятувальних автомобілів в Україні та ефективність їх застосування розглянуто в роботах [50 та 51]. За результатами аналізу встановлено, що існує тенденція комплектування пожежно-рятувальної техніки сучасними генераторами, які взмозі практично забезпечити роботу існуючих засобів димо- та тепловидалення з електричним приводом. Також визначено, що даний привод є більш практичним тому підвищення ефективності

гасіння пожеж з використанням переносного засобу димо- та тепловидалення з електричним приводом є актуальним питанням сьогодення.

Пожежні димовсмоктувачі класифікуються: за призначенням – переносні, причепні, мобільні; за типом приводу – механічні, електричні, гідравлічні; за принципом роботи – вентиляторні (відцентрові та осьові), ежекторні.

Зокрема прийнята така класифікація пожежних димовсмоктувачів: за призначенням: переносні (ДПЭ-7, ДПЭ-15, ДПМ-7, ДПМ-10, ДПГ-10); причепні (ПД-30, ПД-60/20); автомобілі димовидалення (АД-90, АД-120); за типом приводу: механічні (ДПМ-7, ДПМ-10, ДП-30); електричні (ДПЭ-7, ДПЭ-15); гідравлічні (ДПГ-10); за принципом роботи: вентиляторні (відцентрові та осьові) та ежекторні.

В основу створення засобів димо- та тепловидалення покладено відповідний тип вентилятора. Відцентровими вентиляторами називають машини для переміщення чистих газів та сумішей з дрібними матеріалами, які мають ступінь підвищення тиску не більше 1,15 при густині потоку $1,2 \text{ кг/м}^3$. Характерною ознакою відцентрового вентилятора є підвищення тиску за рахунок відцентрової сили газу, який рухається в робочому колесі від центру до периферії. Загальний вигляд відцентрового вентилятора наведено на рисунку 1.5.



Рисунок 1.5 - Загальний вигляд відцентрового вентилятора

Робоче колесо вентилятора складається з литої маточини, жорстко сполученої з основним диском. Робочі лопатки кріпляться до основного диску та переднього диску, який забезпечує необхідну жорсткість лопатної решітки. Корпус кріпиться до литої (зварної) станини, на якій розташовуються

підшипники, які несуть вал вентилятора з посадженим на нього робочим колесом. У зв'язку із великими масогабаритами такі вентилятори не знайшли широкого застосування та проектування для пожежно-рятувальних служб світу та мають широке використання під час створення стаціонарних систем на різних об'єктах.

Осьовими вентиляторами називають машини для переміщення чистих газів та їх сумішей. Характерною ознакою осьового вентилятора є передача енергії з валу потоку за допомогою робочого колеса, яке складається з консольних лопатей, закріплених на втулці. Загальний вигляд осьового вентилятора наведено на рисунку 1.6.



Рисунок 1.6 - Загальний вигляд осьового вентилятора

Оскільки колесо вентилятора, обертаючись, утримується в осьовому напрямленні, а лопаті його закріплені під кутом до площини обертання, то вентилятор переміщує газ упродовж осі, при цьому потік газу закручується.

Досвід експлуатації вентиляторів показує, що відцентрові вентилятори можуть видаляти газ, нагріті до температури 500-600°C упродовж 1 години, в той час як осьові – до температури 300-350°C, оскільки в осьовому вентиляторі його привід знаходиться в потоці нагрітих газів. Переносні осьові вентилятори вважаються найбільш ефективнішими та практичними. Тому в основу конструювання та виготовлення засобів димо- та тепловидалення для пожежно-рятувальних служб світу покладено осьовий тип вентилятора.

Також під час аналізування осьових вентиляторів встановлено, що показники надійності являються важливими техніко-економічними факторами, які визначають якість виробу. Надійність засобу залежить з однієї сторони від

технічного вдосконалення виробу, а з іншої сторони від рівня технічного обслуговування і ремонту виробу у процесі його експлуатації та визначає рівень економічного використання виробу. Так визначено, що осьові вентилятори надійні – це обумовлено їх безвідмовністю, довговічністю, ремонтпридатністю та збереженістю. Осьові вентилятори забезпечують виконання виробу в цілому заданих йому функцій при збереженні робочих параметрів в заданих межах протягом необхідного часу або необхідного напрацювання годин. Безвідмовність вентилятору полягає у збереженні працездатності протягом деякого напрацювання без вимушених перерв. Довговічність забезпечується збереженням довготривалої працездатності з можливими перервами на обслуговування та ремонт до руйнування або іншого граничного стану такого, як капітальний ремонт або повного морального зносу.

В протипожежній техніці найбільш поширені відцентрові та осьові пожежні димовсмоктувачі, технічні характеристики яких наведено у таблиці 1.2.

Таблиця 1.2 – Технічні характеристики відцентрових та осьових димовсмоктувачів

Показник	Переносні			Мобільні		
	ДПМ-10	Осьові		ДПЭ-15	Відцентрові	
		ДПЭ-7	ДПГ-10		ДП-30	АД-90
Продуктивність за повітрям, тис. м ³ /год	10-12	7	10-12	10-15	30	95
Продуктивність за піною, м ³ /хв	120	120	70-120	100	240	540
Кратність піни при 12%-вому розчині піноутворювача, не менше	800	800	800	800	800	600-800
продуктивність за розчином, л/с	2,5	2,5	2,5	2,5	5,0	11,2-15,0
Потужність двигуна, кВт	2,5	М	-	3,0	40,4	84,5
Число обертів приводу, 1/хв	3600	3000	3600	3600	1070	1500-2500
Довжина рукавів, м:						
- всмоктуючих	5	5	5	10	8	4x4
- напірних	10	10	10	10	10	10
Діаметр рукавів, мм:						
- всмоктуючих	520	520	520	520	-	4x500
- напірних	520	520	520	540	-	1000
Маса в комплекті, кг	92	76,5	85	48,5	1600	6120

Аналіз оперативно-рятувальної роботи рятувальних служб провідних країн світу вказує на високу тактичну значимість використання переносних пожежних димовсмоктувачів, які набули інноваційних змін у порівнянні із подібними пожежно-технічними засобами часів Радянського Союзу. Сучасні пожежні димовсмоктувачі, які на сьогоднішній день застосовуються, наприклад, підрозділами США та європейських країн значно відрізняються від радянських аналогів [52, 53]. Вони є більш маневреними за рахунок їхнього встановлення на колеса, по-друге, габарити димовсмоктувачів є більш компактнішими. По-третє продуктивність димовсмоктувача по нагнітання свіжого повітря складає від 10 000 до 60 000 м³/год.

На рисунку 1.7 наведено переносний засіб димо- та тепловидалення типу ДП-7, який на сьогоднішній день є в наявності та експлуатується пожежно-рятувальними підрозділами України. За типом приводу він поділяється на засіб з механічним приводом - ДПМ-7 або з електричним приводом - ДПЕ-7.

Переносний засіб димо- та тепловидалення ДПЕ-7 застосовується для комплектації спеціальних пожежних автомобілів, обладнаних джерелами електроенергії для його роботи.



Рисунок 1.7 – Загальний вид переносного засобу димо- та тепловидалення типу ДП-7

Переносний засіб ДП-7, склад якого наведено на рисунку 1.8 (засіб без приводу) - це агрегат, що складається з корпусу 4, робочого колеса 6, редуктора 9, переднього заднього обтічників 7 і захисних сіток - 1.

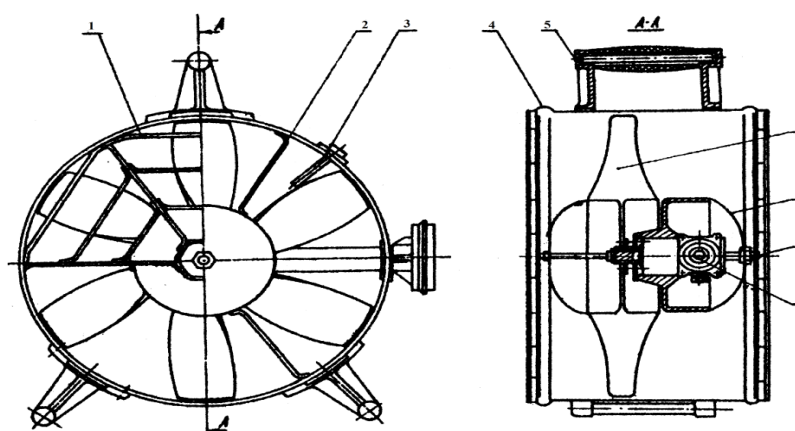


Рисунок 1.8 – Склад переносного засобу димо- та тепловидалення типу ДП-7
1 – захисна сітка; 2 – спиця; 3 – термометр; 4 – корпус; 5 – ручка; 6 – робоче колесо; 7 – обтікач;
8 – маслянка; 9 – редуктор

На зовнішній поверхні корпусу встановлені кронштейни ручок і термометр 3 для візуального спостереження за температурою газів, які відсмоктуються. Верхня ручка 5 призначена для перенесення засобу, а дві нижні – для його встановлення на горизонтальну площину. До внутрішньої поверхні корпусу кріпиться три спиці 2 опори редуктора.

Редуктор одноступінчатий, конічний з передавальним числом $1 = 24:13 = 1,85$ складається з двох корпусів, вала провідної шестерні і вала веденої шестерні. Ведучий і ведений вали шестерень встановлені на кулькових підшипниках. На передній кінець провідного вала шестерні на шліцах встановлюється маточина фрикційної муфти, а на передній кінець веденого вала шестерні за допомогою шпонки – робоче колесо. Наповнення корпусу редуктора мастилом і мастилом переднього підшипника ведучого вала шестерні здійснюється через маслянку 8.

До основних недоліків засобів димо- та тепловидалення можна віднести те, що вони мають великі габарити, що ускладнює їх доставку на місце пожежі та мають велику вагу в результаті чого для їх перенесення та встановлення необхідно задіяти більше особового складу. Також в засобах відсутня функція

одночасного подавання води, яка ефективно працює на зниження температури та осадження продуктів горіння.

На рисунку 1.9 наведено зовнішній вигляд сучасних зразків переносних пожежних димовсмоктувачів, які є в розпорядженні пожежно-рятувальних підрозділів провідних країн світу. В таблиці 1.3 наведено порівняння основних технічних характеристик пожежних димовсмоктувачів, які експлуатуються в Україні із відповідними сучасними зразками.

Таблиця 1.3 - Порівняння основних технічних характеристик пожежних димовсмоктувачів із відповідними сучасними зразками

Показники	Переносні пожежні димовсмоктувачі				
	ДПЕ-7	ДПМ-7	Leader Fan ES230 NEO-230V PPV (Франція)	Ziegler Tempest DD 16-H 5,5 (Німеччина)	Ramfan GF 164SE (США)
Продуктивність за повітрям, м ³ /год:					
- із всмоктуючими та напірними рукавами;	7000	9000	27140	10000	17099
- без рукавів.	8500	11000			
Потужність приводу, кВт	1,1	2,5	2,2	1,9	3,7
Маса в комплекті, кг	40,5	40,0	39,3	38,0	27



Рисунок 1.9 - Зовнішній вигляд сучасних зразків пожежних димовсмоктувачів, які є в розпорядженні пожежно-рятувальних підрозділів провідних країн світу

Одними з найбільш поширених переносних пожежних димовсмоктувачів в провідних країнах світу є пристрої виробництва фірми PPV Groupe Leader (Франція) [52], зовнішній вигляд яких наведено на рисунку 1.10.



Рисунок 1.10 - Зовнішній вигляд переносних пожежних димовсмоктувачів виробництва фірми PPV Groupe Leader (Франція)

Головні переваги цих турбованих димовсмоктувачів над звичайними є невеликі розміри, велика потужність та висока продуктивність: висока швидкість обертання турбіни створює потужний повітряний потік на виході; завдяки великій початковій швидкості потоку та в результаті дії сили тертя має місце ежектування додаткового об'єму повітря.

Основні технічні характеристики модельного ряду переносних пожежних димовсмоктувачів виробництва фірми PPV Groupe Leader (Франція) наведено в таблиці 1.4.

Таблиця 1.4 - Основні технічні характеристики модельного ряду переносних пожежних димовсмоктувачів виробництва фірми PPV Groupe Leader (Франція)

Модель пожежного димовсмоктувача	Відстань до входу, м	Продуктивність, м ³ /год	Продуктивність, м ³ /год
MT 224	2-4	12 000	24 000
MT 236	2-4	20 000	36 000
MT 236 EASY	2-6	20 000	36 000
MT 260	2-4	30 000	60 000
MT 296	2-4	40 000	96 000
ES 230	2-4	15 000	30 000

В Австрії виробляються нагнітальні переносні пожежні димовсмоктувачі серії «Turphoon» фірми «Hale», рисунок 1.11.



Рисунок 1.11 - Зовнішній вигляд переносних пожежних димовсмоктувачів серії «Turphoon» фірми «Hale» (Австрія)

Ці пристрої є ефективними та надійними, головними їх особливостями є наявність алюмінієвої рами легкої конструкції, наявність міцного термопластикового кожуху для захисту лопатей, наявність регулювання перекидання, наявність антистатичних властивостей, окреме кріплення лопатей вентилятора, що укріплені скловолокном тощо.

Основні технічні характеристики переносних пожежних димовсмоктувачів серії «Turphoon» фірми «Hale» наведено в таблиці 1.5.

Таблиця 1.5 - Основні технічні характеристики переносних пожежних димовсмоктувачів серії «Turphoon» фірми «Hale»

Характеристики	Turphoon 21W10	Turphoon 30W22
Продуктивність за повітрям	36,159 м ³ /год	77,484 м ³ /год
Діаметр вентилятора	533 мм	762 мм
Лопаті	8 антистатичних лопатей з посиленого скловолокном поліаміду	12 антистатичних лопатей з посиленого скловолокном поліаміду
Привід	Водяна турбіна потужністю 7,3 кВт	Водяна турбіна потужністю 16,2 кВт
Габарити	640 мм x 625 мм x 440 мм	910 мм x 890 мм x 550 мм
Вага	16 кг	40 кг
Додаткові опції моделі	Водорозпилювач з регулюванням подавання; Ручка для переноски; Колеса для підвищеної маневреності; Регулятор швидкості обертання	Водорозпилювач з регулюванням подавання; Ручка для переноски; Колеса для підвищеної маневреності; Регулятор швидкості обертання

Головними особливостями сучасних переносних пожежних димовсмоктувачів, наприклад, виробництва США та Європейського Союзу є висока інтенсивність нагнітання повітряного потоку під позитивним тиском до приміщення, що горить, можливість подавання повітряно-механічної піни високої кратності за допомогою адаптеру-піногенератору та напірного рукава, компактність, надійність експлуатації та принципово нове конструктивне рішення.

В результаті аналізу існуючих конструкцій усіх типів вентиляторів для переміщення газового середовища з точки зору використання їх у якості засобу димо- та тепловидалення зроблено висновок про доцільність застосування у якості переносного засобу димо- та тепловидалення осьового вентилятору. У зв'язку з нездатністю ефективного використання у якості засобу димо- та тепловидалення розповсюджених на світових ринках осьових вентиляторів, які спроектовані для довгострокової надійної та економічної роботи в умовах звичайної вентиляції приміщень, виникає необхідність підвищення ефективності гасіння пожеж шляхом удосконалення їх конструкції у напрямку досягнення максимальної продуктивності (потік повітря, або повітряної суміші, $\text{м}^3 \cdot \text{год}^{-1}$).

Проведений аналіз тактико-технічних характеристик та конструктивних параметрів переносних засобів димо- та тепловидалення, які на сьогоднішній день експлуатуються пожежно-рятувальними службами ДСНС України свідчить про те, що вони мають великі масогабарити та відносно невелику продуктивність у результаті чого не здатні завчасно забезпечити ефективне зниження температури та осадження продуктів горіння в приміщенні де виникла пожежа, що ускладнює проведення оперативно-рятувальних дій ланок ГДЗС чим наражає на небезпеку особового складу та призводить до збільшення часу гасіння пожеж і відповідну загибель людей та значних матеріальних збитків.

Для подальшого вивчення питань підвищення ефективності гасіння пожеж шляхом удосконалення таких засобів необхідно проаналізувати нормативно-технічні документи та можливі технічні рішення у винаходах вчених, які виконувались раніше та дістали практичного результату.

1.3 Аналіз нормативно-технічних документів та патентів щодо засобів димо- та тепловидалення

За результатами проведеного аналізу літературних джерел встановлено, що в країнах Європейського Союзу вентилятори систем димо- та тепловидалення виробляються у відповідності з вимогами [54], який прийнятий в Україні, як національний стандарт [55].

Згідно з [55] передбачено такі методи випробувань вентиляторів систем димо- та тепловидалення, як визначення найбільших навантажень у лопатевому колесі вентилятора, визначення продуктивності роботи вентилятора при дії високих температур, випробування на стійкість до дії високих температур електродигунів вентиляторів та випробування вентилятора при роботі під вітровим навантаженням.

Стандарти [56-57] регламентують процедури визначення показників якості вентиляторів всіх типів, крім тих, що призначені виключно для циркуляції повітря, наприклад стельових та настільних вентиляторів. Основними показниками якості вентиляторів, які визначаються згідно цього стандарту є масова витрата повітря та тиск, що створюється вентилятором.

В європейських нормах [58] наведені методи випробувань, зокрема з визначення продуктивності нагнітальних вентиляторів. Зокрема, стандарт [58] був розроблений для вимірювання та порівняння ефективного повітряного потоку, який використовується на стандартному дверному отворі.

Ще один із стандартів [59] призначений для тестування гарячим димом у будівлі. У цьому стандарті детально описані процедури безпеки та обладнання, необхідні для проведення гарячого тест на дим. Він вказує на розмір апарату та кількість палива, необхідного для даного геометрія відсіку, яка відповідає безпечному практичному застосуванню тесту.

Випробування гарячим димом забезпечує засіб, за допомогою якого а зазначена кількість диму утворюється під час пробного вогню, щоб допомогти в оцінці характеристики системи управління димом будівлі. Випробувальний вогонь забезпечує динамічний плавучий потік диму, характерний для справжніх

вогняних стовпів. Випробування гарячим димом з відповідним обладнанням можна використовувати для перевірки комп'ютерного програмного забезпечення і його застосування для імітації або моделювання руху диму в одній або кількох будівлях відсіки.

В країнах співдружності незалежних держав існує ряд стандартів, які стосуються засобів димо- та тепловидалення, інформація по яким представлена нижче. Стандарт [60] встановлює методи випробувань для визначення однієї або більше аеродинамічних характеристик промислових вентиляторів на місці їх експлуатації, а саме визначення тиску, який створюється вентилятором, витрати повітря, швидкості обертання валу генератору тощо.

Основні показники якості за якими перевіряють переносні пожежні димовсмоктувачі: аеродинамічні випробування, які полягають, зокрема, у визначенні об'ємної подачі димовсмоктувача за повітрям; перевірка об'ємної подачі димовсмоктувача за піною, кратності піни та витрати розчину піноутворювача; перевірка номінального діаметра робочого проточного перетину димовсмоктувача; перевірка маси димовсмоктувача; перевірка відповідності вимогам всмоктуючого та напірного рукавів; перевірка стійкості до кліматичних впливів; перевірка стійкості до механічних впливів (вібростійкість) та перевірка зусилля, яке прикладається до рукояток управління.

В Україні нормативно-технічні документи щодо встановлення технічних вимог та методів випробувань до переносних пожежних димовсмоктувачів відсутні.

Патентні дослідження переносних засобів димо- та тепловидалення проводилися з метою встановлення тенденцій їх технічного розвитку. Для проведення патентного пошуку використовувалися дані серверів Європейського патентного відомства. Всього було проаналізовано матеріали 15 патентів.

Розподіл кількості патентів за країнами-заявниками наведено на рисунку 1.12. Лідуючі позиції з патентування займають такі країни, як США та Китай.

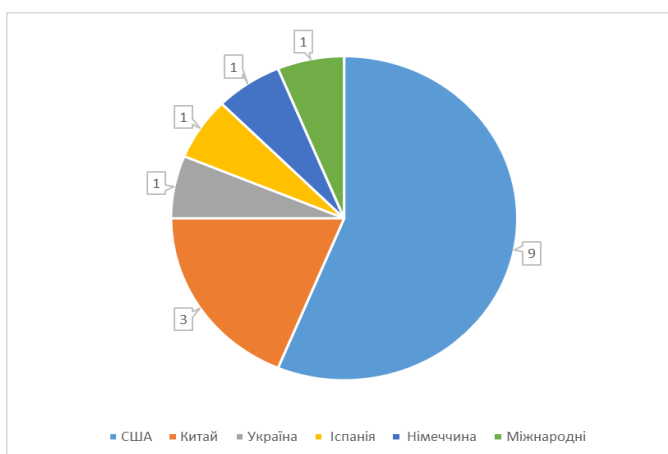


Рисунок 1.12 – Розподіл кількості вивчених патентів за напрямком досліджень

У класичному виконанні вентилятор з повітряним гвинтом містить пристрій для спрямування потоку повітря, створюваного вентилятором, виконаний у вигляді трубчастої оболонки, встановленої коаксіально осі обертання гвинта, що містить дефлекторну систему з лопатками для вирівнювання та концентрації повітряного потоку, створюваного гвинтом вентилятора. Пристрій призначений для підвищення ефективності роботи вентилятора з метою полегшення роботи пожежних.

Серед патентів US 5470200 [61], US 6394766 [62] та WO 2005003569 [63] відомі вентилятори з повітряним гвинтом, обладнані пристроями для спрямування потоку повітря, що створюється радіальними лопатками. Але, продуктивність таких вентиляторів не є достатньою для видалення диму належним чином.

Основні відмінності винаходу від класичного вентилятору полягають у наступному: вентилятор додатково містить розташовану на виході з дефлекторної системи з лопатками у напрямку потоку повітря ще одну дефлекторну систему з концентричними трубами, розташованими в трубчастій оболонці коаксіально осі обертання повітряного гвинта; кожна лопатка утворена приймальною зоною повітряного потоку та зоною вирівнювання повітряного потоку, при цьому зона вирівнювання розміщена паралельно осі обертання повітряного гвинта, а приймальна зона розташована між повітряним гвинтом та зоною вирівнювання з уклоном відносно зони вирівнювання; кожна лопатка має перетин V-подібної форми або у формі кільцевої дуги; вентилятор містить систему регулювання

орієнтації лопаток; кількість лопаток в трубчастій оболонці перевищує кількість лопатей повітряного гвинта вентилятора; пристрій для спрямування потоку повітря змонтовано на вентиляторі знімним. Патент US 2018043193(A1) [64] вентилятор димо- та тепловидалення, що створює струмінь повітря з перетином у вигляді овалу.

Патент US 5205711 [65] ручний переносний пристрій для нагнітання повітря та містить двигун з приводним валом, на якому встановлено гвинт, що має захисний кожух. Цей вузол жорстко встановлений на центральній рамі, що просторово розміщена навколо двигуна. Опорна рама встановлена на двох парах передніх та задніх ніжок, що забезпечують надійну опору пристрою. Передбачена можливість зміни куту нахилу пристрою відносно опорної поверхні, що дає можливість подавати повітря під різним кутом.

Патент US 9441641B1 [66] пристрій димо- та тепловидалення, який представляє собою вентилятор з покращеними характеристиками. Пристрій може встановлюватися трьома можливими способами. В першому варіанті вентилятор встановлюється за допомогою двох кронштенів, які дають можливість ковзання або обертання пристрою. В другому варіанті кріплення пристрою здійснюється за допомогою пари бокових пластин, які дають можливість встановлення пари таких вентиляторів одночасно. Третій варіант передбачає висувні стрижні, які кріпляться до вентилятора з метою утримання його у вікні або дверному отворі. Винахід передбачає будь-яку конструкцію для цих стрижнів без обмежень, наприклад, стрижні, що обертаються, телескопічні, висувні та знімні стрижні.

Патент US 5503526A [67] портативний вентилятор, призначений для нагнітання повітря до приміщення з метою димо- та тепловидалення. Вентилятор встановлений на трьох ніжках, довжина кожної з яких може змінюватися. Це дає можливість забезпечити стабільне положення вентилятора під час його роботи та пом'якшити дію вібрації. Крім того, є можливість регулювання висоти та куту нахилу потоку повітря відносно опорної поверхні.

Патент US 3500935(A) [68] генератор піни високої кратності, що приводиться в дію відповідною гідравлічною турбіною. Вода під тиском

подається на вхід турбіни. Вхідний отвір турбіни виконаний у вигляді з'єднувальної муфти, яка проходить в осьовому напрямку від турбіни. На виході з турбіни вода проходить через дозуючий змішувач, в якому знаходиться піноутворювач. Після змішування води з піноутворювачем утворюється робочий розчин піноутворювача, який спрямовується до розпилювальної системи, що представляє собою сітчастий матеріал у формі усіченого конусу, прикріплений до виходу з трубопроводу. Патент US 6336594(B1) [69] нагнітальний вентилятор димо- та тепловидалення для застосування у великих просторах, таких як тунелі, торговельні центри, зали, багатоповерхові будинки тощо. Цей вентилятор має електричний або гідравлічний привід та встановлюється або на спеціальному підйомному пристрої або на транспортному засобі або стаціонарно. Патент US 4906164(A) [70] переносний нагнітальний вентилятор димо- та тепловидалення, який складається з опорної рами з двигуном внутрішнього згоряння, на валу якого змонтовано дволопатеви гвинт для створення повітряного потоку. Вентилятор обладнаний механізмом, що призначений для регулювання його куту нахилу. Патент ES 2413329T3 [71] удосконалений пристрій для димо- та тепловидалення в тунелях різного призначення. Пристрій складається з опори, безлопатевого вентилятора, який створює повітряний потік і сопла та може бути встановлений на стелі або в стіні тунелів. Патент DE 202010008657U1 [72] вентилятор, що містить корпус, який має проточний канал, лопаттєве робоче колесо, яке розташоване зсередини корпусу в проточному каналі, електродвигун, який приводить в дію вентилятор та два вихідних отвори. Патент CN201852181U [73] вентилятор димовидалення, оснащений фільтрувальною сіткою для очищення повітряного потоку від небезпечних для навколишнього середовища продуктів згоряння. Патент CN 206419227U [74] вентилятор димовидалення, пристосований для розпилювання води. Патент UA 55428 А 62 С 35/00 [75] поєднання димовсмоктувача з пристроєм для осадження продуктів горіння. Такий пристрій був розроблений працівниками Львівського державного університету безпеки життєдіяльності (рисунок 1.13). Принцип роботи пристрою полягає в одночасній подачі (нагнітанні) повітряноводяного струменя в задимлене приміщення, при

цьому тверді частинки вуглецю, що знаходяться в диму, осідають внаслідок зволоження, – завдяки чому збільшується видимість, температура в приміщенні знижується, зменшується концентрація деяких розчинних у воді токсичних продуктів горіння, а отже створюються більш сприятливі умови для ведення оперативних дій ланками ГДЗС.

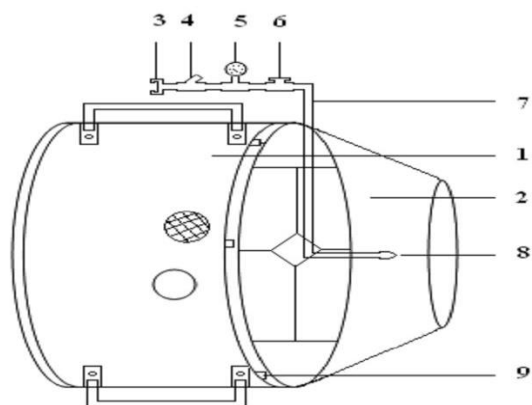


Рисунок 1.13 – Конструкція пристрою для осадження продуктів горіння та зниження температури:

1 – осьовий пожежний димовсмоктувач; 2 – корпус пристрою; 3 – муфтова з'єднувальна головка; 4 – фільтр води; 5 – манометр; 6 – перекиривний кран; 7 – патрубок; 8 – насадка-розпилювач; 9 – кріплення пристрою до димовсмоктувача.

Таким чином аналіз нормативно-технічних документів свідчить про відсутність в Україні національного стандарту в якому визначено основні технічні вимоги та методи випробувань для оцінки якості переносних засобів димо- та тепловидалення. Тому існує необхідність у проведенні обґрунтувань основних технічних вимог до таких засобів з метою подальшої розробки та впровадження в Україні національного стандарту куди вони увійдуть.

Основні тенденції розвитку переносних засобів димо- та тепловидалення (пожежних димовсмоктувачів), які проаналізовано у винаходах вчених відбуваються у напрямку модифікації пристроїв для спрямування потоку повітря, створюваного лопатями вентилятора, механізмів для регулювання висоти встановлення та куту нахилу вентилятору відносно опорної поверхні тощо.

1.4 Способи та прийоми застосування переносних засобів димо- та тепловидалення під час гасіння пожеж

Основною метою нагнітання свіжого повітря є швидке зниження температури та збільшення видимості в середині приміщення для проведення подальших дій з пожежогасіння та рятування людей.

Принцип дії димовидалення на пожежі полягає у зміні тиску, що переважає у будинку, який горить з метою видалення отруйних (шкідливих) речовин на зовні. Так димовидалення на пожежі здійснюється трьома різними способами, в залежності від розміщення входів чистого повітря та можливості виходу продуктів згорання і з точки зору відстані і висоти між ними, а також залежно від наявності інших засобів для здійснення димовидалення: 1) горизонтальна вентиляція, 2) вертикальна вентиляція, 3) механічна вентиляція. Рухомою силою вентиляції є різниця тисків між приміщенням, що горить та навколишнім простором. Повітря, як відомо, рухається з зони підвищеного тиску до зони зниженого. Різниця тисків визначає швидкість та об'єм повітря, що рухається, а на величину різниці тисків впливають розміри отворів в приміщенні, погодні умови (швидкість вітру, температура навколишнього середовища, атмосферний тиск), параметри пожежі (динаміка), геометричні розміри системи вентиляції в аксонометрії, системи протидимного захисту об'єкта (за наявності).

Важливо розуміти відносну швидкість руху повітряних мас в різних ситуаціях при димовидаленні. Це може допомогти ланці газодимозахисної служби у визначенні необхідної кількості пожежних димовсмоктувачів та вибору тактики димовидалення [76].

Порядок застосування переносних засобів димо- та тепловидалення оснований на їх розміщенні перед входом до задимленого середовища з подальшим нагнітанням свіжого повітря всередину та витісненням продуктів горіння через попередньо зроблені отвори для видалення продуктів горіння.

Оптимізація керування конвекційними потоками на пожежі може досягатися шляхом застосування декількох нагнітачів повітря. Використання більше ніж одного переносного засобу димо- та тепловидалення збільшує об'єм

повітря, що прокачується на вході, прискорюючи тим самим примусову конвекцію приміщення. Розташування декількох засобів на один вхід, до якого відноситься паралельно вертикальне, паралельно горизонтальне та послідовне.

Паралельно вертикальне розташування засобів димо- та тепловидалення використовується у випадку, якщо отвір для нагнітання повітря має висоту більше ніж 3 м. В залежності від висоти припливного отвору застосовують 2 і більше засоби димо- та тепловидалення.

Паралельно горизонтальне розташування засобів димо- та тепловидалення використовується в тому випадку коли отвір нагнітання повітря ширше ніж 3 метри та відсутні можливості його зменшити. При паралельно горизонтальному розташуванні переносних засобів димо- та тепловидалення, вони встановлюються поруч один з одним на одній лінії, при цьому межі повітряного потоку повинні перекривати отвір нагнітання повітря повністю.

Послідовне (рядне) розташування - це розташування переносних засобів димо- та тепловидалення один за одним в один ряд. Цей вид вентиляції використовується при великій відстані від отвору для нагнітання повітря до отворів для видалення продуктів горіння або якщо недостатньо місця для паралельної установки засобів.

Для збільшення швидкості потоку повітря і маневрування ним, в будівлях заввишки понад 25 м, як правило, встановлюється один або кілька допоміжних переносних засобів димо- та тепловидалення безпосередньо всередині будівлі.

Одним з важливих факторів ефективної примусової конвекції є відстань до припливного отвору. Саме відстань впливає на ефективність засобу димо- та тепловидалення [77-81].

Відстань від переносного засобу димо- та тепловидалення до припливного отвору підбирається таким чином, щоб повітряний потік, який утворюється засобом створював надлишковий тиск за всією площею отвору (ефект повітряної завіси). Мінімальна відстань має дорівнювати довжині діагоналі припливного дверного отвору. Збільшення відстані приводить до зниження потужності, але не зменшує ефективність примусової конвекції. Маленька відстань не перекриває

припливний отвір повністю, що призводить до завіхрювань повітря, внаслідок чого ефективність примусової конвекції знижується.

Якщо пожежа набула значних розмірів та її гасіння значно ускладнюється небезпечними факторами пожежі (значно зросла температура, пожежею охоплене все приміщення тощо) в такому випадку необхідно здійснювати видалення продуктів горіння з приміщень або сходових клітин, які ще не охоплені вогнем.

У суміжних приміщеннях рекомендується створити надлишковий тиск з метою недопущення розповсюдження продуктів горіння в інші приміщення [77-81]. Цей тактичний прийом доцільно використовувати у разі розвитку пожежі в одному окремому приміщенні і пожежно-рятувальним підрозділам важко або неможливо безпосередньо здійснювати гасіння приміщення, в якому сталася пожежа. Загалом розповсюдження продуктів горіння в суміжні приміщення несе небезпеку не лише за рахунок зменшення видимості чи зниження концентрації кисню, а й за рахунок зростання ймовірності утворення вибухонебезпечної концентрації в місцях, відділених від вогнища пожежі.

Таким чином для підвищення ефективності гасіння пожеж з використанням переносних засобів димо- та тепловидалення можливо визначити основні способи та прийомів їх застосування, які необхідно врахувати під час розроблення Рекомендацій щодо застосування таких засобів пожежно-рятувальними підрозділами ДСНС України.

1.5 Аналіз методів моделювання, що можуть використовуватись при побудові математичних моделей

З точки зору цільового математичного моделювання можна виділити такі типи математичних моделей, а саме: описові, імітаційні, оптимізаційні та ігрові.

Математичні моделі, що описують в найзагальнішому вигляді зміну параметрів стану середовища в приміщенні з плином часу наведені в [82-84].

Для обґрунтування конструктивних параметрів елементів переносного засобу димо- та тепловидалення, які забезпечують максимальну продуктивність

такого засобу проаналізовано [85-86] та обрано імітаційний та оптимізаційний тип моделювання.

Імітаційне моделювання – це метод дослідження, при якому досліджувана фізична система замінюється моделлю, що з певною точністю описує цю реальну систему, при цьому побудована модель описує процеси так, як вони проходили би у дійсності з метою отримання інформації про систему. Терміни «імітаційне моделювання», або «обчислювальний експеримент» більш точно відповідають англomовному терміну «simulation modeling». Імітаційне моделювання є одним з найвідоміших і давніх методів математичного моделювання. Воно може розглядатися як один з напрямків компютерного моделювання – як комплексний метод дослідження складних систем. Важливою перевагою імітаційного моделювання є можливість проведення числових (компютерних) експериментів, не проводячи експериментів на реальному об'єкті: змінюючи внутрішні параметри описуваної системи та зовнішні параметри.

Метою імітаційного моделювання є відтворення процесів досліджуваної системи на основі результатів аналізу найбільш визначальних зв'язків окремих елементів моделі. Імітаційна модель – логіко-математичний опис об'єкта, яке може бути використано на компютері з метою проектування, аналізу та оцінки функціонування об'єкта при змінах параметрів середовища.

Оптимізаційне моделювання - збірне поняття, що включає широкий спектр методів та інструментів, що базуються на математичних алгоритмах знаходження оптимальних рішень в умовах обмеженості ресурсів. Об'єктом оптимізації у нашому випадку є машина – осьвоий вентилятор, параметри якого потрібно оптимізувати для забезпечення умов для зміни його призначення – використання у якості засобу димо- та тепловиведення. Критерієм оптимізації прийнято такий вихідний параметр вентилятору, як його продуктивність, або потік повітря ($\text{м}^3 \cdot \text{с}^{-1}$), адже для найбільшої ефективності виведення диму та тепла з приміщення, ця величина потоку повітря повинна бути максимальною. Цей тип моделювання дозволяє знайти значення фізичних параметрів, згідно яких будуть провадитися

зміни конструкції вентилятору, що забезпечать максимальну продуктивність, необхідну для найбільшої ефективності виведення диму та тепла з приміщення.

Для оптимізаційного моделювання в умовах, коли ми не маємо вичерпних знань про механізм процесу, або не можемо отримати достатньо точні дані, чи отримемо тільки наближені дані на основі, наприклад попередньої математичної моделі, корисно використати, запропоновану У.Р. Ешби ідею «чорного ящика», одним із можливих шляхів її реалізації є факторний експеримент. В таких умовах, коли аналітичний вираз функції відгуку невідомий, є сенс обмежитися представленням функції у вигляді поліному з вибірковими коефіцієнтами регресії, які можна отримати, користуючись результатами експерименту. Отримане емпіричним шляхом рівняння і буде математичною моделлю процесу. Особливістю задачі оптимізації у нашому випадку є необхідність опису поверхні відгуку у вигляді нелінійної моделі, адже тільки у цьому випадку можливе обчислення координат точки екстремуму.

Поблизу екстремуму, як правило, поверхня відгуку має кривизну і не може бути адекватно описана, наприклад, неповним квадратним рівнянням навіть у достатньо вузькій області. В таких умовах, керуючись загальною ідеєю крокового експерименту, необхідно намагатись описати досліджувану поверхню відгука повним рівнянням другого ступеню. Для цього треба провести експеримент таким чином, щоб кожний з факторів варіювався щонайменше на трьох рівнях, адже, при постановці повного факторного експерименту та дробних репліках від нього фактори варіюються тільки на двох рівнях. У таких випадках та для запобігання невиправдано великій кількості виконаних дослідів, можна використовувати згідно ідеям Г.Е. Бокса та К.Б. Вилсона ортогональні плани першого порядку у якості ядра, на якому добудовується конструкція плану другого порядку.

За результатами аналізу встановлено, що для обґрунтування конструктивних параметрів переносних засобів димо- та тепловидалення необхідно розроблення двофакторної регресивної математичної моделі.

1.6 Висновки за першим розділом

На основі проведеного аналізу статистичних даних про пожежі в Україні, використання, сучасного стану технічного розвитку існуючих переносних засобів димо- та тепловидалення, нормативних документів, патентів, способів та прийомів застосування, а також математичного моделювання можна зробити такі висновки:

1. Статистичні дані про пожежі свідчать про, те, що щорічно у будівлях та спорудах різного призначення виникає 40 % пожеж від загальної їх щорічної кількості. При цьому застосування переносних засобів димо- та тепловидалення у середньому складає 14 разів на рік.

2. Характеристики існуючих переносних засобів димо- та тепловидалення не задовольняють потребам пожежно-рятувальних підрозділів та потребують удосконалення для підвищення ефективності гасіння пожеж з їх використанням.

3. Існує необхідність у проведенні обґрунтування основних найбільш значущих параметрів, які характеризують ефективність функціонування переносних засобів димо- та тепловидалення, що недостатньо висвітлені у літературних джерелах.

4. Для прийняття конкретних конструкторських рішень про удосконалення існуючих моделей переносних засобів димо- та тепловидалення доцільна розробка двофакторної регресивної математичної моделі.

5. За результатами теоретичних досліджень необхідно перевірити математичну модель на адекватність шляхом співставлення результатів теоретичних та експериментальних досліджень.

6. Для підвищення ефективності гасіння пожеж необхідно враховувати тактичні прийоми, а також відстані до припливного отвору для виконання примусової конвекції, які містять Рекомендації щодо застосування переносних засобів димо- та тепловидалення.

Тому метою проведення досліджень є встановлення закономірності змінювання продуктивності переносних засобів димо- та тепловидалення залежно

від конструкційних параметрів їх елементів як наукового підґрунтя підвищення ефективності гасіння пожеж з використанням таких засобів.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі завдання:

1) проаналізувати сучасний стан технічного розвитку переносних засобів димо- та тепловидалення;

2) встановити конструктивні параметри елементів переносних засобів димо- та тепловидалення, які впливають на ефективність видалення газоподібних, аерозольних продуктів згорання і теплоти пожежі із зони проведення пожежно-рятувальних робіт;

3) побудувати математичну модель для дослідження залежності продуктивності від конструктивних параметрів елементів переносних засобів димо- та тепловидалення;

4) встановити залежність продуктивності від конструктивних параметрів елементів переносних засобів димо- та тепловидалення;

5) розробити програму та методику проведення експериментальних досліджень залежності продуктивності від конструктивних параметрів елементів переносних засобів димо- та тепловидалення та провести експериментальні дослідження;

6) обґрунтувати удосконалені конструкційні параметри елементів переносних засобів димо- та тепловидалення.

РОЗДІЛ. 2. ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАЛЕЖНОСТІ ПРОДУКТИВНОСТІ ПЕРЕНЕСНИХ ЗАСОБІВ ДИМО- ТА ТЕПЛОВИДАЛЕННЯ ВІД КОНСТРУКЦІЙНИХ ПАРАМЕТРІВ ЇХ ЕЛЕМЕНТІВ

2.1 Конструкційні параметри елементів переносних засобів димо- та тепловидалення, які характеризують їх ефективність функціонування

Показники надійності являються важливими техніко-економічними факторами, які визначають якість виробу [87-88]. Надійність засобу залежить з однієї сторони від технічного вдосконалення виробу, а з іншої сторони від рівня технічного обслуговування і ремонту виробу у процесі його експлуатації та визначає рівень економічного використання виробу.

Для пожежно-рятувальних підрозділів переносний засіб димо- та тепловидалення повинен відповідати таким основним властивостям, а саме: мати невеликі габаритні розміри для зручності перенесення та встановленні у відсік пожежно-рятувальної техніки, мати вагу до 40 кг та спеціальні ручки для швидкого встановлення та перенесення засобу до місця пожежі, мати низький рівень шуму для забезпечення комфортних умов застосування, мати щонайменше декілька режимів переключення швидкості роботи засобу для можливості створення низької зони тиску перед вентилятором і підтримки максимальної продуктивності, мати надійний електродвигун, який здатний витримувати навантаження та з відповідним захистом від вологи щонайменше IP 65, а також матеріали з яких виготовляється засіб повинні мати антикорозійне покриття та стійкість до відкритого полум'я і нагрітих газів, що характерні при пожежах.

Основною характеристикою, яка характеризує ефективність функціонування переносних засобів димо- та тепловидалення є продуктивність [89-95]. Ця характеристика безпосередньо впливає на тривалість проведення тактичної вентиляції пожежно-рятувальними підрозділами за результатами чого збільшується ймовірність порятунку людей та ліквідації пожеж.

Згідно з [96-102] продуктивність вентилятора залежить від таких основних конструкційних параметрів їх елементів, а саме: діаметру вентилятора, числа обертів, сумарної площі лопатей та кута установки профілю лопатей.

Проведено аналіз кожного із зазначеного параметрів. В основу вибору переліку параметрів стосовно яких буде надалі досліджуватися їх вплив на продуктивність засобу димо- та тепловидалення покладено значущість впливу обраного параметру за продуктивність засобу та економічні показники щодо виробництва, функціонування та технічного обслуговування засобу у разі зміни параметру, що розглядається.

Такі параметри, як діаметр вентилятора та число обертів, що впливають на продуктивність вентилятору створюють лінійну залежність між такими параметрами та продуктивністю засобу димо- та тепловидалення. При цьому, чим більші значення діаметру вентилятора та числа обертів, тим більша продуктивність засобу, разом із цим збільшуються економічні показники щодо виробництва, функціонування та технічного обслуговування такого засобу. Тому покращувати характеристики засобів димо- та тепловидалення за рахунок збільшення їх вартості в даній роботі визначаємо як недоцільне. Разом із цим зміну діаметра та числа обертів вентилятора можливо враховувати під час проектування та виготовлення нового вентилятора.

В осьовому вентиляторі передавання енергії потоку повітря виникає за рахунок робочого колеса, яке складається із консольних лопатів, що закріплені на втулці. Конструктивна схема осьового вентилятора [96-100] приведена на рисунку 2.1.

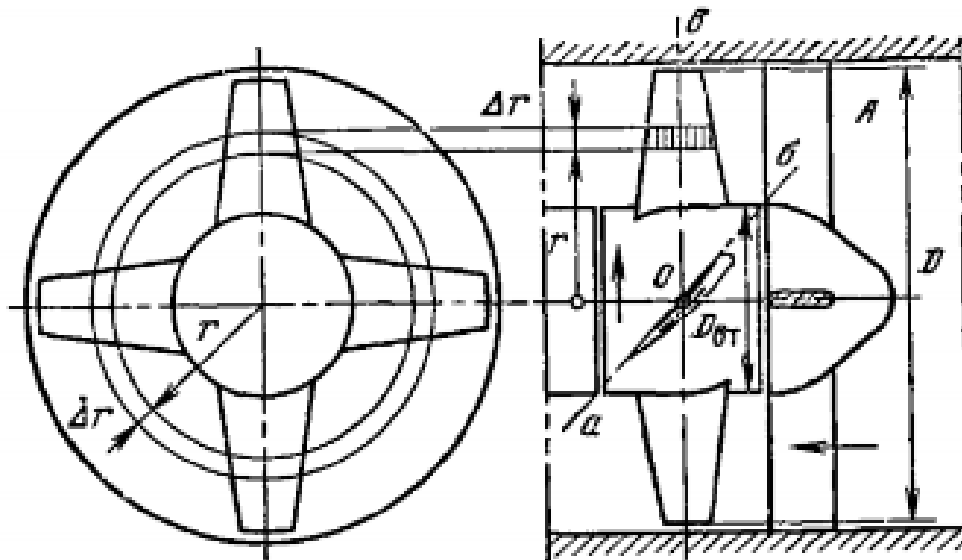


Рисунок 2.1 – Конструктивна схема осьового вентилятора

Так, як колесо вентилятора під час обертання утримується в осьовому напрямку, а його лопаті закріплені під кутом до площини обертання, таким чином колесо переміщає повітря вздовж осі.

В даному процесі важливий вплив на продуктивність (повітряний потік, $\text{м}^3 \cdot \text{с}^{-1}$) вентилятору має кут нахилу профілю лопаті вентилятора β (кут між хордою лопаті та віссю решітки) як наведено на рисунку 2.2. Дослідження впливу зміни цього кута на продуктивність вентилятору приводить до висновку, що цей параметр мало впливає на економічні показники (вартість) і пропонується для подальшого дослідження в даній роботі.

За результатами аналітичних досліджень наведених у розділі 1 встановлено, що в існуючих засобах димо- та тепловидалення параметр кут нахилу профілю лопатей вентилятора варіюється в таких межах від 0,6 до 0,96 радіан. Тому під час подальших досліджень приймаємо мінімальне значення кута нахилу профілю лопатей вентилятора 0,6 радіан, середнє 0,78 радіан та максимальне 0,96 радіан.

Другий показник, який також суттєво виявляє вплив на продуктивність (повітряний потік, $\text{м}^3 \cdot \text{с}^{-1}$) та має порівняно невеликий вплив на економічні показники (вартість) вентилятору – це загальна активна площа поверхні лопаті робочого колеса вентилятору, що описується формулою:

$$S = b \cdot \frac{D(1 - v_h)}{2} \cdot n_b, \text{ м}^2 \quad (2.1)$$

де: b - середня довжина хорди перерізу лопаті, що береться згідно рекомендаціям [99] в точці на відстані ефективного радіусу r_{mid} від осі втулки робочого колеса згідно формули:

$$r_{mid} = \frac{\sqrt{2}}{4} \cdot D \sqrt{1 + v_h^2}, \text{ м} \quad (2.2)$$

де: D - зовнішній діаметр решітки лопатей робочого колеса вентилятору, м;

$v_k = D_b \cdot D^{-1} = 0,4$ - відносний діаметр втулки, на якій встановлені лопаті (згідно з замірами неудоконаленого засобу димо- та тепловидалення);

D_b – діаметр втулки робочого колеса вентилятору, м;

n_b – кількість лопатей робочого колеса вентилятору.

Таким чином під час дослідження продуктивності засобу димо - та тепловидалення слід також дослідити вплив на зазначену характеристику такого параметра, як загальна активна площа поверхні лопатей робочого колеса вентилятору. За результатами аналітичних досліджень проведених у розділі 1 встановлено, що удосконалення технічних характеристик засобу димо- та тепловидалення сприятиме підвищенню ефективності під час гасіння пожеж у будівлях та спорудах.

Дані щодо діапазону величин параметрів кута нахилу профілю лопаті вентилятора та загальної активної площі поверхні лопаті робочого колеса вентилятора приведені у таблиці 2.1

Таблиця 2.1 – Діапазон величин параметрів кута лопаті та площі лопаті вентилятора

Назва параметру	Значення параметра		
	Мінімальні і	Середні	Максимальні
Кут нахилу лопаті β , радіани	0,6000	0,7850	0,9600
Площа лопаті S , м ²	0,0750	0,1275	0,1800

Ці два показники, а саме, кут нахилу профілю лопаті вентилятора та сумарна площа лопатей робочого колеса вентилятору і обрані для подальшого дослідження з метою знаходження оптимальних значень цих величин, що забезпечують максимальну величину продуктивності (повітряного потоку, м³·с⁻¹) засобу димо- та тепловидалення в даній роботі.

За критерій удосконаленого засобу димо- та тепловидалення можна взяти співвідношення продуктивності удосконаленого засобу димо- та тепловидалення до неудосконаленого засобу димо- та тепловидалення, що можна виразити у вигляді рівняння:

$$K = \frac{Q_{уд}}{Q}, \quad (2.3)$$

де: K – критерій продуктивності засобу димо- та тепловидалення;

$Q_{уд}$ – продуктивність удосконаленого засобу димо- та тепловидалення;

Q – продуктивність неудосконаленого засобу димо- та тепловидалення.

Додатковими критеріями для порівняння параметру продуктивності можна здійснювати за небезпечними чинниками пожежі такими як температура та щільність диму видалення яких із приміщення забезпечує засіб димо- та тепловидалення [103].

Для того щоб дослідити ефективність удосконаленого засобу димо- та тепловидалення в подальшій роботі необхідно провести експериментальні дослідження за такими сценаріями.

1. Провести порівняльні дослідження з визначення продуктивності двох засобів димо- та тепловидалення (існуючого та удосконаленого). Встановити критерій оцінювання – визначення їх продуктивності і виразити його у цифровому на процентному відношенні.

2. Провести порівняльні дослідження з визначення ефективності роботи засобів димо- та тепловидалення (існуючого та удосконаленого з нагнітанням повітря та повітря з тонкорозпилим струменем води) в задимленому приміщенні.

3. Дослідження провести таким чином, а саме: у випробувальному боксі створити максимальне задимлене середовище із застосуванням димової шашки чорного диму. Під час досліджень застосувати технічний комплекс для контролю оптичної щільності полідисперсного газоподібного середовища та інформаційно-вимірювальної системи «Термоконт». Після чого провести низку аналогічних досліджень із застосуванням засобів димо- та тепловидалення (існуючого та удосконаленого з нагнітанням повітря та повітря з тонкорозпилим струменем води) шляхом введення в дверний отвір випробувального боксу та подаванням в середину повітря та повітря з розпилим струменем води. За результатами чого визначити проміжок часу за який виникає розсіювання диму до нормалізації газоповітряного середовища у боксі та коефіцієнт ефективного зниження задимленості у випробувальному боксі.

4. Критерієм оцінювання буде порівняння проміжку часу зниження задимленості у випробувальному боксі за результатами досліджень засобів димо- та тепловидалення (існуючого та удосконаленого з нагнітанням повітря та удосконаленого з одночасним нагнітанням повітря та подаванням розпиленого струменя води).

2.2 Математична модель, що дозволяє описувати продуктивність засобів димо- та тепловидалення від конструкційних параметрів їх елементів

Для розгляду роботи осьових вентиляторів використовують теорію решітки профілів [96]. Під час розсікання робочого колеса та розвертання поверхні із перерізом лопатей отримуємо плоску решітку профілів осьового вентилятора. Решітка профілів розгорнута на площину, вентилятора зображена на рисунку 2.2.

Основні величини, які характеризують геометрію решітки наступні: l – крок лопатей, який дорівнює відстані між подібними точками перерізу лопатей, що виміряні в напрямку руху решітки; b – довжина хорди перерізу лопаті; B – ширина решітки (розмір паралельної вісі обертання); β_1 – вхідний кут лопаті; β_2 – вихідний кут лопаті; β – кут нахилу лопаті (кут між хордою лопаті та віссю решітки).

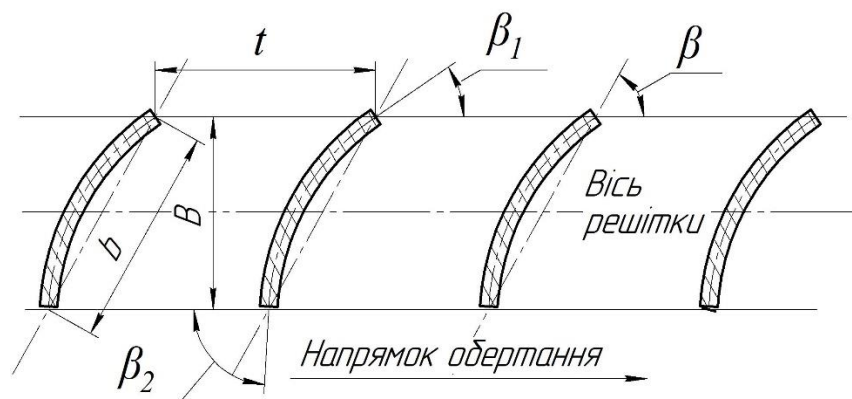


Рисунок 2.2 – Решітка профілів осьового вентилятора, розгорнута на площину.

Прийняті допущення та спрощення (на основі методики викладеної у [99]):

- спрощена схема не передбачає наявності направляючого апарату, що відповідає прийнятим початковим умовам при проектуванні;
- вважається, що потік у робочій порожнині насоса вісесиметричний;
- вважається, що термодинамічний процес, що має місце у порожнині насоса, є ізотермічним (як наслідок невеликих значень змін тиску, характерних для осьового вентилятору);

- кут нахилу хорди лопаті до площини обертання лопатного робочого колеса β_m залежно від радіусу місця перетину решітки лопатей змінюється по закону [99]:

$$r \cdot \operatorname{tg}(\beta_m) = \operatorname{const}, \text{ м} \quad (2.4)$$

де: r – радіус у місці перетину решітки лопатей;

β_m – кут нахилу хорди лопаті що змінюється в залежності від точки вимірювання.

Знаходимо величину кроку t решітки на відстані ефективного радіусу r_{mid} (див. формулу (2.2))

$$t = \frac{2 \cdot \pi \cdot r_{mid} - n_b \cdot b}{n_b}, \text{ м} \quad (2.5)$$

де: b – ширина лопаті, м;

n_b – кількість лопатей робочого колеса вентилятора.

Сумісний план швидкостей та сил, що діють на лопать робочого колеса вентилятора показано на рисунку 2.3.

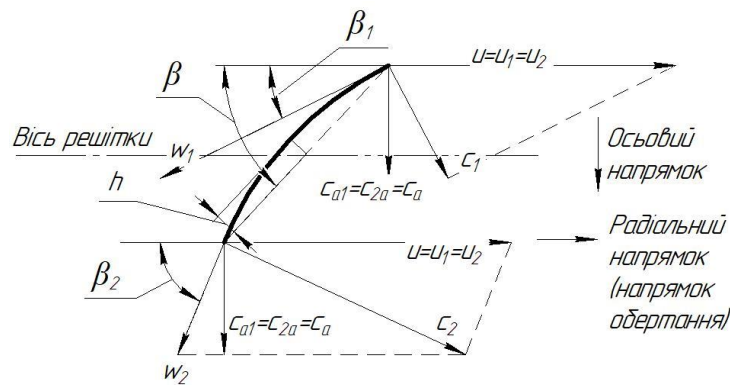


Рисунок 2.3 – Сумісний план швидкостей та сил, що діють на лопать

Побудувавши плани швидкостей на вході та на виході, які наведені рисунку 2.4, введемо основні кінематичні параметри потоку, що проходить крізь решітку.

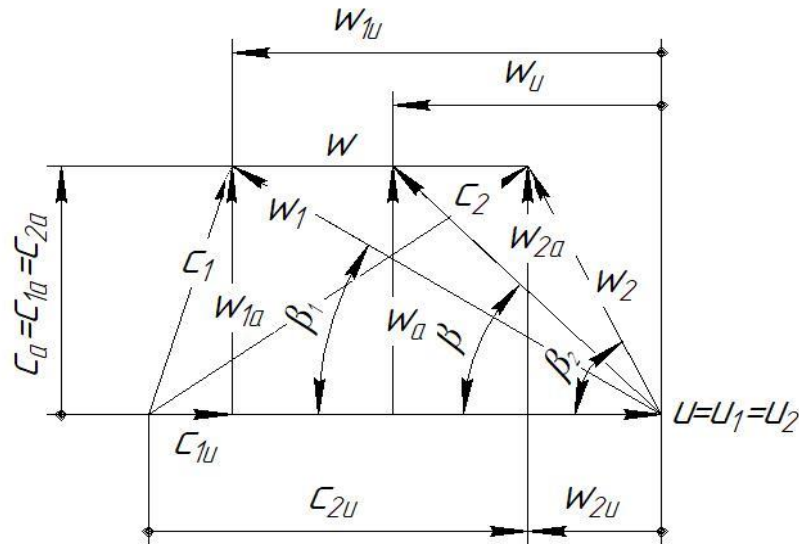


Рисунок 2.4 – План швидкостей решітки робочого колеса

Переносна швидкість:

- осьова компонента: на вході u_{1a} та на виході: u_{2a} ;
- радіальна компонента: на вході u_{1u} та на виході: u_{2u} ;
- середня переносна швидкість:

$$- \text{осьова: } \vec{u}_a = \frac{1}{2} \cdot (\vec{u}_{1a} + \vec{u}_{2a}),$$

$$- \text{радіальна: } \vec{u} = \frac{1}{2} \cdot (\vec{u}_{1u} + \vec{u}_{2u})$$

Відносна швидкість:

- осьова компонента: на вході c_{1a} та на виході: c_{2a} ;
- радіальна компонента: на вході c_{1u} та на виході: c_{2u} ;
- середня відносна швидкість:

$$- \text{осьова: } \vec{c}_a = \frac{1}{2} \cdot (\vec{c}_{1a} + \vec{c}_{2a}),$$

$$- \text{радіальна: } \vec{c}_u = \frac{1}{2} \cdot (\vec{c}_{1u} + \vec{c}_{2u}).$$

Абсолютна швидкість:

- осьова компонента: на вході w_{1a} та на виході: w_{2a} ;
- радіальна компонента: на вході w_{1u} та на виході: w_{2u} ;
- середня абсолютна швидкість:

$$\begin{aligned}
 \text{– осьова:} \quad \vec{w}_a &= \frac{1}{2} \cdot (\vec{w}_{1a} + \vec{w}_{2a}), \\
 \text{– радіальна:} \quad \vec{w}_u &= \frac{1}{2} \cdot (\vec{w}_{1u} + \vec{w}_{2u}).
 \end{aligned}$$

Згідно рисунку 2.4 та фізичному сенсу переносної швидкості:

$$u_{1a} = 0; u_{2a} = 0; u = u_1 = u_2, \quad (2.6)$$

Знаходимо переносну швидкість, що дорівнює лінійній швидкості у середній точці лопаті (по її довжині):

$$u = \frac{\sqrt{2}}{2} \cdot \pi \cdot D \cdot \sqrt{1 + v_k^2} \cdot n, \text{ м} \cdot \text{с}^{-1} \quad (2.7)$$

де: n - частота обертання робочого колеса вентилятора, об \cdot с $^{-1}$.

Осьова швидкість потоку вентилятору обчислюється за формулою:

$$c_a = \frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot D^2 \cdot (1 - v_h^2)}, \text{ м}^3 \cdot \text{с}^{-1} \quad (2.8)$$

де: Q – величина продуктивності, або повітряного потоку, м 3 ·с $^{-1}$.

Нехтуючи зміною густини речовини потоку, знаходимо середнє значення абсолютної швидкості згідно формули [100]:

$$w = \frac{c_a}{\sin(\beta)}, \text{ м} \cdot \text{с}^{-1} \quad (2.9)$$

Виходячи з геометрії профілю лопаті (Рис. 2.3), знаходимо кут згинання профілю [100]:

$$\Delta\beta = 4 \cdot \arctg\left(\frac{2 \cdot h}{b}\right), \text{ рад} \quad (2.10)$$

Тоді:

$$\beta_1 = \beta - \frac{\Delta\beta}{2}; \beta_2 = \beta + \frac{\Delta\beta}{2}, \text{ рад} \quad (2.11)$$

Використовуючи відомий в аеродинаміці спосіб розрахунку сил, що діють на ізольовану лопать для розрахунку решітки профілів [99], можна записати для диференціалів підйомної P_y та лобової сили P_x взаємодії потоку та профілю лопаті решітки:

$$dP_y = c_y \cdot \rho \cdot b \cdot \frac{w^2}{2} \cdot dr; dP_x = c_x \cdot \rho \cdot b \cdot \frac{w^2}{2} \cdot dr, \text{ рад} \quad (2.12)$$

де: c_y, c_x – коефіцієнти підйомної сили та лобового аеродинамічного опору;

b – ширина лопаті, м;

ρ – густина повітря, $\text{кг}\cdot\text{м}^{-3}$;

dr – елемент довжини лопаті, м;

w – швидкість повітря вздовж лопаті, згідно плану швидкостей решітки робочого колеса, яка наведена на рисунку 2.4), $\text{м}\cdot\text{с}^{-1}$.

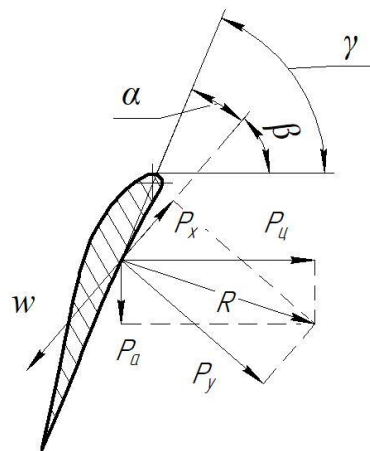


Рисунок 2.5 – Сили, що діють зі сторони лопаті на потік

Коефіцієнт c_y визначаються згідно [99] за формулою:

$$c_y = 2 \cdot \frac{t}{b} \cdot (\text{ctg}(\beta_1) - \text{ctg}(\beta_2)) \cdot \sin(\beta_\infty), \quad (2.13)$$

де: h – стрілка профілю лопаті, м;

b – ширина лопаті, м;

β_∞ – кут середньої векторної швидкості потоку повітря, що обчислюється за формулою:

$$\beta_\infty = \beta - \alpha, \text{ рад} \quad (2.14)$$

де: α – кут входу потоку повітря, що обчислюється за формулою:

$$\alpha = \text{arctg}\left(\frac{c_m}{u}\right), \text{ рад} \quad (2.15)$$

Використовуючи формулу для ізольованої лопаті (2.12), напишемо формулу для повної сили лобового аеродинамічного опору, що у нашому випадку діє на всю решітку робочого колеса:

$$P_x = n_b \cdot c_x \cdot \rho \cdot \frac{w^2}{2} \cdot b \cdot \frac{D \cdot (1 - v_k)}{2}, \text{ Па} \quad (2.16)$$

де: n_b – кількість лопатей робочого колеса;

$c_x = 0,02$ коефіцієнт лобового аеродинамічного опору згідно [100] залишається практично незмінним у широкому діапазоні кутів нахилу лопатей);

b – ширина лопаті по хорді, м;

ρ - густина повітря, кг/м³.

Величина повної аеродинамічної сили (пропульсивної), що діє вздовж осі вентилятора буде дорівнювати сумі підйомних сил всіх лопатей. Використовуючи формулу для ізольованої лопаті (2.12), напишемо формулу для цієї суми підйомних сил, що діє на всю решітку робочого колеса:

$$P_y = n_b \cdot c_y \cdot \rho \cdot \frac{w^2}{2} \cdot b \cdot \frac{D \cdot (1 - v_k)}{2}, \text{ Па} \quad (2.17)$$

Напишемо формулу для повного тиску [99], що здійснюють лопаті робочого колеса:

$$p = \rho \cdot \frac{c_m}{u} \cdot (\text{ctg}(\beta_1) - \text{ctg}(\beta_2)) \cdot \eta_p, \text{ Па} \quad (2.18)$$

Величина коефіцієнта корисної дії решітки η_p , знаходиться згідно формули Л. Прандтля [99]:

$$\eta_p = \frac{1 - \mu \cdot \text{ctg}(\beta - \alpha)}{1 + \mu \cdot \text{ctg}(\beta - \alpha)}, \quad (2.19)$$

де: $\mu = 0.03$ – обернена якість профілю, яка, згідно з [99] може бути в межах 0,02..0,04;

Знаходимо величину динамічного тиску, що створює вентилятор згідно з [99]:

$$P_{dyn} = \rho \cdot \frac{c_m^2}{2}, \text{ Па} \quad (2.20)$$

Тоді величина статичного тиску згідно з [99]:

$$P_{st} = P - P_{dyn}, \text{ Па} \quad (2.21)$$

Використовуючи рівняння (2.7) (2.11), (2.15) та (2.18).. (2.21) для формування загальної системи рівнянь десятого порядку, наводимо рішення цієї системи у вигляді функціональної залежності між статичним тиском аеродинамічного опору приміщення від величини потоку повітря (повітряної суміші) та параметрів вентилятора для побудови характеристики вентилятору:

$$\begin{aligned} p(Q, b, h, \beta) = & \dots \\ = & \left\{ A \cdot \left[\operatorname{ctg} \left(\beta - \operatorname{arctg} \left(\frac{2 \cdot h}{b} \right) \right) - \operatorname{ctg} \left(\beta + \operatorname{arctg} \left(\frac{2 \cdot h}{b} \right) \right) \right] \cdot Q - B \cdot Q^2 \right\} \times \dots, \text{ Па} \quad (2.22) \\ & \dots \times \frac{1 - \mu \cdot \operatorname{ctg}(\beta - \operatorname{arctg}(C \cdot Q))}{1 + \mu \cdot \operatorname{ctg}(\beta - \operatorname{arctg}(C \cdot Q))}; \end{aligned}$$

У цій формулі використані комплекси: А, В, С, які обрані таким чином, що величини, які в них входять залишаються незмінними при обраному напрямку удосконалення існуючої моделі вентилятору:

$$\begin{aligned} A &= 2 \cdot \sqrt{2} \cdot \frac{\sqrt{1 + v_h^2}}{D \cdot (\sqrt{1 - v_h^2})} \cdot \rho \cdot n, \text{ кг} \cdot \text{м}^{-4} \cdot \text{с}^{-1}, \\ B &= \frac{8}{\pi^2} \cdot \frac{\rho}{D^4 \cdot (1 - v_h^2)^2}, \text{ кг} \cdot \text{м}^{-7}, \\ C &= \frac{8}{2 \cdot \pi^2} \cdot \frac{1}{D^3 \cdot (1 - v_h^2) \cdot \sqrt{1 + v_h^2} \cdot n}, \text{ с} \cdot \text{м}^{-3}. \end{aligned} \quad (2.23)$$

Потужність двигуна складається з трьох частин: потужність, що йде на повну аеродинамічну сили (пропульсивну), що діє вздовж осі вентилятору, на потужність сили лобового аеродинамічного опору лопатей у робочій камері:

$$N(Q, b, h, \beta) = \frac{p(Q, b, h, \beta) \cdot Q + P_u \cdot u}{\eta}, \text{ Па} \quad (2.24)$$

де: $\eta = 0,45$ – загальний коефіцієнт витрат, взятий на основі аналізу даних типових вентиляторів подібного типу;

P_u – радіальна сила, що діє на лопаті та обчислюється за формулою:

$$P_u = P_x \cdot \cos(\beta - \alpha) - P_y \cdot \sin(\beta - \alpha), \text{ Н} \quad (2.25)$$

Використовуючи формули (2.22)..(2.25) отримаємо загальне рівняння для визначення електрично потужності двигуна для вентилятора:

$$N(Q, b, h, \beta) = \left\{ \begin{aligned} & \left[A \cdot \left(\operatorname{ctg} \left(\beta - \operatorname{arctg} \left(\frac{2 \cdot h}{b} \right) \right) - \operatorname{ctg} \left(\beta + \operatorname{arctg} \left(\frac{2 \cdot h}{b} \right) \right) \right) \cdot Q - B \cdot Q^2 \right] \times \dots \\ & \dots \times \frac{1 - \mu \cdot \operatorname{ctg}(\beta - \operatorname{arctg}(C \cdot Q))}{1 + \mu \cdot \operatorname{ctg}(\beta - \operatorname{arctg}(C \cdot Q))} \cdot Q + \dots \\ & \dots + \left[J \cdot b \cdot \frac{c_x \cdot \cos(C \cdot Q) - c_y \cdot \sin(C \cdot Q)}{\sin(\beta)} \right] \cdot \frac{\sqrt{2}}{2} \cdot \pi \cdot D \cdot \sqrt{1 + v_k^2} \cdot n \end{aligned} \right\} \cdot \frac{1}{\eta}; \quad (2.26)$$

У цій формулі використаний комплекс: G , який обраний таким чином, що величини, які в нього входять залишаються незмінними при модернізації обраної моделі вентилятору:

$$G = \xi_1 \cdot \rho \cdot u^3 \cdot D \cdot (1 + v_h), \text{ кг} \cdot \text{м} \cdot \text{с}^{-3}, \quad (2.27)$$

Дана математична модель може бути використана [100] для побудови характеристик засобу димо- та тепловидалення, тобто для побудови у графічному вигляді залежностей величини статичного тиску та потужності двигуна при різних умовах роботи, а саме: нагнітання повітря, нагнітання повітря з одночасним подаванням розпиленої води та нагнітання повітря з одночасним подаванням піни.

2.3 Використання розробленої математичної моделі для визначення залежності продуктивності засобів димо- та тепловидалення за різних умов функціонування

2.3.1 Використання розробленої математичної моделі для визначення залежності продуктивності засобів від їх конструкційних параметрів елементів в умовах нагнітання повітря

В основу конструкції засобу димо- та тепловидалення покладено ідею вентилятора, теорії та практиці якого присвячено багато наукових праць вітчизняних та зарубіжних авторів [97-102].

Але, маючи свою галузь застосування, засоби димо- та тепловидалення мають певні конструктивні особливості по відношенню до звичайних вентиляторів. Ці особливості визначаються умовами функціонування [104] та різним призначенням, а саме: нагнітання повітря, нагнітання повітря з одночасним подавання тонкорозпиленої води, нагнітання повітря з одночасним подавання піни. В науково-технічній літературі подібні проблеми не мають достатнього висвітлення.

Для розрахунку основних характеристик засобу димо- та тепловидалення, слід використовувати формули (2.22) та (2.26). Для наближеного обчислення графічним способом слід використовувати діаграму, що наведена на рисунку 2.6.

В роботі [105] визначено характеристики та параметри переносних засобів димо- та тепловидалення в умовах нагнітання повітря та одночасного нагнітання повітря з одночасним подаванням розпиленого струменя води та піни.

Залежність тиск – продуктивність зображено кривими (відповідає графіку функції згідно формули (2.22): крива 1 – кут нахилу лопаті $\beta=30^\circ$; крива 2 – кут нахилу лопаті $\beta=35^\circ$; крива 3 – кут нахилу лопаті $\beta=40^\circ$; крива 4 – кут нахилу лопаті $\beta=45^\circ$; крива 5 – кут нахилу лопаті $\beta=50^\circ$. Залежність потужність – продуктивність зображено кривими (відповідає графіку функції згідно формули (2.26): крива 1' – кут нахилу лопаті $\beta=30^\circ$; крива 2' – кут нахилу лопаті $\beta=35^\circ$; крива 3' – кут нахилу лопаті $\beta=40^\circ$; крива 4' – кут нахилу лопаті $\beta=45^\circ$; крива 5' – кут нахилу лопаті

$\beta=50^\circ$. Крива 6 – крива тиск – потік повітря характеризує аеродинамічну характеристику приміщення (гіпотетична, залежить від об'єму, конфігурації). Точки перетину кривих тиск – продуктивність з кривою 6 аеродинамічною характеристикою приміщення є робочими точками, що відображають усталений тиск та відповідний йому потік повітря.

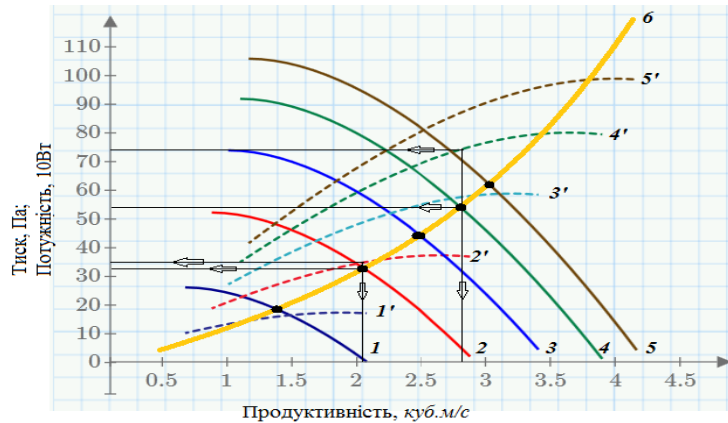


Рисунок 2.6 – Діаграма для розрахунку в умовах нагнітання повітря

2.3.2 Використання розробленої математичної моделі для визначення залежності продуктивності засобів від їх конструкційних параметрів елементів в умовах нагнітання повітря з одночасним подаванням розпиленої води

Формули математичної моделі (2.22) та (2.26) зазнають зміни величини густини повітря ρ на ρ_{mix_w} , що тепер буде визначатися за такою формулою:

$$\rho_{mix_w} = \frac{\rho_w + k_w \cdot \rho_{air}}{1 + k_w}, \text{ кг}\cdot\text{м}^{-3} \quad (2.28)$$

де: $\rho_w = 1000$ – густина води, $\text{кг}\cdot\text{м}^{-3}$;

ρ_{air} – густина повітря, $\text{кг}\cdot\text{м}^{-3}$;

k_w – об'ємний коефіцієнт, (відношення об'єму потоку повітря від вентилятора до об'єму води).

Для наближеного обчислення графічним способом слід використовувати діаграму, яка наведена на рисунку 2.7.

Залежність тиск – продуктивність зображено кривими (відповідає графіку функції) згідно формули (2.22): крива 1 – кут нахилу лопаті $\beta=30^\circ$; крива 2 – кут

нахилу лопаті $\beta=35^\circ$; крива 3 – кут нахилу лопаті $\beta=40^\circ$; крива 4 – кут нахилу лопаті $\beta=45^\circ$; крива 5 – кут нахилу лопаті $\beta=50^\circ$; Залежність потужність – продуктивність зображено кривими (відповідає графіку функції) згідно формули (2.26): крива 1' – кут нахилу лопаті $\beta=30^\circ$; крива 2' – кут нахилу лопаті $\beta=35^\circ$; крива 3' – кут нахилу лопаті $\beta=40^\circ$; крива 4' – кут нахилу лопаті $\beta=45^\circ$; крива 5' – кут нахилу лопаті $\beta=50^\circ$. Крива 6 – крива тиск – потік повітряної суміші з тонкорозпиленою водою характеризує аеродинамічну характеристику приміщення (гіпотетична, залежить від об'єму, конфігурації). Точки перетину кривих тиск – продуктивність з кривою 6 аеродинамічною характеристикою приміщення є робочими точками, що відображають усталений тиск та відповідний йому потік повітря (повітряної суміші).

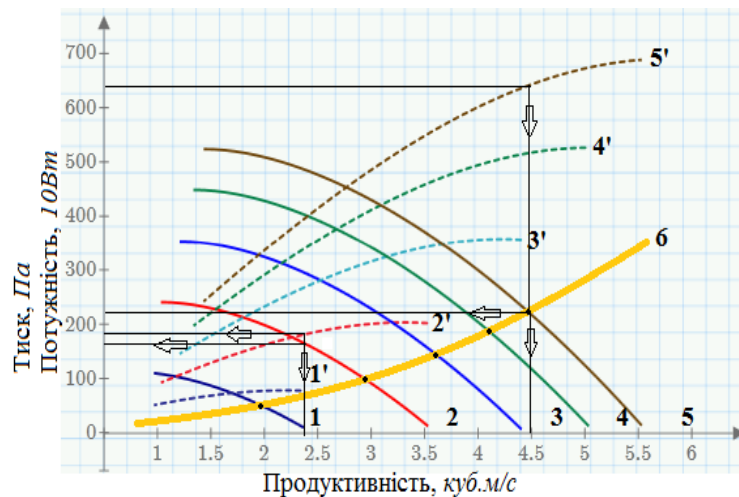


Рисунок 2.7 - Діаграма для розрахунку в умовах сумісної роботи з подачею тонкорозпиленої води

2.3.3 Використання розробленої математичної моделі для визначення залежності продуктивності засобів від їх конструкційних параметрів елементів в умовах нагнітання повітря з одночасним подаванням піни

Формули математичної моделі (2.22) та (2.26) зазнають зміни величини густини повітря ρ на ρ_{mix} , що у даному випадку визначається за такою формулою:

$$\rho_{mix} = \left(\frac{\rho_w + k_m \cdot \rho_{air}}{1 + k_m} + k_f \cdot \rho_{air} \right) \cdot \frac{1}{1 + k_f}, \text{ кг} \cdot \text{м}^{-3}, \quad (2.29)$$

де: $\rho_w = 1000$ – густина води, $\text{кг}/\text{м}^3$

ρ_{air} – густина повітря, кг/м³

k_m – кратність піни,

k_f – об'ємний коефіцієнт використання піни (відношення об'єму потоку повітря від вентилятора до об'єму піни).

Для наближеного обчислення графічним способом слід використовувати діаграму, що наведена на рисунку 2.8.

Залежність тиск – продуктивність зображено кривими (відповідає графіку функції згідно формули (2.22): крива 1 – кут нахилу лопаті $\beta=30^\circ$; крива 2 – кут нахилу лопаті $\beta=35^\circ$; крива 3 – кут нахилу лопаті $\beta=40^\circ$; крива 4 – кут нахилу лопаті $\beta=45^\circ$; крива 5 – кут нахилу лопаті $\beta=50^\circ$. Залежність потужність – продуктивність зображено кривими (відповідає графіку функції згідно формули (2.26): крива 1' – кут нахилу лопаті $\beta=30^\circ$; крива 2' – кут нахилу лопаті $\beta=35^\circ$; крива 3' – кут нахилу лопаті $\beta=40^\circ$; крива 4' – кут нахилу лопаті $\beta=45^\circ$; крива 5' – кут нахилу лопаті $\beta=50^\circ$. Крива 6 – крива тиск – потік суміші з піною характеризує аеродинамічну характеристику приміщення (гіпотетична, залежить від об'єму, конфігурації). Точки перетину кривих тиск – продуктивність з кривою 6 аеродинамічною характеристикою приміщення є робочими точками, що відображають усталений тиск та відповідний йому потік суміші з піною.

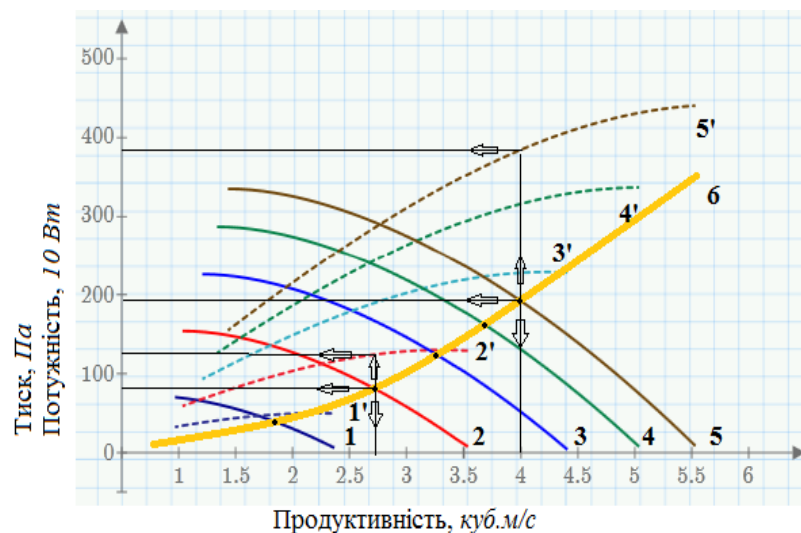


Рисунок 2.8 - Діаграма для розрахунку в умовах нагнітання повітря з одночасним подаванням піни

2.4 Визначення оптимальних кута нахилу профілю лопаті та площі поверхні робочого колеса переносного засобу димо- та тепловидалення

Задача проведення уточнюючих експериментів для визначення оптимальних кута нахилу профілю лопаті та загальної площі поверхні робочого колеса виникає у зв'язку зі складністю аеродинамічних явищ при обертанні ротора вентилятора. Відома складність урахування взаємного впливу лопатей та турбулентність, локалізацію виникнення якої важко передбачити. Виходячи з цього виникає потреба в подальших експериментальних дослідженнях з визначення оптимальних вищезгаданих параметрів.

2.4.1 Визначення діапазону величин параметрів кута нахилу профілю лопаті вентилятора та площі поверхні лопатей робочого колеса вентилятора

На основі розробленої математичної моделі, яка описана в [106, 107] було визначено діапазон величин параметрів кута нахилу профілю лопаті вентилятора. На рисунку 2.9 зображено графіки залежностей продуктивності від кута нахилу профілю лопаті вентилятора при різних величинах перепаду тиску, що залежать від геометричних особливостей приміщення.

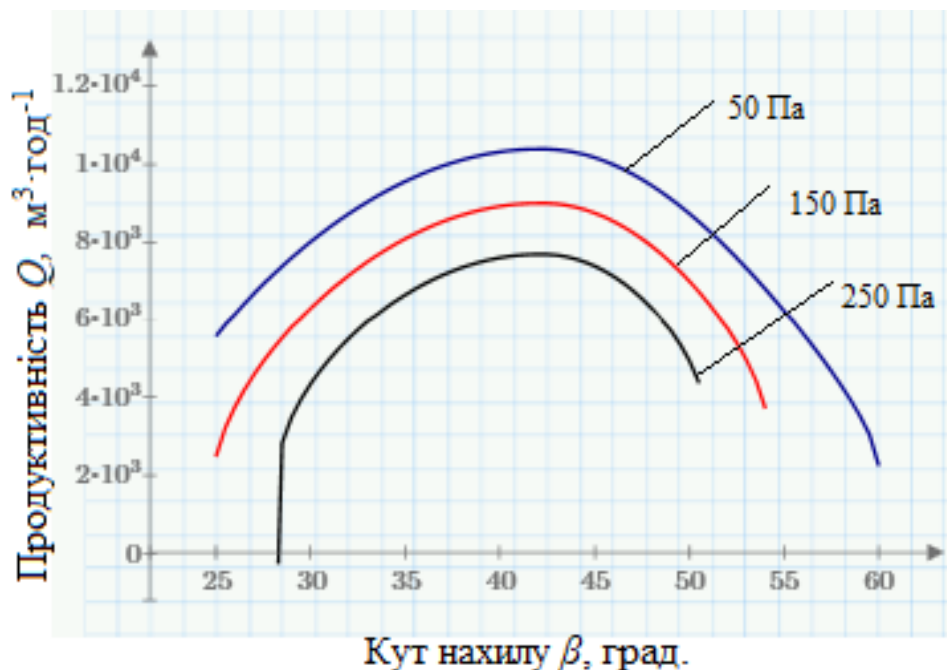


Рисунок 2.9 – Залежність продуктивності від кута нахилу лопаті при різних величинах перепаду тиску

Виходячи з цих графіків було прийняте рішення щодо діапазону величин параметрів кута нахилу профілю лопаті, які наведені у таблиці 2.1.

Задача визначення діапазону величин параметрів загальної площі поверхні лопатей робочого колеса вентилятора не може бути вирішена на основі розробленої математичної моделі вентилятора. Це пов'язано з відомою складністю визначення взаємного впливу лопатей та турбулентності в залежності від режимів роботи вентилятора. Тому відповідне рішення приймалося виходячи з практики конструювання вентиляторів та наявних ресурсів.

Дані щодо діапазону величин параметрів кута нахилу профілю лопаті вентилятора та загальної площі поверхні лопатей робочого колеса вентилятора приведені у таблиці 2.2

Таблиця 2.2 – Діапазон величин параметрів кута лопаті та площі лопаті вентилятора

Назва параметру	Значення параметра		
	Мінімальні	Середні	Максимальні
Кут нахилу лопаті β , рад	0,6000	0,7850	0,9600
Площа лопаті S , м ²	0,0750	0,1275	0,1800

Ці два показники, а саме, кут нахилу профілю лопаті вентилятора та сумарна площа лопатей робочого колеса вентилятору і обрані для подальшого дослідження з метою знаходження оптимальних значень цих величин, що забезпечують максимальну величину продуктивності (повітряного потоку, м³·год⁻¹) вентилятору в даній роботі.

2.5 Побудова математичної моделі та реалізація плану проведення експериментальних досліджень

З практики проектування та виготовлення осьових вентиляторів відомо [100], що теоретичні розрахунки не дають потрібної точності, тому дані для удосконалення існуючої моделі засобу димо- та тепловидалення були уточнені на основі використання експериментально визначених характеристик димососу.

Існуючі моделі засобів димо- та тепловидалення, технічні характеристики яких максимально наближені до моделі ДПЄ -7, мають продуктивність (величину повітряного потоку, $\text{м}^3 \cdot \text{год}^{-1}$), що відповідають вимогам надійної роботи на протязі довгого терміну та умовам низького аеродинамічного супротиву приміщення, що вентилюється. Для вирішення задач пов'язаних із видаленням димових газів з приміщення та зниження температури, необхідно забезпечити максимально можливу продуктивність вентилятору.

Для проведення модернізації та відповідних змін в конструкції у взятій за основу існуючої моделі вентилятору, було прийняте рішення про вибір необхідних параметрів, оптимізація яких забезпечить максимальне підвищення продуктивності. Задача пошуку оптимального значення може бути вирішена шляхом отримання функції відгуку у вигляді нелінійного рівняння щонайменше 2-го порядку, тому використання повного факторного експерименту, що відноситься до експериментів 1-го порядку не може бути застосованим для вирішення такої задачі. У такому випадку було прийняте рішення при застосування методу ортогонального центрального композиційного експерименту, що відноситься до експериментів 2-го порядку [108-110]. Тоді формулу регресійного поліному функції відгуку будемо шукати у вигляді поліному другого порядку:

$$Q(\beta, S) = b_0 + b_1 \cdot \beta + b_2 \cdot S + b_3 \cdot \beta^2 + b_4 \cdot S^2 + b_5 \cdot \beta \cdot S, \quad (2.30)$$

Нормування факторів проводилося за формулою:

$$X_1 = \frac{2 \cdot \beta - \beta_{\min} - \beta_{\max}}{\beta_{\max} - \beta_{\min}}, X_2 = \frac{2 \cdot S - S_{\min} - S_{\max}}{S_{\max} - S_{\min}}, \quad (2.31)$$

Число експериментів для всіх можливих комбінацій рівнів факторів було встановлено за формулою $n = 3^2 = 9$, 3 – число рівнів, 2 – число факторів.

Для вирішення задачі побудови поліному другого порядку користуючись методикою [108], було побудовано композиційний план експерименту для двох факторів, що являє собою використання ортогонального плану першого порядку якості ядра, на якому побудовано конструкцію плану другого порядку, див. таблицю 2.3. Для забезпечення ортогональної властивості матриці планування експерименту необхідно обчислити величину φ :

$$\varphi = \sqrt{\frac{2^k}{n}} = 2/3, \quad (2.32)$$

де $k = 2$ – число факторів,

$n = 9$ – число дослідів.

Таблиця 2.3 - План ортогонального центрального композиційного експерименту

№ дослідів	X ₁	X ₂	X ₁ ² - φ	X ₂ ² - φ	X ₁ · X ₂	y
1	-1	-1	1/3	1/3	+1	y ₁
2	+1	-1	1/3	1/3	-1	y ₂
3	-1	+1	1/3	1/3	-1	y ₃
4	+1	+1	1/3	1/3	+1	y ₄
5	-1	0	1/3	-2/3	0	y ₅
6	+1	0	1/3	-2/3	0	y ₆
7	0	-1	-2/3	1/3	0	y ₇
8	0	+1	-2/3	1/3	0	y ₈
9	0	0	-2/3	-2/3	0	y ₉

У нашому випадку (при встановленій максимальній частоті обертів робочого колеса вентилятору) такими факторами обрані: кут нахилу лопаті середньої лінії решітки профілів та сумарна активна площа лопатей.

Перший рівень обох факторів був вибраний співпадаючим з початковими заводськими параметрами. Найвищий - третій рівень був встановлений – як максимально можливий з конструктивних причин. Другий – проміжний був прийнятий як середньоарифметичне значення першого та третього рівня.

Максимум продуктивності Q ($\text{м}^3 \cdot \text{год}^{-1}$) димососу на основі модернізації осьового вентилятору забезпечується за умови максимальної частоти обертання ротору, експериментальним встановленням таких параметрів: кута атаки профілю лопаті вентилятора та сумарною активною площею поверхні лопатей. Для цього варіюючи як незалежні змінні ці два параметри робимо виміри продуктивності димососа. Для обробки отриманих експериментальних даних застосовувалась [111] прикладна комп'ютерна програма “EZ Data Logger”.

Результати дослідів занесені в таблицю 2.4.

Таблиця 2.4 - Робоча матриця планування та результати досліджень

№ дослідів	Кут нахилу рад	Площа м^2	Продуктивність, 1-й замір, $\text{м}^3 \cdot \text{год}^{-1}$	Продуктивність, 2-й замір, $\text{м}^3 \cdot \text{год}^{-1}$	Продуктивність, 3-й замір, $\text{м}^3 \cdot \text{год}^{-1}$	Продуктивність середня, $\text{м}^3 \cdot \text{год}^{-1}$	Незміщена дисперсія вибірки
	β	S	Q_1	Q_2	Q_3	Q	σ^2
1	0,60	0,0750	9938	10192	10254	10128	28036
2	0,96	0,0750	10480	11659	9895	10678	807327
3	0,6	0,1800	12493	11173	10018	11228	1533675
4	0,96	0,1800	10532	10562	10493	10529	1197
5	0,6	0,1275	10880	12299	10973	11384	630081
6	0,96	0,1275	11008	11042	10893	10981	11008
7	0,78	0,0750	10008	11192	10828	10676	367792
8	0,78	0,1800	10638	11492	11104	11078	182836
9	0,78	0,1275	12495	11223	10698	11472	853803

Для перевірки відтворюваності проведених дослідів з вимірювання продуктивності (див. Таблицю 2.3) було застосовано критерій Кохрена [112]:

$$G = \frac{\sigma_{\max}^2}{\sum_{i=1}^n \sigma_i^2} = 0,348 < G_{95\%}(n, m-1) = 0,4775, \quad (2.33)$$

де $m = 3$ – число паралельних дослідів (замірів) в кожному i -тому досліді,
 $n = 9$ – число дослідів.

$G_{95\%}(n, m-1)$ – таблична величина критерію Кохрена, що відповідає довірчій вірогідності 95% згідно [112].

Формула регресійного поліному поверхні відгуку у нормованих змінних (формула (2.31)) буде мати вигляд :

$$Q(X_1, X_2) = a_0 - a_1 \cdot X_1 + a_2 \cdot X_2 - a_3 \cdot (X_1^2 - \varphi) - a_4 \cdot (X_2^2 - \varphi) - a_5 \cdot X_1 \cdot X_2, \quad (2.34)$$

де X_1, X_2 - нормовані змінні (формула (2.31)),

φ - див. формулу (2.32).

Розрахунок коефіцієнтів регресії у формулі регресійного поліному поверхні відгуку для нормованих факторів проводився за наступними формулами:

$$a_0 = \frac{\sum_{i=1}^n Q_i}{n} = 10906; a_1 = \frac{\sum_{i=1}^n (X_1)_i Q_i}{\sum_{i=1}^n (X_1)_i^2} = -92;$$

$$a_2 = \frac{\sum_{i=1}^n (X_2)_i Q_i}{\sum_{i=1}^n (X_2)_i^2} = 225.5; a_3 = \frac{\sum_{i=1}^n (X_1^2)_i Q_i}{\sum_{i=1}^n (X_1)_i^2} = -254,$$

$$; a_4 = \frac{\sum_{i=1}^n (X_2^2)_i Q_i}{\sum_{i=1}^n (X_2)_i^2} = -559.5; a_5 = \frac{\sum_{i=1}^n (X_1 \cdot X_2)_i Q_i}{\sum_{i=1}^n (X_1 \cdot X_2)_i^2} = -312.25,$$
(2.35)

де i – порядковий номер дослідів згідно таблиці 2.3,

n – кількість дослідів.

Провівши підстановку згідно формул (2.31), отримаємо значення коефіцієнтів регресії функції відгуку для фізичних змінних:

$$\begin{aligned}
b_0 &= a_3 \cdot \frac{(\beta_{\min} + \beta_{\max})^2}{(\beta_{\max} - \beta_{\min})^2} + a_5 \cdot \frac{(\beta_{\min} + \beta_{\max}) \cdot (S_{\min} + S_{\max})}{(\beta_{\max} - \beta_{\min}) \cdot (S_{\max} - S_{\min})} + \\
&+ a_4 \cdot \frac{(S_{\min} + S_{\max})^2}{(S_{\max} - S_{\min})^2} - a_4 \cdot \frac{(\beta_{\min} + \beta_{\max})}{(\beta_{\max} - \beta_{\min})} - a_2 \cdot \frac{(S_{\min} + S_{\max})}{(S_{\max} - S_{\min})} + a_0 - (a_3 + a_4) \cdot \varphi = \\
&= -56,1660997; \\
b_1 &= -4 \cdot a_3 \cdot \frac{(\beta_{\min} + \beta_{\max})}{(\beta_{\max} - \beta_{\min})^2} + 2 \cdot a_5 \cdot \frac{(S_{\min} + S_{\max})}{(\beta_{\max} - \beta_{\min}) \cdot (S_{\max} - S_{\min})} + \frac{2a_1}{\beta_{\max} - \beta_{\min}} = \\
&= 15931,41534; \\
b_2 &= \frac{4 \cdot a_3}{(\beta_{\max} - \beta_{\min})^2} = -7839,506172; \\
b_3 &= -2 \cdot a_5 \cdot \frac{(\beta_{\min} + \beta_{\max})}{(\beta_{\max} - \beta_{\min}) \cdot (S_{\max} - S_{\min})} - 4 \cdot a_4 \cdot \frac{(S_{\min} + S_{\max})}{(S_{\max} - S_{\min})^2} + \frac{2a_2}{S_{\max} - S_{\min}} = \\
&= 81831,51927; \\
b_4 &= \frac{4 \cdot a_4}{(S_{\max} - S_{\min})^2} = -202993,1973; \\
b_5 &= \frac{4 \cdot a_5}{(\beta_{\max} - \beta_{\min}) \cdot (S_{\max} - S_{\min})} = -33042,32804;
\end{aligned} \tag{2.36}$$

Відтворюваність проведених дослідів з вимірювання продуктивності, які наведені у таблиці 2.4 було підтверджено на основі критерію Кохрена.

Після розрахунку коефіцієнтів регресії у формулі поверхні відгуку для нормованих факторів та розрахунків згідно формули 2.34 отримаємо значення коефіцієнтів регресії функції відгуку у фізичних (β , S) змінних величин факторів

Тоді формула функції відгуку у фізичних (β , S) змінних має вигляд:

$$Q(\beta, S) = -56,17 + 15930 \cdot \beta + 81830 \cdot S - 7840 \cdot \beta^2 - 203000 \cdot S^2 - 33040 \cdot \beta \cdot S, \tag{2.37}$$

Результати перевірки адекватності отриманого регресійного поліному моделі наведені в таблиці 2.5 згідно формули похибки та відносної похибки:

$$\begin{aligned}
\Delta Q_i &= Q_{експ} - Q(\beta_i, S_i) \\
\delta Q_i &= 2 \cdot \frac{|\Delta Q_i|}{Q_{експ} + Q(\beta_i, S_i)},
\end{aligned} \tag{2.38}$$

Таблиця 2.5 - Порівняння розрахункових та дослідних даних залежності продуктивності від двох змінних: куту нахилу лопаті середньої лінії решітки профілів та сумарної активної площі лопатей

№ досліджу	Кут нахилу	Площа	експериментальна	розрахункова	Похибка	Відносна похибка
	β , рад		Продуктивність	Продуктивність		
		S , м ²	$Q_{експ}$ м ³ ·год ⁻¹	Q м ³ ·год ⁻¹	ΔQ м ³ ·год ⁻¹	δQ %
1	0,60	0,0750	10128	10189,0833	-61,0833	0,6031
2	0,60	0,1275	11384	10629,5833	48,4166	0,4534
3	0,60	0,1800	11228	11264,5833	-36,5833	0,3258
4	0,78	0,0750	10676	10456,0833	72,9166	0,6925
5	0,78	0,1275	11472	11286,3333	97,6667	0,8579
6	0,78	0,1800	11078	11102,3333	-121,334	1,1049
7	0,96	0,0750	10981	10663,3333	12,6667	0,1186
8	0,96	0,1275	10981	11114,3333	-36,3334	0,3280
9	0,96	0,18	10529	11448,3333	23,6667	0,2063

Перевіряємо адекватність регресійного поліному за критерієм Фішера (ф-ла (2.37)) моделі. Дисперсія відтворюваності поліному [108]):

$$\sigma_y^2 = \frac{\sum_{i=1}^n \Delta Q_i^2}{n} = 4336,861, \quad (2.39)$$

Дисперсія адекватності [10] :

$$\sigma_{ad}^2 = \frac{\sum_{i=1}^n \Delta Q_i^2}{n - k - 1} = 6505,292, \quad (2.40)$$

Обчислюємо критерій адекватності Фішера [10]:

$$F = \frac{\sigma_{ad}^2}{\sigma_y^2} = 1,5 < F_{95\%}(g, h) = 8,9406, \quad (2.41)$$

де: $F_{95\%}(f, g)$ - таблична величина критерію Фішера, що відповідає довірчій вірогідності 95% згідно [108];

$g = n - k - 1 = 6$ - число ступенів свободи дисперсії адекватності;

$h = n - 0.5 \cdot (k+2) \cdot (k+1) = 3$ - число ступенів свободи дисперсії відтворюваності;

$k = 2$ - число факторів;

$n = 9$ - число дослідів.

Оцінимо значимість коефіцієнтів регресії отриманої функції відгуку (2.37). Величина допустимої помилки обчислення i -го коефіцієнту регресійного поліному:

$$\Delta b_i = t_{95\%}(n) \cdot \sqrt{\frac{\sigma_y^2}{n}} = 49,611 \quad (2.42)$$

де: σ_y^2 - дисперсія відтворюваності поліному (2.39);

$t_{95\%}(n) = 2,26$ - таблична величина критерію Стьюдента, що відповідає довірчій вірогідності 95%.

Очевидно, усі знайдені коефіцієнти регресійного поліному (2.37) не перевищують значення допустимої помилки обчислення (2.42).

Шуканий максимум продуктивності відповідає максимуму функції (2.37). Для знаходження значень параметрів, що забезпечать максимум продуктивності димососу, знаходимо часткові похідні від двовимірної функції $Q(\beta, S)$ (2.37) по незалежним змінним β та S :

$$\begin{aligned} \frac{\partial Q(\beta, S)}{\partial \beta} &= -15679 \cdot \beta - 33042.3 \cdot S + 15.931.4 \\ \frac{\partial Q(\beta, S)}{\partial S} &= -33042.3 \cdot \beta - 405986 \cdot S + 81834.5 \end{aligned} \quad (2.43)$$

Для знаходження шуканих оптимальних параметрів, прирівнявши нулю праві частини обох рівнянь (2.43), отримаємо систему рівнянь:

$$\begin{cases} -15679 \cdot \beta - 33042.3 \cdot S + 15931.4 = 0 \\ -33042.3 \cdot \beta + 405986 \cdot S + 81.834.5 = 0 \end{cases} \quad (2.44)$$

Вирішивши цю систему рівнянь, отримаємо значення кута атаки профілю лопаті вентилятора та активної площі поверхні лопатей, що забезпечують максимум

продуктивності димососу, а саме: кут атаки профілю лопаті вентилятора $\alpha = 0,71$ рад, що відповідає $\beta = 41^\circ$, активна площа поверхні лопатей $y = 0,143 \text{ м}^2$, що у нашому випадку відповідає $S = 0,143 \text{ м}^2$ та, користуючись формулою (2.1), наступній величині ширини лопаті:

$$b = \frac{2 \cdot S}{n_b \cdot D \cdot (1 - v_h)} = 0,1103, \text{ м} \quad (2.45)$$

У якості ілюстрації розрахунків наведено на рисунку 2.10 тривимірний графік.

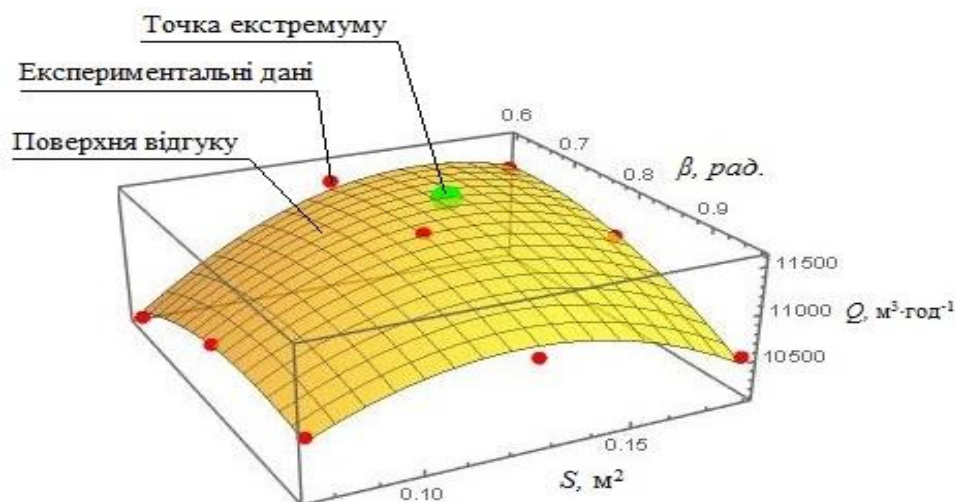


Рисунок 2.10 - Тривимірний графік з зображенням функції віддуку

2.6 Висновки за другим розділом

У результаті проведених досліджень обґрунтовано найбільш значущі параметри, які характеризують ефективність функціонування переносних засобів димо- та тепловидалення – це, насамперед, продуктивність його роботи, яка залежить, в тому числі від таких конструктивних параметрів його елементів, як кут нахилу та площа лопаті робочого колеса вентилятора.

Обґрунтовано конструкційні параметри елементів переносного засобу димо- та тепловидалення, які забезпечують максимальну продуктивність, а саме: кут нахилу лопаті вентилятора $0,71$ рад, площа поверхні робочого колеса вентилятора $0,143 \text{ м}^2$.

Побудовано математичну модель для обґрунтування конструктивних параметрів елементів переносного засобу димо- та тепловидалення, які забезпечують максимальну продуктивність такого засобу.

Встановлено, що продуктивність Q ($m^3 \cdot год^{-1}$) досліджуваного переносного засобу димо- та тепловидалення від кута нахилу профілю лопаті β ($рад$) та площі поверхні робочого колеса вентилятора S (m^2) має вигляд двофакторної регресійної моделі:

$$Q(\beta, S) = -56,17 + 15930 \cdot \beta + 81830 \cdot S - 7840 \cdot \beta^2 - 203000 \cdot S^2 - 33040 \cdot \beta \cdot S \quad (m^3 \cdot год^{-1})$$

На основі математичної моделі побудовані характеристики переносного засобу димо- та тепловидалення, що демонструють характерні зміни їх параметрів (потужності двигуна та продуктивності подачі повітря або повітряної суміші) для приміщення з певною аеродинамічною характеристикою, при забезпеченні димо- та тепловидалення в різних умовах роботи, а саме: нагнітання повітря, нагнітання повітря з одночасним подаванням тонкорозпиленої води та нагнітання повітря з одночасним подаванням піни.

Обґрунтовано сценарії проведення подальших експериментальних досліджень засобів димо- та тепловидалення, за яких найбільш результативно можливо дослідити залежність ефективності видалення температури та диму із приміщень та будівель від кута нахилу профілю лопаті вентилятора та загальної активної площі робочого колеса вентилятора засобів димо- та тепловидалення.

Встановлено перелік критеріїв для оцінювання результатів експериментальних досліджень залежності продуктивності засобів димо- та тепловидалення від їх технічних характеристик: температура та щільність диму.

Розрахунки, проведені за розробленою математичною моделлю, реалізованою із застосуванням програмного комплексу MatLab, свідчать про збільшення максимальної продуктивності засобу димо- та тепловидалення за рахунок встановлення оптимальних параметрів кута нахилу профілю лопаті та загальної активної площі поверхні лопатей, але в подальшому потребують підтвердження шляхом проведення відповідних експериментальних досліджень, результати яких наведено в розділі 3.

РОЗДІЛ 3. ПРОВЕДЕННЯ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ПЕРЕНОСНИХ ЗАСОБІВ ДИМО- ТА ТЕПЛОВИДАЛЕННЯ

3.1. Розроблення методики експериментальних досліджень переносних засобів димо- та тепловидалення

Процесами вивчення та аналізування щільності димоутворення та температури горіння під час пожежі в приміщеннях займалося багато вчених, як вітчизняних так і закордонних інститутів, зокрема [113-118]. Для обґрунтування та розроблення показників якості і методик випробувань переносних засобів димо- та тепловидалення, які необхідно дослідити було проаналізовано вищезазначені роботи.

На підставі проведеного аналізу обґрунтовано та сформовано методологію проведення експериментальних досліджень засобів димо- та тепловидалення, за яких найбільш результативно можливо дослідити залежність ефективності видалення температури та диму із приміщень та будівель.

Основні положення методики експериментальних досліджень засобу димо- та тепловидалення висвітлено у працях [119-120].

Під час розроблення методики експериментальних досліджень необхідно було:

- визначити тип і кількість необхідного обладнання та засобів вимірювальної техніки (ЗВТ);
- визначити випробувальний бокс з певними розмірами, який буде застосовуватись під час досліджень;
- визначити матеріали за допомогою яких у випробувальному боксі буде створено задимленість та температуру;
- обґрунтувати порядок проведення експериментальних досліджень з визначення ефективності роботи засобів димо- та тепловидалення існуючого при роботі з нагнітанням повітря та удосконаленого при роботі з нагнітанням повітря та при роботі з нагнітанням повітря з одночасним подаванням розпиленого струменя води;

- обґрунтувати проміжок часу та коефіцієнти ефективного зниження задимленості та температури у випробувальному боксі за результатами проведення експериментальних досліджень засобів димо- та тепловидалення неудосконаленого при роботі з нагнітанням повітря та удосконаленого при роботі з нагнітанням повітря та при роботі з нагнітанням повітря з одночасним подаванням розпиленого струменя води;

- додатково провести експериментальні дослідження існуючого та удосконаленого засобів димо- та тепловидалення при їх роботі з нагнітанням повітря та визначити їх продуктивність.

Сутність експериментальних досліджень полягала у виявленні закономірностей залежності ефективності видалення температури та диму із приміщень та будівель від удосконалення кута нахилу профілю лопаті вентилятора та площі робочого колеса вентилятора переносного засобу димо- та тепловидалення.

Параметри розпиленого струменя води, що формується двома форсунками-розпилювачами удосконаленого переносного засобу димо- та тепловидалення визначають згідно з методикою, яка наведена в [121].

Місце проведення експериментальних досліджень

Місцем проведення досліджень обрано пожежно-випробувальний полігон Інституту державного управління та наукових досліджень з цивільного захисту (с. Дмитрівка, Бучанського району, Київської області).

Умови навколишнього середовища

- температура: (20 ± 10) °С;
- відносна вологість повітря: від 45 % до 90 %;
- атмосферний тиск: від 84 кПа до 106 кПа;
- швидкість вітру не більше 1 м/с.

Обладнання для проведення експериментальних досліджень з визначення ефективності роботи засобів димо- та тепловидалення в задимленому приміщенні

Під час експериментальних дослідження використовують обладнання, що включає: випробувальний бокс ВБ-40, технічний комплекс для контролю оптичної щільності полідисперсного газоподібного середовища, який містить лазерний випромінювач, приймач випромінювання лазера, блок електричного живлення та цифровий вольтметр, який через модуль аналогового вводу ICP CON I-7016 під'єднували до інформаційно вимірювального комплексу ІВС «Термоконт», засоби вимірювальної техніки, прилад для проведення фото- та відеозйомок. Зовнішній вигляд та процедуру калібрування системи вимірювання оптичної щільності під час досліджень наведено на рисунку 3.1.

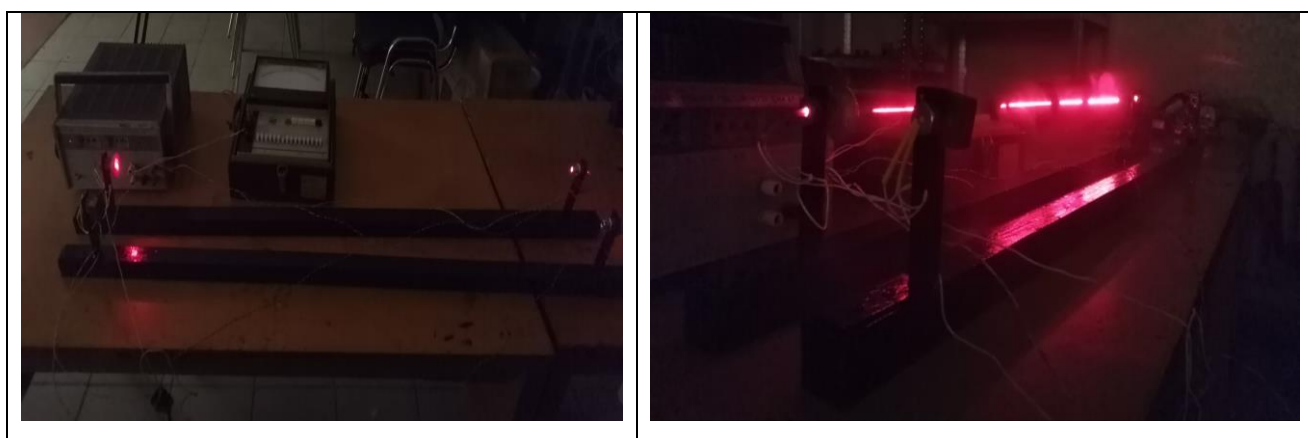


Рисунок 3.1 – Зовнішній вигляд та процедура калібрування вимірювальної системи оптичної щільності

Для подавання води до удосконаленого засобу димо- та тепловидалення використовувалась пожежна мотопомпа Tohatsu VF 63AS-R з комплектом пожежних напірних рукавів. Зовнішній вигляд мотопомпи наведено на рисунку 3.2.



Рисунок 3.2 – Зовнішній вигляд пожежної мотопомпи Tohatsu

В якості утворення диму у випробувальному боксі застосовувалась димова шашка типу РДГ-2. Зовнішній вигляд якої та процес її роботи наведено на рисунку 3.3.



Рисунок 3.3 – Зовнішній вигляд димової шашки РДГ-2 та процес її роботи

В якості випробувального приміщення використовувався випробувальний бокс об'ємом 43 м³, геометричні розміри якого наведено на рисунку 3.4.

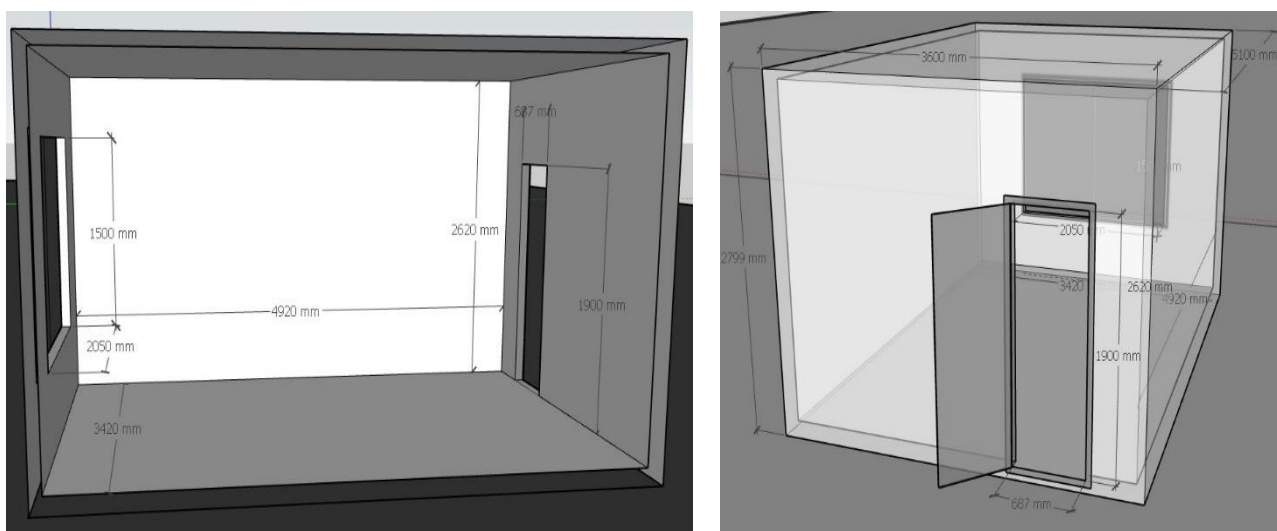


Рисунок 3.4 – Випробувальний бокс

Під час проведення експериментальних досліджень для контрольної точки вимірювання отримували залежності величини електричної напруги на приймачі, що є пропорційною оптичної щільності задимленості у випробувальному боксі, від часу димовидалення (в якості контрольної точки вимірювання електричної напруги було обрано рівень розміщення лазерного випромінювача та приймача на висоті 1,7 м від рівня підлоги випробувального боксу, що відповідає [33] та середньостатистичному зросту людини). На рисунку 3.5 зображено 3D схему досліджень з визначення коефіцієнту ефективного зменшення задимленості.

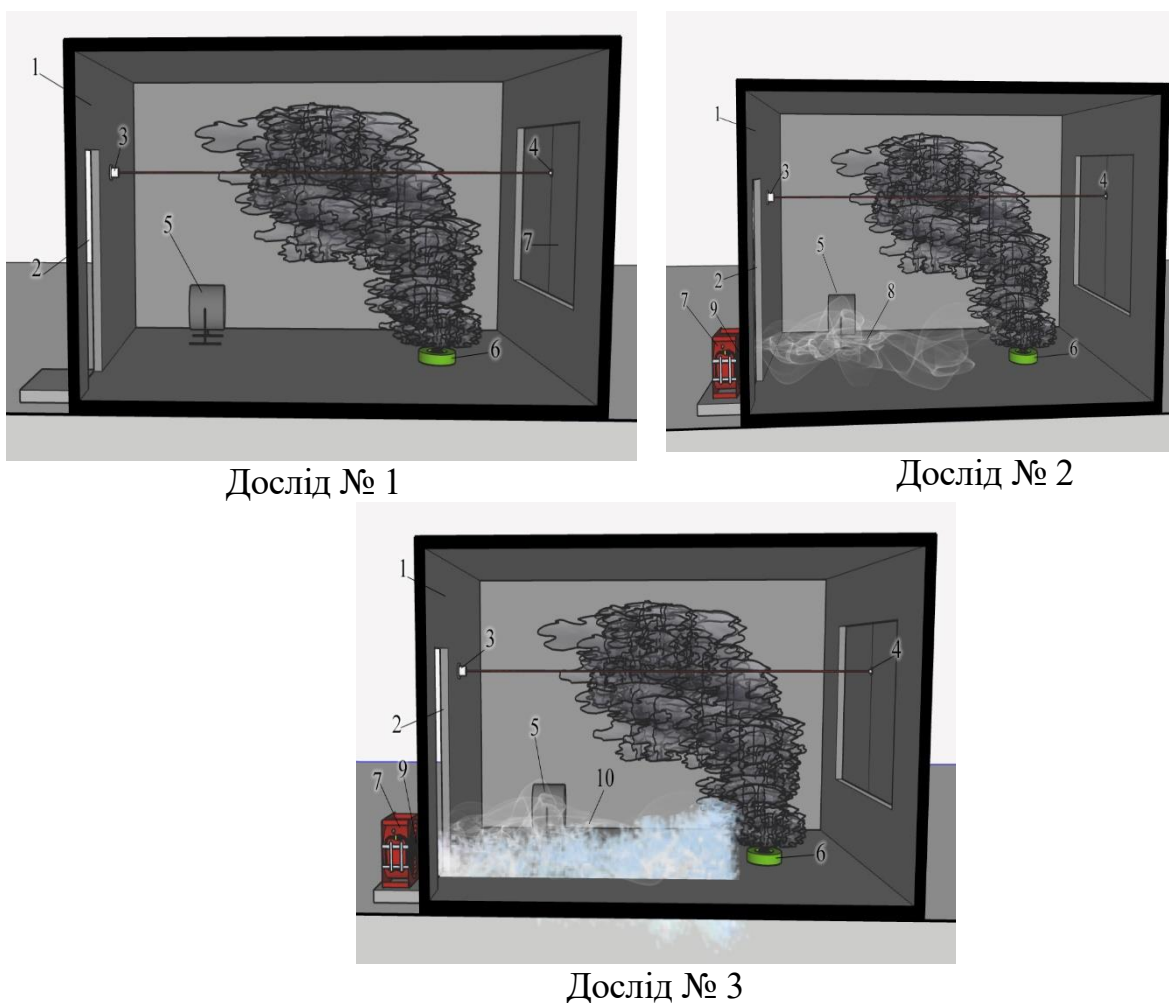


Рисунок 3.5 – 3D схема досліджень з визначення коефіцієнту ефективного зменшення задимленості

- 1 - випробувальний бокс, 2 – дверний проріз, 3 – приймач (фоторезистор), 4 – лазер, 5 – вентилятор, 6 – димова шашка, 7 - засобу димо- та тепловидалення, 8 – газоповітряний потік, 9 - форсунки – розпилювачі, 10 - газоповітряний потік із розпиленням струменем води

Приймач випромінювання лазера закріплюють по осі лазерного випромінювача. Забезпечують захист елементів комплексу для визначення

оптичної щільності атмосфери від дії води та теплового потоку шляхом застосування екранів.

Для забезпечення рівномірного перемішування газоповітряного середовища у випробувальному боксі встановлюють вентилятор, як показано на рисунку 3.5.

Із застосуванням цифрового міліамперметра починають реєстрацію даних щодо зміни сили електричного струму на приймачі випромінювання лазера, а також починають реєстрацію часу – автоматичну (на комп'ютері) та за допомогою секундоміра. На початковому етапі експерименту при відсутності задимлення показання цифрового міліамперметра відповідають максимальному значенню струму, що проходить через приймач випромінювання лазера.

Проводять в дію димову шашку РГД-2 для створення задимлення. Закривають двері до випробувального боксу та вмикають вентилятор для рівномірного перемішування диму, який утворює шашка.

При досягненні мінімальних показань цифрового вольтметра ($I_{нов}$), що відповідає максимальному задимленню у випробувальному боксі, відчиняють вхідні двері та вмикають переносний засіб димо- та тепловидалення, за допомогою якого через відчинений дверний отвір здійснюють нагнітання свіжого повітря до випробувального боксу. Вентилятор для перемішування диму в середині боксу вимикають.

Робота переносного засобу димо- та тепловидалення триває до моменту настання найбільшого (максимального) значення показань цифрового вольтметра ($I_{кінц}$), що відповідає максимально можливому зменшенню задимлення у випробувальному боксі.

За результатами експерименту отримують залежності збільшення електричного струму, що проходить через приймач випромінювання лазера, від часу роботи переносного засобу димо- та тепловидалення, що є пропорційним зменшенню задимленості у випробувальному боксі.

Для підвищення точності і оцінки збіжності (повторюваності) отриманих результатів експеримент проводять три рази і визначають середні значення.

Результати розрахунків заносять до протоколу.

Проведення експериментальних досліджень забезпечувалося засобами вимірювальної техніки, характеристики яких наведено у таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Технічні характеристики засобів вимірювальної техніки

№ з/п	Найменування ЗВТ	Призначення ЗВТ	
		діапазон вимірювання	клас точності ЗВТ, невизначеність / похибка
1	Анемометр цифровий AR856	вимірювання швидкості вітру	
		від 0,3 м/с до 45 м/с	$U = 0,82 \text{ м/с} / \Delta = \pm 0,2 \text{ м/с}$
2	Барометр-анероїд М67	вимірювання атмосферного тиску	
		від 610 мм рт. ст. до 790 мм рт. ст.	$U = 0,52 \text{ мм рт. ст.} / \Delta = \pm 1 \text{ мм рт. ст.}$
3	Інформаційно-вимірювальна система «Термокопт»	реєстрація температури	
		від 0 °С до 1200 °С	$U = 0,14 \text{ °С} / \Delta = \pm 0,35 \%$
		реєстрація напруги	
		–	$\Delta = \pm 0,35 \%$ / $U=0,33 \text{ мВ}$
4	Перетворювачі термоелектричні ТХА	вимірювання температури	
		від 0 °С до 333 °С, від 334 °С до 1200 °С	$U = 1,74 \text{ °С} / \Delta = \pm 2,5 \text{ °С}; \Delta = \pm 0,0075 \cdot T_{\text{вим}} \text{ °С}$
5	Рулетка «Stanley»	вимірювання довжини	
		від 0 м до 60 м	$U = 0,30 \text{ мм} / \Delta = \pm 1 \text{ мм}$
6	Секундомір СОС пр. 2Б-2-010	вимірювання часу	
		від 0 с до 3600 с; від 0 с до 60 с; більше 60 с	2 клас точності; $U = 0,163 \text{ с} / \Delta = \pm (0,4 \cdot \tau_{\text{вим}} / 60) \text{ с}; \Delta = (0,4 + 1,5 \cdot (\tau_{\text{вим}} - 60) / 3540) \text{ с}$
7	Термогігрометр Testo 608-H1	вимірювання температури та вологості	
		від 0 °С до 50 °С від 2 % до 98 %	$U = 0,3 \text{ °С} / \Delta = \pm 0,5 \text{ °С}$ $U = 1,3 \%$ / $\Delta = \pm 3 \%$
8	Фотовідеокамера Nikon D3110 18-55VR Kit	здійснення відео- та фотофіксації	
		14,2 пікс.	–
9	Тепловізор testo 890	вимірювання температури	
		від 0 °С до 1200 °С	$\Delta = \pm 2 \%$

Обладнання для проведення експериментальних досліджень з визначення ефективності роботи засобів димо- та тепловидалення в приміщенні де створено високотемпературне середовище

Під час експериментальних дослідження використовують обладнання, що включає: випробувальний бокс ВБ-285, дев'ять термоперетворювачів типу ТХА з електродами діаметром 0,7 мм, які підключались через модуль аналогового вводу ICP CON I-7016 до інформаційно вимірювального комплексу ІВС «Термокопт», тепловізор testo 890 зовнішній вигляд якого наведено на рисунку 3.6, засоби

вимірювальної техніки, прилад для проведення фото- та відеозйомок. Для подавання води до удосконаленого засобу димо- та тепловидалення використовувалась пожежна мотопомпа Tohatsu VF 63AS-R з комплектом пожежних напірних рукавів.



Рисунок 3.6 – Зовнішній вигляд тепловізору testo

В якості утворення високотемпературного середовища в середині випробувального боксу використовувались два сталеві дека квадратної форми розмірами (1,5 x 1,5 x 0,15) у кожне заливають 40 літрів води та 80 літрів бензину марки А-95.

Теплову потужність вогнища пожежі розраховують за формулою (3.1) згідно з [121].

$$Q = \eta \cdot \psi_{num} \cdot F \cdot Q_n, \quad (3.1)$$

де: η - коефіцієнт повноти згоряння. Допускається приймати його рівним 0,87;

ψ_{num} - питома масова швидкість вигорання палива, для бензину дорівнює 0,048 кг/(м²·с);

F - площа, яку займає пожежне навантаження, для модельного вогнища пожежі квадратної форми розмірами 1,90 м x 1,90 м кожне, дорівнює 3,61 м²;

Q_n - нижча теплота згоряння палива, для бензину дорівнює 41,87 · 10³ кДж/кг;

Теплова потужність одного модельного вогнища пожежі за формулою (3.2) дорівнює 6,31 МДж/с = 6,31 МВт.

Теплова потужність двох модельних вогнищ пожежі, які планується розмістити у випробувальному боксі ВБ-285, дорівнює 12,62 МВт.

В якості випробувального приміщення використовувався випробувальний бокс об'ємом 285 м³, геометричні розміри якого наведено на рисунку 3.7.

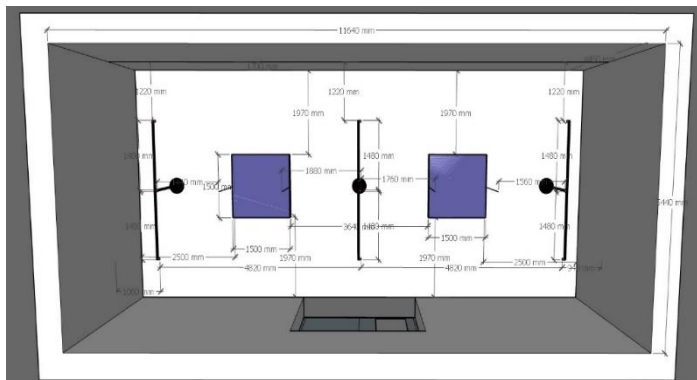


Рисунок 3.7 – Випробувальний бокс

Під час проведення експериментальних досліджень для реєстрації температури газоповітряного середовища використовувались дев'ять термопар типу ТХА з електродами діаметром 0,7 мм, які розташовувалися у випробувальному боксі. Термопари через модуль аналогового вводу ICP CON I-7016 під'єднувалися до інформаційно-вимірювального комплексу ІВС «Термоконт», засоби вимірювальної техніки, тепловізор, прилад для проведення фото- та відео зйомок.

Термопари з номерами Т₁-Т₉ розташовувалися на висоті 1,7 м від рівня площини підлоги, що відповідає [33] та зросту середньостатистичної людини. Схема розміщення термопар, наведена на рисунку 3.8.

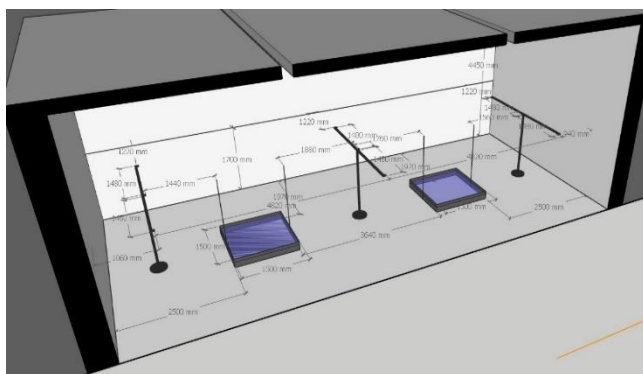


Рисунок 3.8 – Схема розташування термопар

На рисунку 3.9 наведено зображення випробувального боксу, який підготовлено до проведення експериментальних досліджень.



Рисунок 3.9 – Зображення підготовленого випробувального боксу до експерименту

За допомогою факела підпалюють модельні вогнища та до випробувального боксу зачиняють двері.

Одночасно розпочинають реєстрацію температури газоповітряного середовища у випробувальному боксі за допомогою дев'яти термопар.

Через 1,5 хвилини вільного горіння відчиняють двері до випробувального боксу та вмикають переносний засіб димо- та тепловидалення, за допомогою якого через відчинений дверний отвір здійснюють нагнітання свіжого повітря до випробувального боксу.

Одночасно із початком роботи переносного засобу димо- та тепловидалення починають реєстрацію часу його роботи із застосуванням інформаційно-виміральної системи «Термоконт» та за допомогою секундоміра.

В процесі досліджень реєструють, наскільки і упродовж якого часу знижується температура t , у кожній точці встановлення термопар у випробувальному боксі під час роботи переносного засобу димо- та тепловидалення. За результатами експериментальних досліджень отримується залежність температури від часу роботи переносного засобу димо- та тепловидалення.

Реєстрація зміни температури газоповітряного середовища у випробувальному боксі та робота переносного засобу димо- та тепловидалення триває до моменту зниження температури за середніми показами дев'яти термоперетворювачів від початкової температури, яка відповідає максимальній

температурі газоповітряного середовища на момент вмикання переносного засобу димо- та тепловидалення після 1,5 хвилини вільного горіння, до початкової температури.

Для підвищення точності і оцінки збіжності (повторюваності) отриманих результатів експеримент проводять три рази і за дев'ятьма термоперетворювачами визначають середні значення температури.

Результати досліджень заносять до протоколу.

Проведення експериментальних досліджень забезпечувалося засобами вимірювальної техніки, характеристики яких наведено у таблиці 3.1.

Вимоги до проведення експериментальних досліджень з визначення ефективності роботи засобів димо- та тепловидалення в задимленому приміщенні

Експеримент імітує максимальне задимлення в приміщенні під час якого виконується тактична вентиляція за допомогою засобів димо- та тепловидалення [76, 122] неудосконаленого при нагнітанні повітря та удосконаленого при нагнітанні повітря та одночасним подаванням розпиленого струменя води для порівняння ефективності роботи засобів в задимленому приміщенні.

Вимоги до проведення експериментальних досліджень з визначення ефективності роботи засобів димо- та тепловидалення в приміщенні де створено високотемпературне середовище

Експеримент імітує високотемпературне середовище 600 °С в приміщенні під час якого виконується тактична вентиляція за допомогою засобів димо- та тепловидалення неудосконаленого при нагнітанні повітря та удосконаленого при нагнітанні повітря та одночасним подаванням розпиленого струменя води для порівняння ефективності роботи засобів в приміщенні з високою температурою.

Порядок проведення експериментальних досліджень з визначення ефективності роботи засобів димо- та тепловидалення

Дослідження проводились у такому порядку:

- підготовка до проведення експерименту;
- проведення експерименту;

- оцінювання отриманих результатів.

Підготовка до проведення експерименту включала в себе:

- монтування у випробувальному боксі основних елементів технічного комплексу для контролю оптичної щільності (лазерного випромінювача та приймача випромінювання лазера), їх під'єднання через блок електричного живлення та цифровий вольтметр до інформаційно вимірювального комплексу ІВС «Термоконт», налаштування системи вимірювання комплексу до роботи;

- монтування у випробувальному боксі термоперетворювачів, їх під'єднання через до інформаційно вимірювального комплексу ІВС «Термоконт», налаштування системи вимірювання комплексу до роботи;

- перевірка підключення до удосконаленого засобу димо- та тепловидалення пожежних напірних рукавів та пожежної мотопомпа Tohatsu VC82ASE, а також їх сумісної роботи;

- встановлення обладнання для проведення фото- та відеофіксації;

- вимірювання та реєстрацію параметрів умов навколишнього середовища;

- перевірку цілісності захисного огороження, встановлення попереджувальних знаків;

- підготовку засобів пожежогасіння, одягання оператора досліджень у захисний одяг (штани, куртка, чоботи, рукавиці, каска);

- підготовку димової шашки РГД-2 у кількості 1 одиниці для підпалювання у випробувальному боксі;

- підготовку бензину А 95 у кількості 80 л (для проведення одного експерименту) для наповнення двох металевих дек, факелу для їх підпалювання та металевої ємкості з водою для гасіння факелу.

Проведення експерименту з визначення ефективності роботи засобів димо- та тепловидалення в задимленому приміщенні здійснювалось у такій послідовності:

Під час експерименту визначають проміжок часу ефективного зниження задимлення в приміщенні для кожного засобу димо- та тепловидалення окремо та

проводять їх порівняння з метою визначення ефективності їх роботи. Експериментальні дослідження висвітлено у роботах [120, 123].

Перший дослід передбачав створення задимленого середовища у випробувальному боксі та подальше димовидалення шляхом нагнітання повітря існуючим засобом димо– та тепловидалення.

Другий дослід передбачав створення задимленого середовища у випробувальному боксі та подальше димовидалення шляхом нагнітання повітря удосконаленим засобом димо– та тепловидалення.

Третій дослід передбачав створення задимленого середовища у випробувальному боксі та подальше димовидалення шляхом одночасного нагнітання повітря та розпиленого струменя води удосконаленим засобом димо– та тепловидалення.

Проведення експерименту з визначення ефективності роботи засобів димо- та тепловидалення в приміщенні де створено високотемпературне середовище здійснювалось у такій послідовності:

Під час експерименту визначають проміжок часу ефективного зниження температури в приміщенні для кожного засобу димо- та тепловидалення окремо та проводять їх порівняння з метою визначення ефективності їх роботи.

Перший дослід передбачав створення високотемпературного середовища у випробувальному боксі та подальше зниження температури до 22°C у випробувальному боксі шляхом нагнітання повітря існуючим засобом димо- та тепловидалення.

Другий дослід передбачав створення високотемпературного середовища у випробувальному боксі та подальше зниження температури до 22°C у випробувальному боксі шляхом нагнітання повітря удосконаленим засобом димо- та тепловидалення.

Третій дослід передбачав створення високотемпературного середовища у випробувальному боксі та подальше зниження температури до 22°C у випробувальному боксі шляхом нагнітання з одночасним подаванням розпиленого струменя води та повітря удосконаленим засобом димо- та тепловидалення.

Оцінювання отриманих результатів експериментальних досліджень кожного дослідіду подаються окремо, з визначенням середнього значення. Оцінювання точності результатів вимірювань проводиться згідно з Методичними рекомендаціями [124].

За результат дослідження приймають середнє арифметичне значення результатів 3-х експериментів за кожним проведеним дослідідом.

За отриманими даними визначається похибка за формулою (3.2):

$$\Delta A = \pm k \sqrt{(\Delta A_1)^2 + (\Delta A_2)^2}, \quad (3.2)$$

де: ΔA – абсолютна похибка;

ΔA_1 – похибка засобів вимірювання (вольтметр, термоперетворювачі);

ΔA_2 – похибка вимірювальних пристроїв;

k – коефіцієнт, що залежить від імовірності ($k=1,1$ при $P=0,95$).

Додатково під час проведення експериментальних досліджень проведено визначення продуктивності під час нагнітання повітря неудоконаленого та удоконаленого засобів димо- та тепловидалення.

За допомогою цифрового анемометру AR 856 вимірюють швидкість повітряного потоку, що створюється вентилятором переносного засобу димо- та тепловидалення. Швидкість повітряного потоку визначають на виході з вентилятора в точках 1 - 3, як показано на рисунку 3.10.

Проводять по три заміри швидкості повітря у кожній із трьох точок поперечного перерізу потоку: точка № 1 - у центрі кола поперечного перерізу, точка № 2 - на краю круга поперечного перерізу (приймач анемометра стикається з внутрішньою поверхнею циліндричного корпусу вентилятора), точка № 3 - посередині між точками № 1 та № 2. У разі необхідності кількість точок вимірювання може бути збільшена. За результат приймають середнє арифметичне значення вимірювань, $V_{сер}$, м/с.

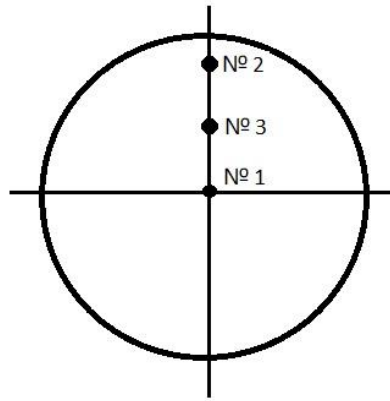


Рисунок 3.10 – Розміщення точок вимірювання швидкості повітряного потоку на виході з вентилятору

Відстань між точками №1 та №2 складає 370 мм, відповідно між точками №1 та №3 і точками №2 та №3 складає 185 мм.

За формулою (3.3) визначають середнє значення продуктивності під час нагнітання повітря (об'ємної витрати потоку, що проходить через вентилятор),

$G_{сер}$, м³/с:

$$G_{сер} = V_{сер} \cdot F, \quad (3.3)$$

де: $V_{сер}$ - середня швидкість потоку повітря, м/с;

F - площа поперечного перерізу потоку повітря на виході з вентилятора, м².

Результати експерименту заносять до протоколу.

Вимоги безпеки

До проведення досліджень допускаються особи, які пройшли загальний інструктаж з охорони праці, ознайомились з порядком проведення досліджень, отримали інструктаж із уточненням функцій кожного учасника досліджень.

Під час організації та проведенні досліджень керуються вимогами [13], інструкціями установи, якими встановлено вимоги з безпеки праці безпосередньо на робочому місці, іншими нормативними документами з безпеки праці.

До проведення експерименту необхідно визначити й огородити тимчасовою огорожею небезпечну зону на відстані не менше 3 м від випробувального боксу. До небезпечної зони стороннім особам входити заборонено.

Під час проведення досліджень всі учасники повинні бути одягнені у спеціальний одяг, забезпечені захисними касками та засобами захисту ніг та очей.

Під час проведення дослідження слід користуватися справними електричними установками без механічних і термічних дефектів (електричні розетки, електричні дроти).

Місце проведення експериментальних досліджень повинно бути забезпечено засобами пожежогасіння, а саме:

- не менше ніж двома порошковими вогнегасниками із масою заряду порошку не менше ніж 5 кг;

- кошмою;

- ящиком із піском об'ємом не менше ніж 0,5 м³ та лопатою;

- металевим відром із водою.

Експериментальні дослідження поводяться не менше ніж трьома операторами.

Під час проведення досліджень забороняється заходити у 3-х метрову зону огорожі особам, які не беруть участь у дослідженні; здійснювати підпалювання димової шашки, коли в зоні випробувального боксу перебувають люди, проводити дослідження під час опадів.

Розроблена методика експериментальних досліджень дає змогу визначити залежність ефективності видалення температури та диму із приміщень та будівель із застосування переносних засобів димо- та тепловидалення.

3.2. Проведення експериментальних досліджень переносних засобів димо- та тепловидалення

Експериментальні дослідження проводились в три етапи, а саме: на першому етапі проводились дослідження з визначення продуктивності, на другому етапі дослідження з визначення зменшення задимленості, на третьому етапі дослідження з визначення зменшення температури переносних засобів димо- та тепловидалення (існуючого з нагнітанням повітря, удосконаленого з нагнітанням повітря та удосконаленого з одночасним нагнітанням повітря та подаванням розпиленого струменя води) за розробленою методикою [87].

Попередньо, аналізуючи обставини розвитку пожеж, які виникають у будівлях та спорудах різного призначення, характерними явищами, яких є швидке розповсюдження небезпечних факторів пожежі (дим та температура). Для можливості порятунку людей пожежно-рятувальним підрозділам необхідно швидко знизити задимленість та високу температуру, яка утворилась в приміщеннях де виникла пожежа. Такі дії можливо виконати за допомогою переносних засобів димо- та тепловидалення за умови відповідності їх технічних параметрів та ефективного застосування. Основним технічним параметром переносних засобів димо- та тепловидалення є продуктивність, яка безпосередньо впливає на проміжок часу ефективної роботи. Тому під час досліджень буде визначатись продуктивність, а також тривалість роботи засобів під час зниження диму та температури.

Дослідження проводилися на пожежно-випробувальному полігоні Інституту державного управління та наукових досліджень з цивільного захисту (с. Дмитрівка, Бучанського району, Київської області) за таких умов довкілля:

- температура: 28 °С;
- відносна вологість повітря: 62 %;
- атмосферний тиск: 751 мм рт. ст.

3.2.1 Експериментальні дослідження з визначення продуктивності переносних засобів димо- та тепловидалення

На першому етапі досліджень проводились виміри продуктивності двох переносних засобів димо- та тепловидалення (один із них із удосконаленими параметрами). Під час проведення експериментальних досліджень застосовувався метод прямого вимірювання швидкості повітряного потоку, а потім визначається середнє значення продуктивності під час нагнітання повітря, $G_{сер}$, м³/с, за формулою (3.4):

$$G_{сер} = V_{сер} \cdot F, \quad (3.4)$$

де: $V_{сер}$ - середня швидкість потоку повітря, м/с;

F - площа поперечного перерізу потоку повітря на виході з вентилятора, м².

За допомогою цифрового анемометру вимірювали швидкість повітряного потоку. Швидкість повітряного потоку визначали на виході з вентилятора в точках 1 - 3, як наведено на рисунку 10. Проводили по три заміри швидкості повітря у кожній із трьох точок поперечного перерізу потоку. За результат приймали середнє арифметичне значення вимірювань, $V_{сер}$, м/с.

Результати експериментальних досліджень з визначення продуктивності неудоконаленого та удоконаленого переносних засобів димо- та тепловидалення наведено у таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 - Результати проведення експериментальних досліджень неудоконаленого та удоконаленого засобів димо- та тепловидалення з визначення їх продуктивності

Існуючий засіб димо- та тепловидалення, продуктивність м ³ /год	Удоконалений засіб димо- та тепловидалення, продуктивність м ³ /год	Різниця у продуктивності, м ³
7460	11 472	4012

Таким чином за результатами експериментальних досліджень з визначення продуктивності встановлено, що удоконалений переносний засіб димо- та тепловидалення видає продуктивність нагнітання повітря на 55 % більше, а ніж існуючий переносний засіб димо- та тепловидалення.

3.2.2 Експериментальні дослідження з визначення зменшення задимленості під час застосування переносних засобів димо- та тепловидалення

На другому етапі досліджень з визначення ефективного зменшення задимленості реалізовано три сценарії нормалізації газоповітряного середовища, а саме: нагнітання повітря існуючим, удосконаленим переносним засобом димо- та тепловидалення та одночасного нагнітанням повітря та подаванням розпиленого струменя води удосконаленим переносним засобом димо– та тепловидалення. Кожен дослід проводивсь три рази.

Під час проведення вищезазначених досліджень для контрольної точки вимірювання отримували залежності величини електричної напруги на приймачі, що є пропорційною оптичної щільності задимленості у випробувальному боксі, від часу димовидалення (в якості контрольної точки вимірювання електричної напруги обрано рівень розміщення лазерного випромінювача та приймача на висоті 1,7 м від рівня підлоги випробувального боксу). На рисунку 3.11 наведено фото експериментальних досліджень.



Рисунок 3.11 - Проведення експериментальних досліджень з визначення ефективного зменшення задимленості

Перед початком проведення експериментальних досліджень з визначення зменшення задимленості проведено низку досліджень спрямованих на визначення проміжку часу самостійного розсіювання диму до нормалізації газоповітряного середовища. Результати досліджень наведено на рисунку 3.12.

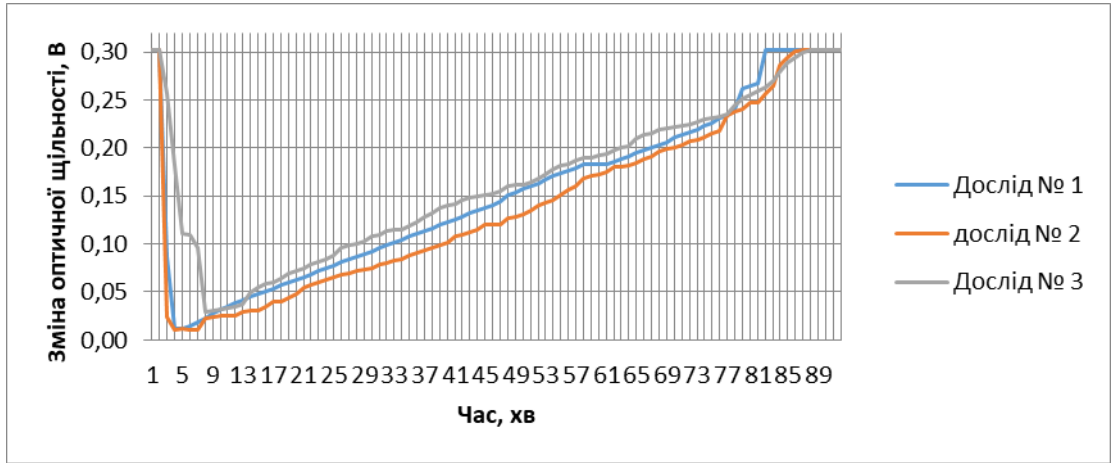


Рисунок 3.12 – Графіки проміжку часу самостійного розсіювання диму до нормалізації газоповітряного середовища у випробувальному боксі

Попередні дослідження показали, що для самостійного розсіювання диму, що утворюватиметься за допомогою димової шашки необхідно час протягом 85 хвилин.

Після чого було проведено експериментальні дослідження із застосування переносних засобів димо- та тепловидалення (існуючого із нагнітанням повітря, удосконаленого із нагнітанням повітря та удосконаленого з одночасним нагнітанням повітря та подавання розпиленого струменя води). Результати досліджень наведені на графіках 3.13-3.15.

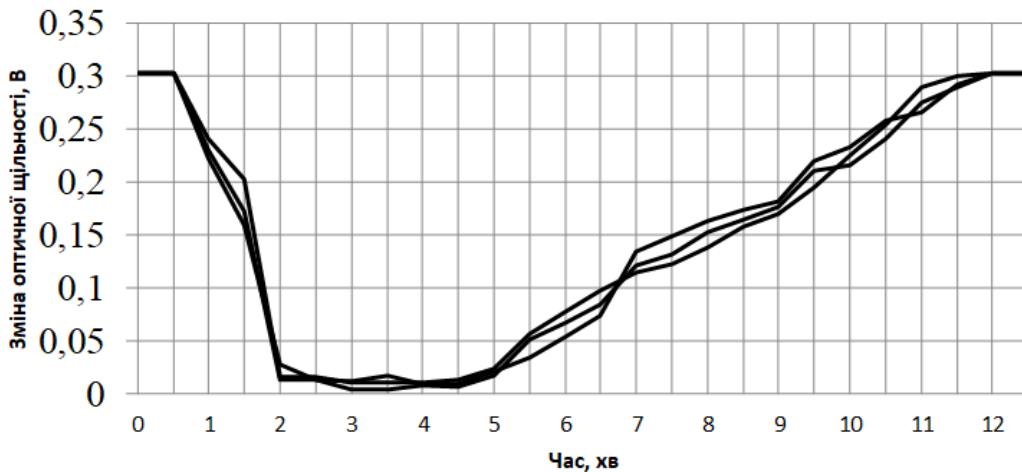


Рисунок 3.13 – Графік проведених трьох дослідів щодо зниження задимленості у випробувальному боксі за допомогою існуючого переносного засобу димо- та тепловидалення

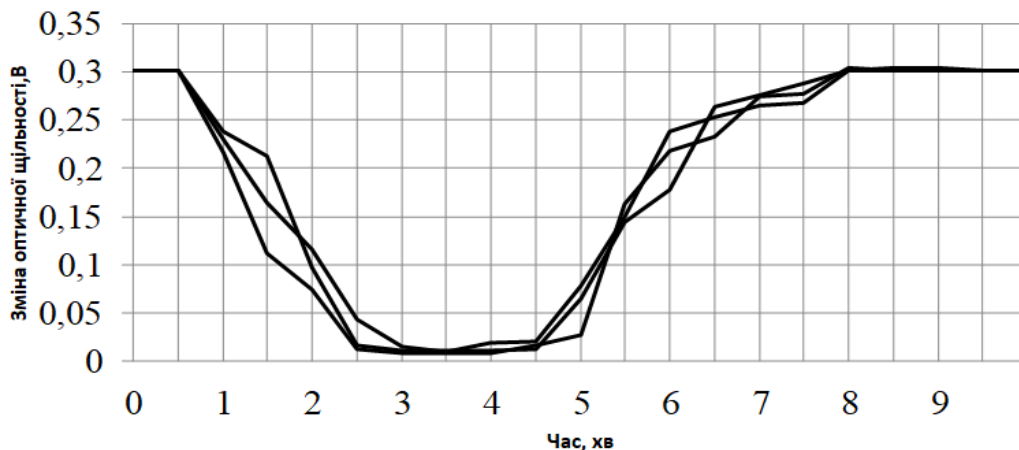


Рисунок 3.14 – Графік проведених трьох дослідів щодо зниження задимленості у випробувальному боксі за допомогою удосконаленого переносного засобу димо- та тепловидалення

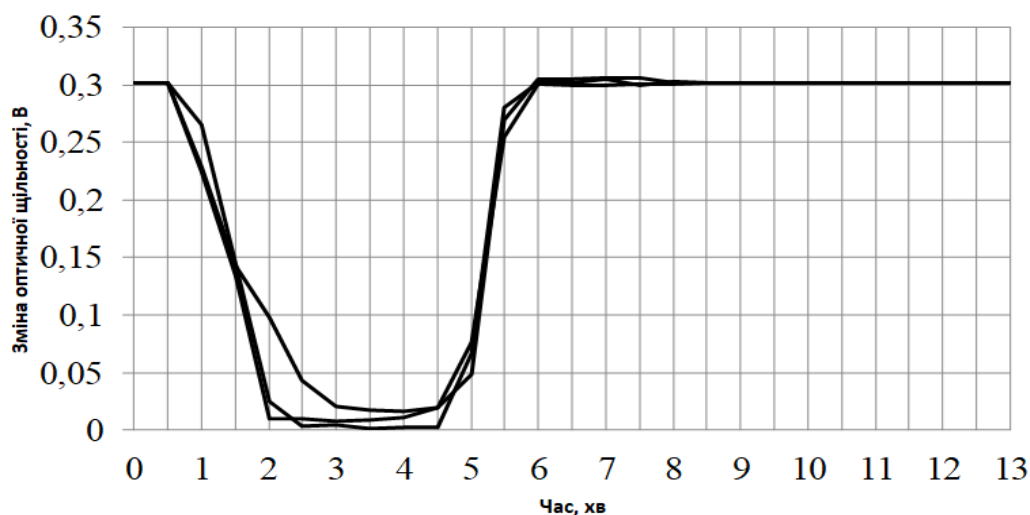


Рисунок 3.15 – Графік проведених трьох дослідів щодо зниження задимленості у випробувальному боксі за допомогою удосконаленого переносного засобу димо- та тепловидалення з одночасним нагнітанням повітря та подаванням води

За результатами проведених досліджень здійснено порівняння ефективності застосування переносних засобів димо- та тепловидалення під час зниження коефіцієнту задимленості у випробувальному боксі. Результати порівняльних досліджень наведено на рисунку 3.16.

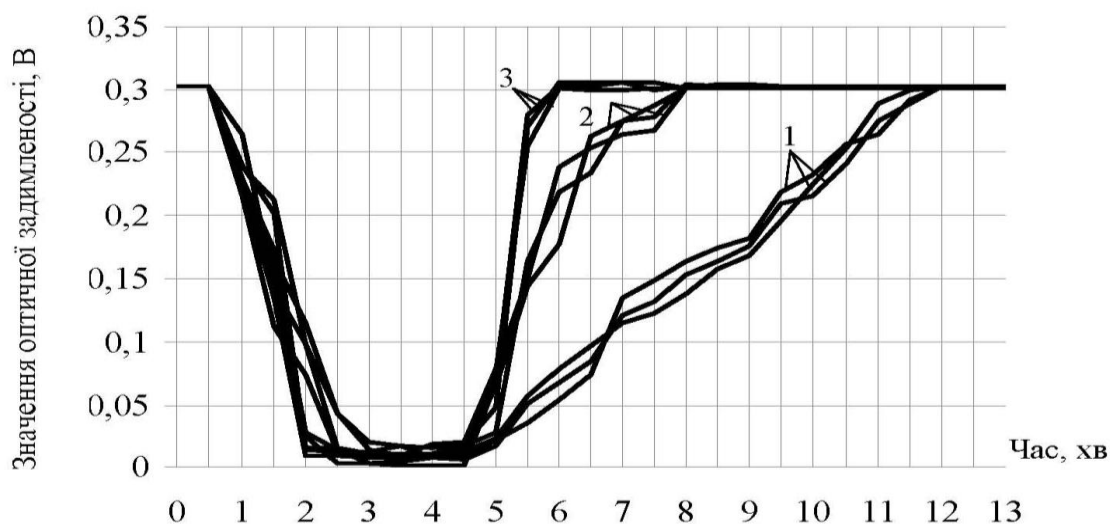


Рисунок 3.16 – Графік залежності зміни задимленості у випробувальному боксі за часом

1– існуючий засіб; 2 – удосконалений засіб;

3 – удосконалений засіб з одночасним використанням повітря та води

Зазначену динаміку задимленості $\Theta(I)$ (В) у випробувальному боксі залежно від часу τ (с) можливо максимально наближено описати регресією поліноміальної залежності, яка має вигляд:

$$\Theta(I) = 0,337 - 0,0877\tau - 0,00696\tau^2 - 0,00014\tau^3$$

За результатами експериментальних досліджень встановлено, що за однакових умов проведення експериментальних досліджень зниження концентрації диму у приміщенні досягнуто за такий проміжок часу: 720 с – із використанням існуючого переносного засобу димо- та тепловидалення при нагнітанні повітря; 480 с – із використанням удосконаленого переносного засобу димо- та тепловидалення при нагнітанні повітря; 360 с – із використанням удосконаленого переносного засобу димо- та тепловидалення при одночасному нагнітанні повітря та подаванні розпиленого струменя води.

3.2.3 Експериментальні дослідження з визначення ефективного зниження температури із застосуванням переносних засобів димо- та тепловидалення

На третьому етапі експериментальних досліджень оцінено ефективність роботи існуючого та удосконаленого переносних засобів димо- та тепловидалення щодо нормалізації температурного середовища (зменшення температури). При цьому також додатково досліджено можливість підвищення ефективності таких засобів шляхом одночасного подавання повітря та розпиленого струменя води. У рамках експериментальних досліджень проведено 9 випробувань (3 – існуючого засобу, 3 – удосконаленого засобу та 3 – удосконаленого засобу з одночасним використанням повітря та води).

У випробувальному боксі за допомогою термоперетворювачів реєструвалась температура. Відповідно до розробленої методики експериментальних досліджень через 1,5 хвилини вільного горіння вмикали переносний засіб димо- та тепловидалення, за допомогою якого через відчинений дверний отвір здійснювали нагнітання свіжого повітря до випробувального боксу.

В процесі досліджень реєстрували проміжок часу за який знижується температура у кожній точці встановлення термопар у випробувальному боксі. На рисунку 3.17 наведено фото експериментальних досліджень.



Рисунок 3.17 – Візуалізація проведення експериментальних досліджень

Перед початком проведення експериментальних досліджень з визначення ефективного зменшення температури проведено низку досліджень спрямованих на визначення проміжку часу самостійного зниження температури до початкових умов досліджень. Результати досліджень наведено на рисунку 3.18.

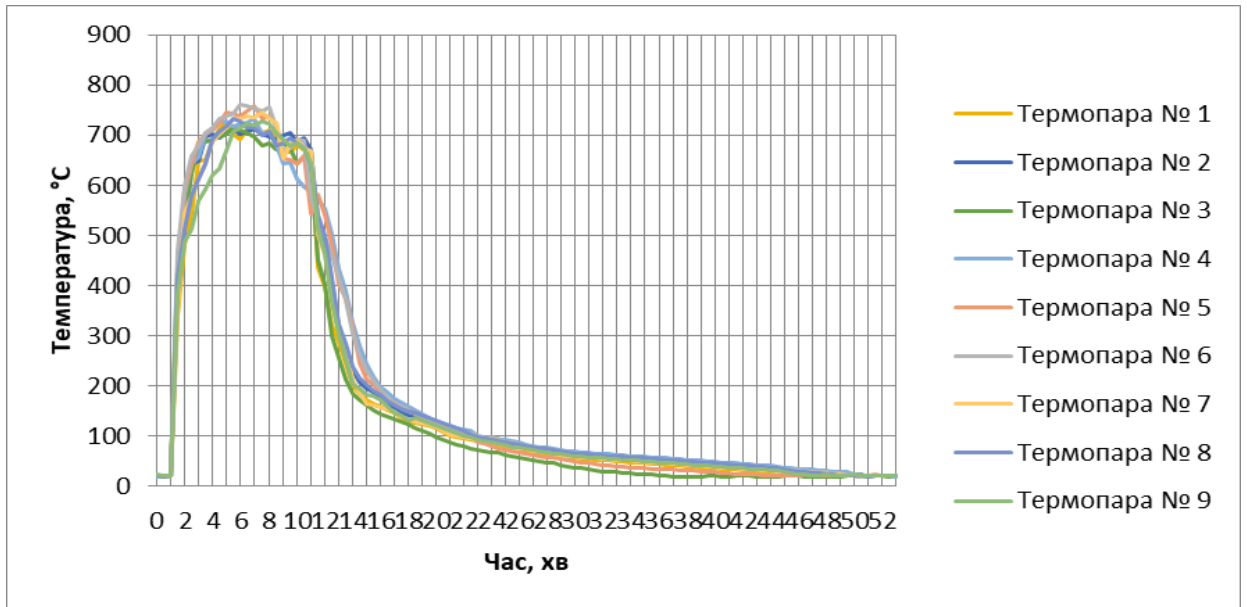


Рисунок 3.18 – Графіки проміжку часу самостійного зниження температури у випробувальному боксі до початкових умов досліджень

За результатами експериментальних досліджень отримано залежності температури від часу роботи існуючого засобу, удосконаленого засобу та удосконаленого засобу з одночасним нагнітанням повітря та подаванням розпиленого струменя води, які наведено на рисунках 3.19-3.21.

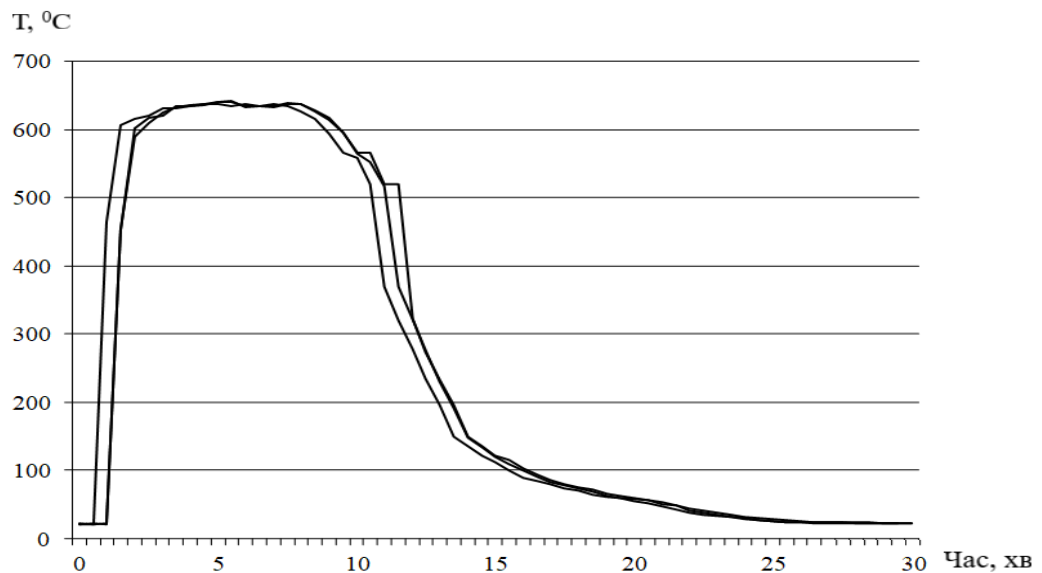


Рисунок 3.19 – Графік залежності зміни температури у випробувальному боксі за часом із використанням існуючого переносного засобу димо- та тепловидалення

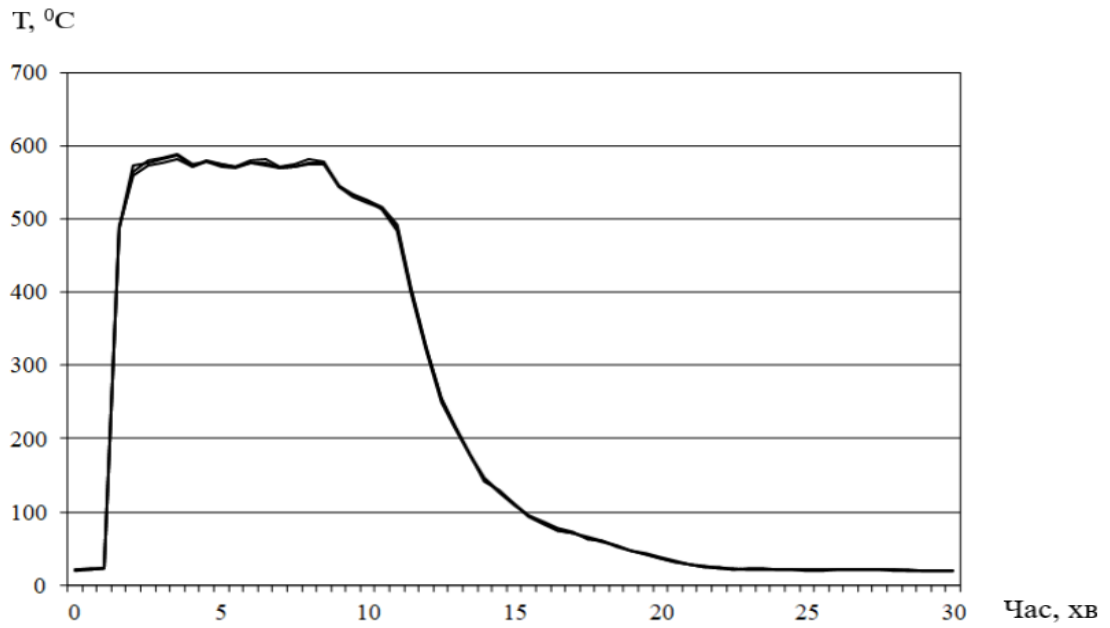


Рисунок 3.20 – Графік залежності зміни температури у випробувальному боксі за часом із використанням удосконаленого переносного засобу димо- та тепловидалення

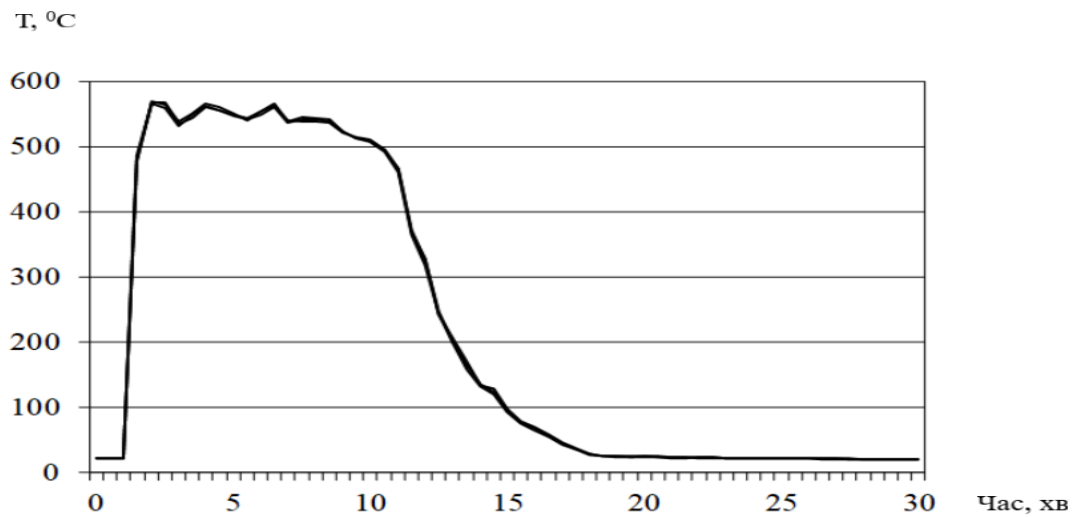


Рисунок 3.21 – Графік залежності зміни температури у випробувальному боксі за часом із використанням удосконаленого переносного засобу димо- та тепловидалення із одночасним нагнітання повітря та подаванням розпиленого струменя води

За результатами проведених досліджень здійснено порівняння ефективності застосування переносних засобів димо- та тепловидалення під час зниження температури у випробувальному боксі. Результати порівняльних досліджень наведено на рисунку 3.22.

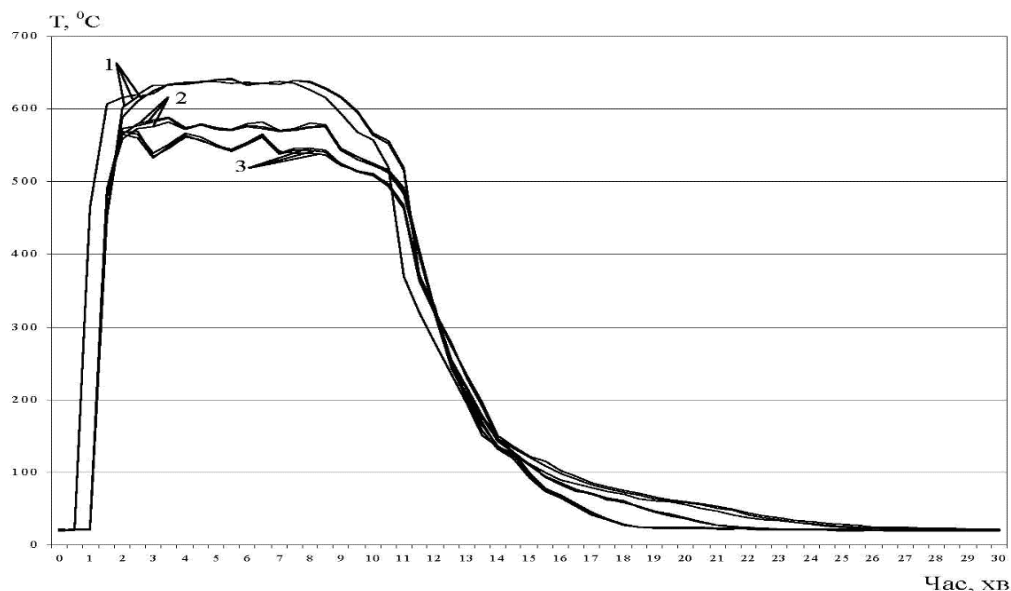


Рисунок 3.22 – Графік залежності зміни температури у випробувальному боксі за часом

1 – існуючий засіб; 2 – удосконалений засіб;

3 – удосконалений засіб із розпиленням струменем води

Зазначену динаміку температури $\Theta(T)$ ($^{\circ}\text{C}$) у випробувальному боксі залежно від часу τ (с) можливо максимально наближено описати регресією поліноміальної залежності, яка має вигляд:

$$\Theta(T) = 222,2 + 52,7\tau - 2,6\tau^2 + 0,028\tau^3$$

За результатами експериментальних досліджень встановлено, що за однакових умов проведення експериментальних досліджень зниження температури у приміщенні досягнуто за такий проміжок часу: 1560 с – із використанням існуючого переносного засобу димо- та тепловидалення; 1260 с – із використанням удосконаленого переносного засобу димо- та тепловидалення; 1020 с – із використанням удосконаленого засобу з одночасним використанням повітря та води.

3.3 Обробка експериментальних досліджень та апробація математичної моделі

Обробку результатів експериментальних досліджень проводили методом математичної статистики для перевірки результатів експериментальних досліджень на наявність викидів та квазिवикидів згідно з [125].

Для виявлення у результатах експериментальних досліджень викидів та квазिवикидів застосували критерій Граббса (3.5):

$$G_{\max} = \frac{y_{\max} - \bar{y}}{S} \text{ та } G_{\min} = \frac{\bar{y} - y_{\min}}{S}, \quad (3.5)$$

де: \bar{y} – середнє значення;

S – середньоквадратичне відхилення.

Середнє значення \bar{y} розраховували за виразом (3.6):

$$\bar{y} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i, \quad (3.6)$$

де n – кількість результатів експериментальних досліджень.

А оцінка дисперсії та середньоквадратичного відхилення результатів експериментальних досліджень S^2 та S становили відповідно (3.7):

$$S^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2 \text{ та } S = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2} \quad (3.7)$$

Для оцінювання отриманих розрахункових значень G_{\max} та G_{\min} щодо визначення в результатах експериментальних досліджень викидів та квазिवикидів за критерієм Граббса використовували схему, яку наведено на рисунку 3.23.

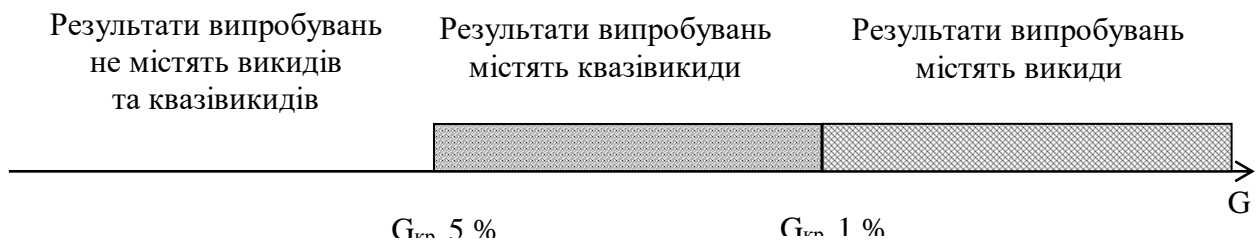


Рисунок 3.23 – Визначення в результатах випробувань викидів та квазिवикидів за критерієм Граббса

Дані щодо оцінки наявності в експериментальних даних викидів та квазівикидів за критерієм Граббса для проведення експериментальних досліджень існуючого, удосконаленого та удосконаленого переносних засобів димо- та тепловидалення наведені на рисунках 3.24 та 3.25. Експериментальні дані, які мали викиди або квазівикиди за критерієм Граббса, не враховували під час подальшого оброблення результатів.

Критерій Граббса застосовано для результатів, що отримані для кожної хвилини проведення експериментальних досліджень. При цьому критичними значеннями для оцінювання отриманих результатів були $G_{\max} = G_{\min} = 1,155$. В цілому за результатами використання критерію Граббса викидів та квазівикидів у результатах експериментальних досліджень невиявлено.

Також зазначено, що при проведенні аналогічних наукових досліджень слід використовувати вибірки де кількість окремих дослідів є більшою 5.

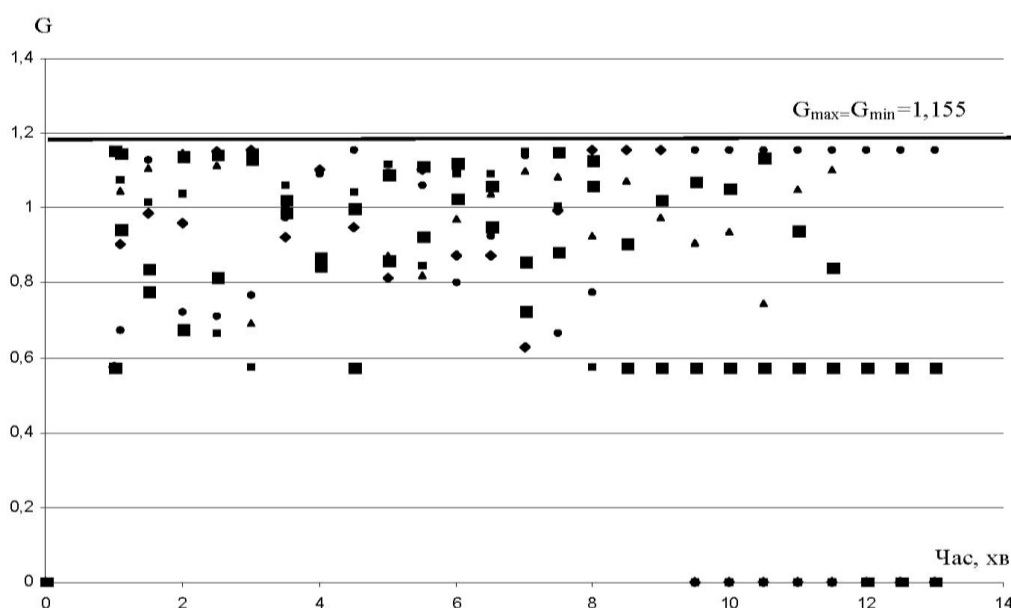


Рисунок 3.24 – Дані щодо застосування критерію Граббса для оцінки наявності викидів та квазівикидів в результатах експериментальних досліджень з оцінювання зміни задимленості у випробувальному боксі за часом

G –розрахункове значення Граббса

Час, хв. – тривалість проведення експерименту

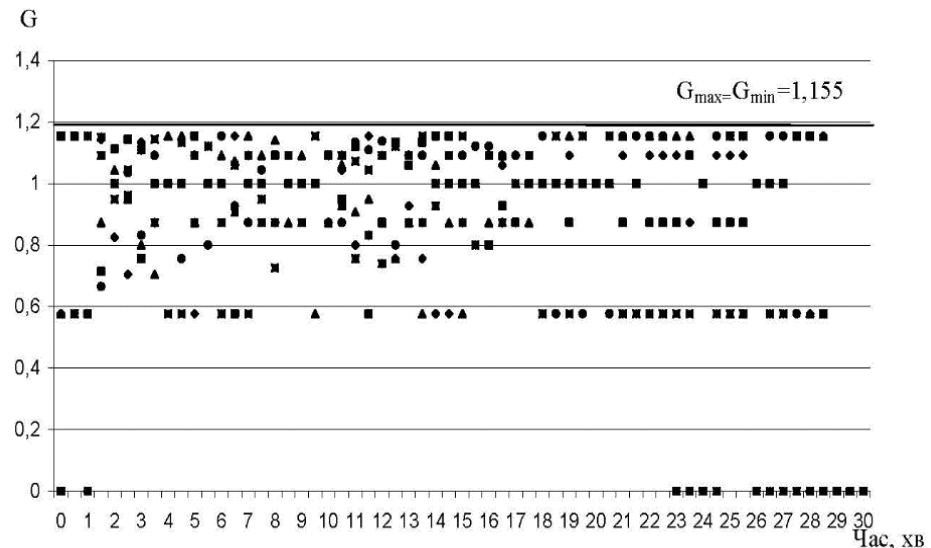


Рисунок 3.25 – Дані щодо застосування критерію Граббса для оцінки наявності викидів та квазівикидів в результатах експериментальних досліджень з оцінювання температури у випробувальному боксі за часом

G – розрахункове значення Граббса

Час, хв. – тривалість проведення експерименту

3.4. Висновки за третім розділом

Розроблено програму та методику проведення експериментальних досліджень залежності продуктивності від конструктивних параметрів елементів переносних засобів димо- та тепловидалення, проведено відповідні експерименти, у ході яких, зокрема, підтверджено адекватність розробленої моделі. При цьому відхилення між результатами математичного моделювання та результатами експериментальних досліджень склали 2 %.

Таким чином за результатами експериментальних досліджень з визначення продуктивності встановлено, що удосконалений переносний засіб димо- та тепловидалення видає продуктивність за повітрям на 55 % більше, а ніж існуючий переносний засіб димо- та тепловидалення.

Експериментальним шляхом виявлено і формалізовано у вигляді регресійної поліноміальної залежності зміни динаміки задимленості $\Theta(I)$ (B) та температури $\Theta(T)$ ($^{\circ}C$) в часі τ (c) у разі використання удосконаленого переносного засобу димо- та тепловидалення, які мають вигляд: $\Theta(I)=0,337-0,0877\tau -0,00696 \tau^2-0,00014\tau^3$; $\Theta(T)=222,2+52,7\tau -2,6 \tau^2+0,028\tau^3$. При цьому встановлено, що за однакових умов проведення експериментальних досліджень щодо зниження концентрації диму/та величини температури за певний проміжок часу, у приміщенні з використанням удосконаленого переносного засобу димо- та тепловидалення в 2,2-2,85 рази ефективніше за існуючий засіб.

За результатами використання критерію Граббса викидів та квазівикидів у результатах експериментальних досліджень також невиявлено.

Відсутність викидів та квазівикидів у відповідності до критерію Граббса дозволяє спиратись на отримані експериментальні результати щодо порівняльних оцінок продуктивності, температури і задимленості для обґрунтування висновків та практичних рекомендацій.

РОЗДІЛ 4. ПРАКТИЧНЕ ЗАСТОСУВАННЯ ПЕРЕНОСНИХ ЗАСОБІВ ДИМО- ТА ТЕПЛОВИДАЛЕННЯ

4.1. Розроблення рекомендацій щодо застосування засобів димо- та тепловидалення

За результатами проведених аналітичних та експериментальних досліджень було розроблено рекомендації щодо застосування переносних засобів димо- та тепловидалення, які складаються з таких розділів: сфера застосування, загальна інформація щодо переносних засобів димо- та тепловидалення та порядок застосування переносних засобів димо- та тепловидалення на пожежах. В роботах [126-129] висвітлено основні аспекти розроблення вищезазначених рекомендацій. Одночасно з впровадженням рекомендацій удосконалено нормативну базу щодо організації діяльності оперативно-рятувальної служби ДСНС України [130] та впроваджено нові терміни та визначення, які зазначені в рекомендаціях і вони викладені у енциклопедичному словнику [131].

Згідно із сферою застосування рекомендації визначають порядок використання підрозділами ОРСЦЗ переносних засобів димо- та тепловидалення, призначених для керування конвективними потоками пожежі шляхом нагнітання повітря та шляхом видалення продуктів горіння.

В розділі про загальну інформацію щодо переносних засобів димо- та тепловидалення описано способи створення необхідних умов для гасіння пожежі із застосуванням переносних засобів димо- та тепловидалення, а саме: всмоктування і подальше видалення диму назовні, нагнітання свіжого повітря до задимленого приміщення та одночасне всмоктування задимленого і загазованого повітря та нагнітання свіжого повітря при застосуванні декількох засобів димо- та тепловидалення.

Розділ порядок застосування переносних засобів димо- та тепловидалення на пожежах містить загальну інформацію, яка висвітлює мету і порядок проведення примусової конвекції задимлених приміщень з використанням переносних засобів димо- та тепловидалення, загальний алгоритм дій особового

складу пожежно-рятувальних підрозділів під час використання таких засобів, а також стандартні схеми з їх розташування.

Крім того, в розділі наведено рекомендації щодо нагнітання повітря за допомогою переносних засобів димо- та тепловидалення в приміщеннях, у яких сталася пожежа та у суміжних приміщеннях.

Передбачено рекомендації щодо вибору відстані, на якій розташовується вищевказаний засіб від припливного отвору, а також наведено орієнтовні співвідношення між припливними та витяжними отворами. В цьому ж розділі передбачено рекомендації щодо відсмоктування продуктів горіння з приміщень за допомогою переносних засобів димо- та тепловидалення.

Створення необхідних умов для гасіння пожежі із застосуванням переносних засобів димо- та тепловидалення може проводитися трьома способами, а саме: всмоктування і подальший викид диму назовні. Цей варіант застосовується, як правило, при відсмоктуванні повітря з верхньої точки приміщення; нагнітання свіжого повітря в задимлене приміщення. Цей спосіб нагнітання свіжого повітря здійснюється, як правило, у нижню точку приміщення при відкритих верхніх отворах. Раціонально застосовувати цей спосіб при висоті приміщень до 6 метрів; одночасне всмоктування задимленого та загазованого повітря і нагнітання свіжого повітря при застосуванні декількох засобів димо- та тепловидалення.

Загальна схема установки переносних засобів димо- та тепловидалення на пожежі наведена на рисунку 4.1.

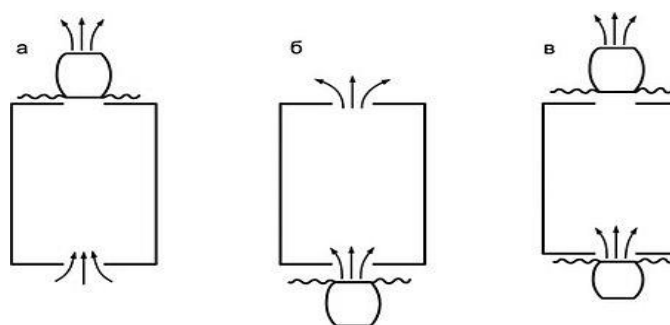


Рисунок 4.1 – Загальна схема установки переносних засобів димо- та тепловидалення на пожежі:

а – відсмоктування диму; б – нагнітання повітря; в – комбінований спосіб

Досвід застосування переносних засобів димо- та тепловидалення на пожежах [42, 43] показує, що нагнітання свіжого повітря до приміщення є найбільш ефективним у порівнянні з відсмоктуванням загазованого повітря.

Під час проведення заходів щодо нормалізації температурного і повітряного середовища може спостерігатися короткочасний негативний ефект (підвищення температури горіння в осередку пожежі спричинене збільшенням окисника), але цей ефект врівноважується та в певний час досягає стану стабілізації, що забезпечує достатні умови роботи особового складу та проведення розвідки, введення сил і засобів на пожежогасіння. Примусова конвекція повинна здійснюватись, як правило, на вирішальному напрямку оперативних дій і координуватись з іншими заходами пожежогасіння.

Переносні засоби димо- та тепловидалення мають використовуватись на пожежах тільки за рішенням керівника гасіння пожежі (далі - КГП), як правило, за наступних умов:

- значного підвищення рівня температури, що обмежує можливість проведення пожежогасіння;
- високої оптичної щільності димоутворення, що обмежує проведення пожежно-рятувальних робіт;
- забезпечення безпечних умов евакуації в суміжних приміщеннях.

Принципом примусової конвекції з нагнітанням свіжого повітря до задимлених приміщень є утворення надлишкового тиску та витіснення продуктів горіння назовні.

Основною метою примусової конвекції є нормалізація температурного і повітряного середовища для забезпечення проведення пожежогасіння і рятувальних робіт. Для підвищення ефекту примусової конвекції може здійснюватись додаткове охолодження повітряного середовища та осадження твердих фракцій диму шляхом подачі розпиленої води до повітряного потоку, що утворюється переносним засобом димо- та тепловидалення.

Порядок проведення примусової конвекції задимлених приміщень з використанням переносних засобів димо- та тепловидалення полягає у:

1) проведенні підготовчих заходів:

- попереднє розгортання засобів;

- визначення місця осередку займання;

- визначення місць конструктивних (технологічних) отворів (вікон, дверей, проведення розкриття конструкцій тощо);

2) безпосереднього здійснення примусової конвекції:

- встановлення переносного засобу димо- та тепловидалення та приведення його в дію;

- введення сил та засобів для здійснення рятування, евакуації чи пожежогасіння.

Порядок застосування переносних засобів димо- та тепловидалення полягає в їх розміщенні перед входом до задимленого середовища з подальшим нагнітанням свіжого повітря всередину та витісненням продуктів горіння через попередньо зроблені отвори для видалення продуктів горіння.

На рисунках 4.2-4.6 наведено стандартні схеми з розташування переносних засобів димо- та тепловидалення.

Одиночне розташування - це застосування одного засобу димо- та тепловидалення біля отвору нагнітання повітря з максимально можливим розміром 2×2 м. Приклад одиночного розташування наведено на рисунку 4.2.



Рисунок 4.2 – Приклад одиночного розташування переносного засобу димо- та тепловидалення

Підвищення ефективності керування конвекційними потоками на пожежі може досягатися шляхом застосування декількох засобів димо- та тепловидалення повітря.

Використання більше ніж одного переносного засобу димо- та тепловидалення збільшує об'єм повітря, що прокачується на вході, прискорюючи тим самим примусову конвекцію приміщення.

Розташування декількох засобів на один отвір буває: паралельно вертикальне; паралельно горизонтальне та послідовне.

Паралельно вертикальне розташування засобів димо- та тепловидалення (рисунок 4.3) використовується у випадку, якщо отвір для нагнітання повітря має висоту більше ніж 3 м. В залежності від висоти припливного отвору застосовують 2 і більше засоби димо- та тепловидалення. На практиці такі отвори можуть мати великі розміри не тільки за висотою, але і за шириною, тому використовують комбінацію паралельно вертикального і паралельно горизонтального розташування переносних засобів димо- та тепловидалення.



Рисунок 4.3 – Приклад паралельно вертикального розташування переносних засобів димо- та тепловидалення

Паралельно горизонтальне розташування засобів димо- та тепловидалення (рисунок 4.4) використовується в тому випадку коли отвір нагнітання повітря ширше ніж 3 метри та відсутні можливості його зменшити. При паралельно горизонтальному розташуванні переносних засобів димо- та тепловидалення, вони встановлюються поруч один з одним на одній лінії, при цьому межі

повітряного потоку повинні перекривати отвір нагнітання повітря повністю. Найбільш ефективним буде розташування у формі конуса. В такому випадку відбувається найменша втрата повітря, що нагнітається та зростає ефективність.

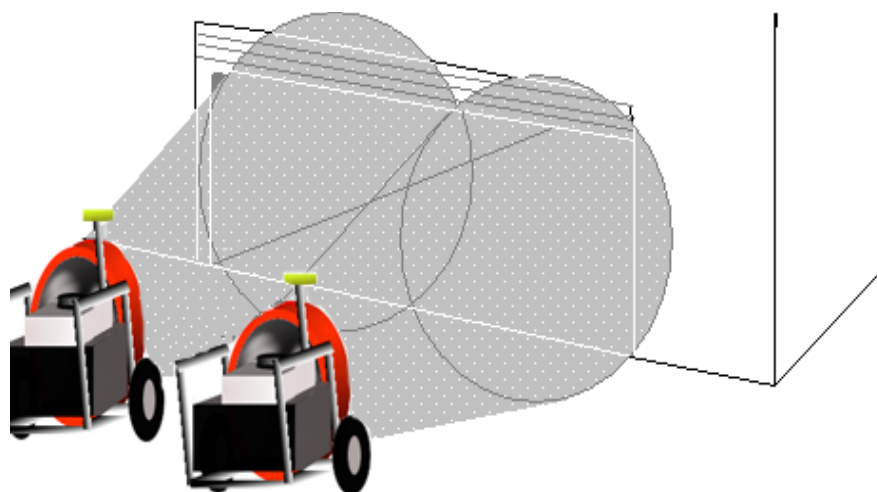


Рисунок 4.4 – Приклад паралельно горизонтального розташування переносних засобів димо- та тепловидалення

Послідовне (рядне) розташування - це розташування переносних засобів димо- та тепловидалення один за одним в один ряд (рисунок 4.5). Цей вид вентиляції використовується при великій відстані від отвору для нагнітання повітря до отворів для видалення продуктів горіння або якщо недостатньо місця для паралельної установки засобів. При такому розташуванні отвір для нагнітання повітря не повинен перевищувати розмірів 3×3 м.

Для збільшення швидкості потоку повітря і маневрування ним, в будівлях заввишки понад 25 м, як правило, встановлюється один або кілька допоміжних переносних засобів димо- та тепловидалення безпосередньо всередині будівлі.

Доцільно всередині будівлі застосовувати переносні засоби димо- та тепловидалення з електро- або гідравлічним приводом. У разі застосування допоміжного засобу димо- та тепловидалення з двигуном внутрішнього згорання необхідно вживати заходів щодо відведення вихлопних газів назовні.

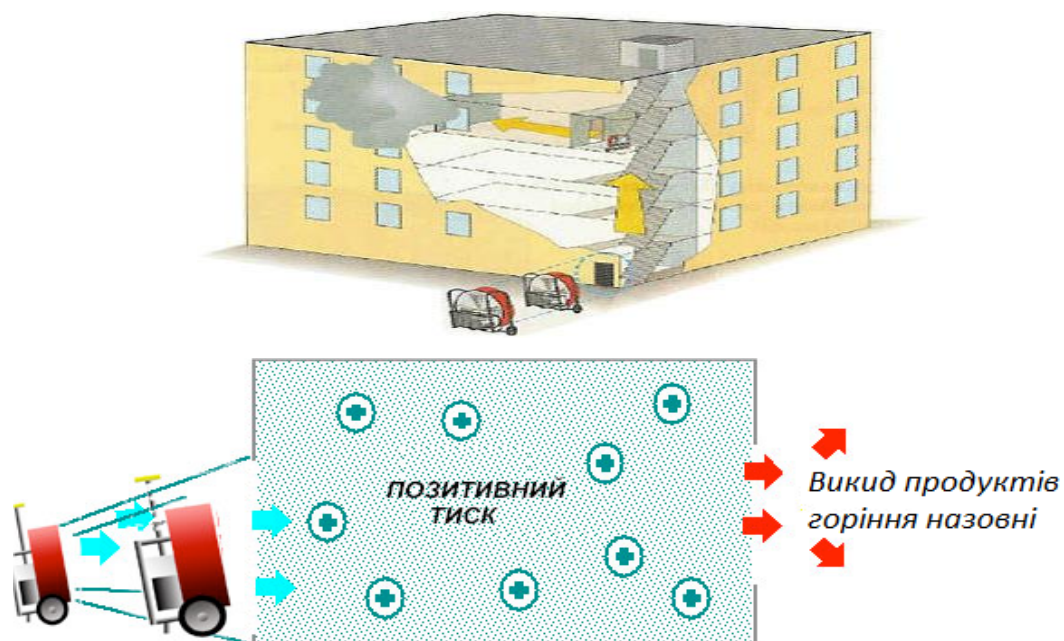


Рисунок 4. 5 – Приклад послідовного (рядного) розташування переносних засобів димо- та тепловидалення

Залежно від об'єкту, на якому сталася пожежа і розмірів отворів для нагнітання повітря, застосовуються комбінації з усіх можливих способів установки засобів димо- та тепловидалення з метою досягнення найкращого ефекту.

Наприклад, є комбіноване застосування переносних засобів димо- та тепловидалення на нагнітання свіжого повітря та видалення продуктів горіння, рисунок 4.4.6.

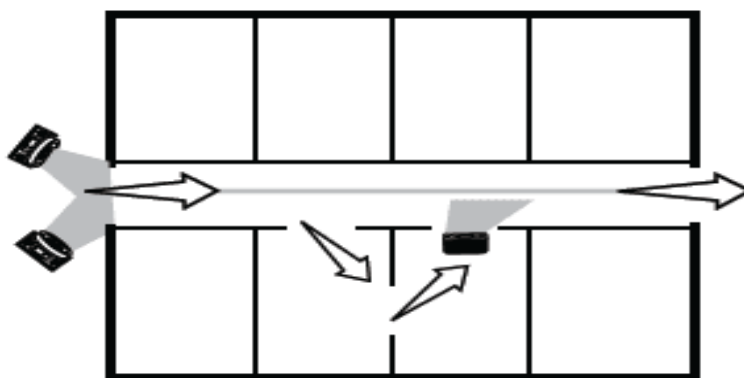


Рисунок 4.6 – Приклад комбінованого використання переносних засобів димо- та тепловидалення

Після прибуття на пожежу, за рішенням КГП, одночасно з прокладанням пожежних рукавів, встановлюється переносний засіб димо- та тепловидалення на оптимальній відстані від обраного отвору для нагнітання повітря. При цьому

повітряна частина засобу має бути спрямована в сторону від отвору для нагнітання повітря. Двигун засобу запускається та працює на холостих обертах.

Створення отвору для видалення продуктів горіння має ґрунтуватися на даних, отриманих в ході проведення розвідки пожежі.

В якості випускного отвору можна застосовувати віконний отвір у приміщенні, вентиляційний короб стаціонарної системи димовидалення, штучно створений отвір у будівельних конструкціях (зовнішніх стінах, даху).

Основним та вирішальним фактором при виборі отвору для видалення продуктів горіння є температура пожежі, яка залежить від інтенсивності горіння.

При виборі витяжного отвору слід передбачити заходи по нерозповсюдженню продуктів горіння до інших частин будинку. З метою запобігання розповсюдження продуктів горіння в інші приміщення, витяжний отвір слід створювати в місці утворення найбільшої температури.

Якщо витяжний отвір знаходиться з навітряної сторони і сила вітру перешкоджає виходу продуктів горіння, то в цьому випадку цей отвір слід створювати з підвітряної сторони. Якщо з тактичних міркувань це зробити неможливо, то примусову конвекцію необхідно зупинити та провести видалення продуктів горіння шляхом природної конвекції.

Для ефективного визначення місця розташування отвору для видалення продуктів горіння, доцільно використовувати тепловізійну апаратуру (тепловізори), цю інформацію слід передавати ланці газодимозахисної служби (далі – ГДЗС).

Контроль розмірів і місця розташування випускного отвору має вирішальне значення для успішного проведення димо- та тепловидалення. Це, наприклад, дозволяє уникати випадкового розбивання вікон у приміщенні.

Маючи інформацію стосовно розподілу температур у приміщенні пожежі, можливо також орієнтовно оцінити час, який необхідний для зниження температури до значень, які є придатними для дій особового складу, тобто час, за який переносний засіб димо- та тепловидалення здійснить охолодження продуктів горіння.

Загальний алгоритм дій особового складу пожежно-рятувальних підрозділів під час використання переносних засобів димо- та тепловидалення такий:

1. Встановлюється переносний засіб димо- та тепловидалення на холостих обертах біля отвору для нагнітання повітря (повітряна частина засобу спрямована в сторону від отвору).

2. Ланка ГДЗС зі стволом готується до гасіння пожежі та знаходиться перед приміщенням, у якому сталася пожежа.

3. Створюється отвір для видалення продуктів горіння.

4. Переносний засіб димо- та тепловидалення повертається в сторону отвору для нагнітання повітря, при цьому повітря подається до приміщення дозовано.

5. Ланка ГДЗС очікує охолодження продуктів горіння, після чого заходить до приміщення для локалізації пожежі.

Одним з важливих факторів ефективної примусової конвекції є відстань до припливного отвору. Саме відстань впливає на ефективність засобу димо- та тепловидалення. Приклад встановлення переносного засобу димо- та тепловидалення, що працює на нагнітання свіжого повітря до приміщення, у якому сталася пожежа наведено на рисунку 4.2.

Відстань від переносного засобу димо- та тепловидалення до припливного отвору підбирається таким чином, щоб повітряний потік, який утворюється засобом створював надлишковий тиск за всією площею отвору (ефект повітряної завіси). Мінімальна відстань має дорівнювати довжині діагоналі припливного дверного отвору, рисунок 4.7.

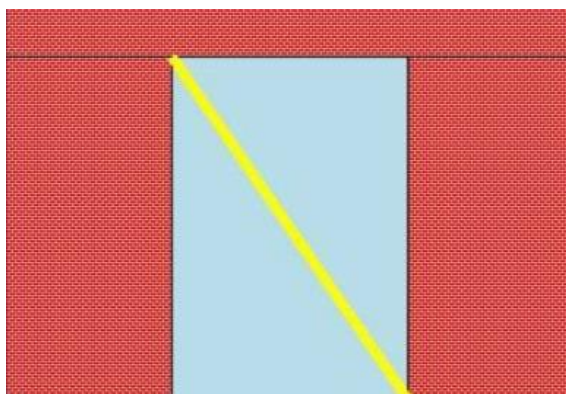


Рисунок 4.7 – Діагональ припливного дверного отвору

Збільшення дистанції приводить до зниження потужності, але не зменшує ефективність примусової конвекції.

Маленька дистанція не перекриває припливний отвір повністю, що призводить до завірювань повітря, внаслідок чого ефективність примусової конвекції знижується.

Відстань від переносного засобу димо- та тепловидалення до стандартних отворів нагнітання повітря (дверей приватних будинків чи квартир) має бути в межах від 2 до 6 м, залежно від типу засобу.

Зазвичай ця відстань визначається методом практичного підбору на місці пожежі.

При оцінці рекомендованих відстаней від переносного засобу димо- та тепловидалення до припливного дверного отвору, можливо також користуватися наступними орієнтовними розрахунками, які наведені у таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 - Рекомендовані відстані від переносного засобу димо- та тепловидалення до припливного дверного отвору

Діаметр вентилятора переносного засобу димо- та тепловидалення, см	Ширина дверного отвору, см	Відстань до дверного отвору, м
40	90	1,8-2,4
50	120	2,4-3,0
60	150	1,8-3,0

Під час проведення експериментальних досліджень зі зниження температури та зменшення задимленості в приміщенні де виникла пожежа за допомогою удосконаленого переносного засобу димо- та тепловидалення відпрацьовано відстані для примусової конвекції до припливного отвору під час виконання тактичних прийомів застосування таких засобів, які відображені у розроблених та впроваджених Рекомендаціях щодо застосування переносних засобів димо- та тепловидалення.

Співвідношення між припливним та витяжним отворами має бути наступним: розмір витяжного отвору має бути не менше ніж половина припливного отвору; розмір витяжного отвору може максимально перевищувати припливний отвір не більше ніж у 3 рази; оптимальне співвідношення 1:1. При цьому розмір будівлі не враховується.

Якщо пожежа набула значних розмірів та її гасіння значно ускладнюється небезпечними факторами пожежі (значно зросла температура, пожежею охоплене все приміщення тощо) в такому випадку необхідно здійснювати видалення продуктів горіння з приміщень або сходових клітин, які ще не охоплені вогнем.

КГП повинен здійснювати всі вищевказані заходи для організації вертикальної або горизонтальної примусової конвекції, підсилюючи їхній ефект за допомогою використання переносних засобів димо- та тепловидалення. У суміжних приміщеннях рекомендується створити надлишковий тиск з метою недопущення розповсюдження продуктів горіння в інші приміщення (рисунок 4.8).

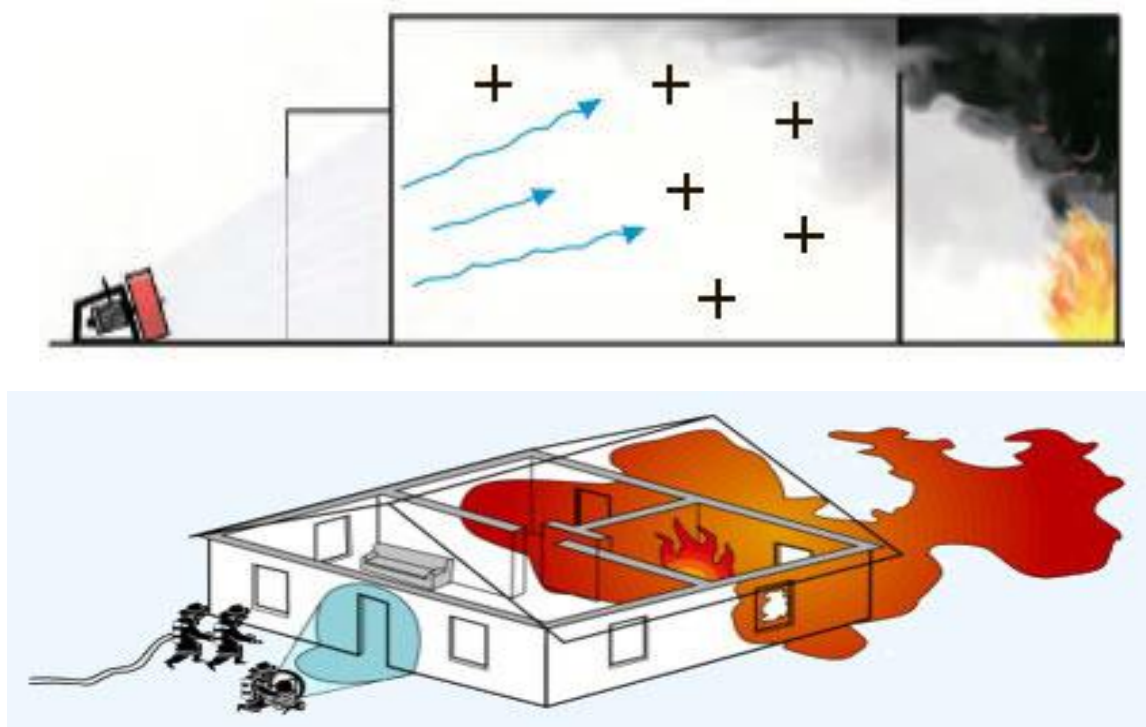


Рисунок 4.8 – Створення надлишкового тиску в суміжних приміщеннях під час розповсюдження продуктів горіння

Цей тактичний прийом доцільно використовувати у разі розвитку пожежі в одному окремому приміщенні і пожежно-рятувальним підрозділам важко або неможливо безпосередньо здійснювати гасіння приміщення, в якому сталася пожежа.

Загалом розповсюдження продуктів горіння в суміжні приміщення несе небезпеку не лише за рахунок зменшення видимості чи зниження концентрації кисню, а й за рахунок зростання імовірності утворення вибухонебезпечної концентрації в місцях, віддалених від осередку пожежі.

Видалення продуктів горіння за допомогою переносних засобів димо- та тепловидалення в задимленому приміщенні полягає у створенні суттєвої різниці між атмосферним тиском та тим, який створюється в приміщенні, саме через це його ще можна називати від'ємним.

Переважно переносні засоби димо- та тепловидалення, що працюють на видалення продуктів горіння, встановлюють у витяжному отворі (вікна, двері) повітрязбірною стороною до задимленого приміщення (рисунок 4.9), хоча також можливо їх використовувати і всередині приміщень, але лише в поєднанні з застосуванням напірного рукава відповідного діаметру, через який відводяться продукти горіння назовні. Також можливо здійснювати видалення продуктів горіння розміщуючи засіб димо- та тепловидалення за межами приміщення і вихідного отвору, для цього необхідне використання спеціального рукава, який безпосередньо розміщується в задимленому приміщенні.

Використання засобів димо- та тепловидалення на видалення продуктів горіння вимагає залучення додаткових сил та засобів (на відміну від нагнітачів свіжого повітря), а крім того, додаткових заходів щодо герметизації сусідніх приміщень. Саме тому цей спосіб використовується досить рідко.

Прикладом правильного використання переносних засобів димо- та тепловидалення на видалення продуктів горіння можуть бути пожежі в підвалах або інших приміщеннях, що не мають додаткових отворів, що сполучені з зовнішнім середовищем. Особливо під час заповнення підвалів піною високої

кратності. Створення негативного тиску (розрідження) в приміщенні сприяє кращому та швидшому заповненню приміщення піною.



Рисунок 4.9 – Приклад встановлення переносного засобу димо- та тепловидалення, що працює на видалення продуктів горіння

Загальна схема організації видалення продуктів горіння за допомогою переносних засобів димо- та тепловидалення наведено на рисунку 4.10.

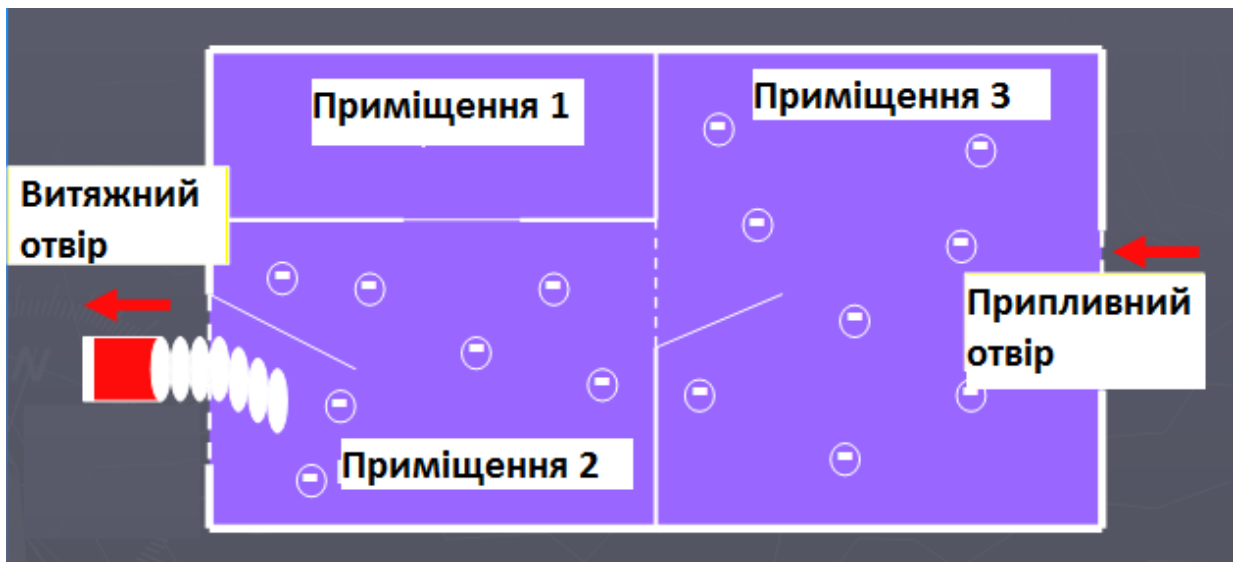


Рисунок 4.10 – Загальна схема організації видалення продуктів горіння за допомогою переносних засобів димо- та тепловидалення

Найкраще, звісно, поєднувати два переносних засоби димо- та тепловидалення, тобто паралельно розміщувати їх на подачу свіжого повітря і на видалення продуктів горіння, але в цьому випадку необхідно враховувати їхні технічні показники продуктивності. Також, розміщуючи ці засоби і на видалення продуктів горіння всередині задимлених приміщень, можливо контролювати напрямок поширення продуктів горіння і таким чином забезпечити безпечну евакуацію людей та роботу пожежно-рятувальних підрозділів для подальшого гасіння пожежі.

Додатково в рекомендаціях розкрито питання безпеки праці особового складу під час застосування таких засобів, а також наведено основні технічні характеристики окремих засобів нагнітального типу дії.

Розроблені рекомендації узгоджені з Департаментом реагування на надзвичайні ситуації ДСНС України та надіслані до територіальних ГУ ДСНС України в областях та м. Києві для використання у практичній діяльності пожежно-рятувальних підрозділів ОРСЦЗ ДСНС України. Впровадження рекомендацій сприятиме підвищенню ефективності ліквідації пожеж підрозділами ОРСЦЗ ДСНС України в умовах високої температури та сильної задимленості.

4.2 Обґрунтування технічних характеристик переносного засобу димо- та тепловидалення

За результатами опрацювання інформації щодо наявності та застосовуваності пожежно-рятувальними підрозділами провідних країн світу переносних засобів димо- та тепловидалення, а також їх технічних вимог в ІДУ НД ЦЗ було удосконалено переносний засіб димо- та тепловидалення на який отримано патент на корисну модель [132] та обґрунтовано технічні характеристики до таких засобів [133, 134], удосконалення яких може бути проведено у пожежно-рятувальних підрозділах ДСНС України. Зовнішній вигляд удосконаленого переносного засобу димо- та тепловидалення наведено на рисунку 4.11.



Рисунок 4.11 - Зовнішній вигляд удосконаленого переносного засобу димо- та тепловидалення

Переносний засіб димо- та тепловидалення нагнітального типу функціонально призначений для локального підвищення повітряного тиску шляхом нагнітання свіжого повітря до зони роботи особового складу (до задимленого приміщення) в умовах пожежі для нормалізації температурного і повітряного середовища з метою забезпечення безпечних умов при проведенні рятувальних робіт пожежно-рятувальними підрозділами.

Переносний засіб димо- та тепловидалення має діаметр лопатів 750 мм відповідає параметрам зарубіжних аналогів таких засобів, що активно застосовуються в практичній діяльності.

Особливості та переваги вентилятора простота конструкції та простота в експлуатації, компактність корпусу, можливість змінювати швидкість обертання лопатів, змінюючи швидкість роботи двигуна, пристосована конструкція для важких умов роботи, можливість регулювання потоку повітря на 360°, всі компоненти розроблені для тривалого використання і високонадійні, екологічність та легкодоступність запчастин і витратних.

В якості приводу до вентилятора доцільно застосовувати електричний двигун змінного струму. Цей професійний двигун загального призначення розроблений спеціально для тривалої безперебійної роботи в важких умовах. Потужність двигуна складає 315 Вт, що дозволяє забезпечити продуктивність вентилятора за повітрям не менше ніж 11 472 м³/год та тиск не більше 1000 Па. Ці технічні характеристики відповідають параметрам зарубіжних аналогів

переносних засобів димо- та тепловидалення нагнітального типу, що активно застосовуються в практичній діяльності.

Особливості та переваги двигуна пристосована конструкція для важких умов роботи, простота конструкції та простота в експлуатації, всі компоненти розроблені для тривалого використання і високонадійні, потужність двигуна дозволяє забезпечити таку продуктивність вентилятора за повітрям, яка необхідна для ефективного димо- та тепловидалення з приміщення під час пожежі, екологічність та легкодоступність запчастин і витратних.

Корпус вентилятора переносного засобу має бути, як правило, циліндричної форми із листового матеріалу. Матеріал корпусу – сталь, алюміній та його сплави, термостійка високоміцна пластмаса тощо.

Корпуси із сталі, алюмінію та його сплавів повинні мати відповідне гальванічне або лакофарбове антикорозійне покриття.

Для переміщення переносного засобу до місця застосування на корпусі мають бути передбачені спеціальні рукоятки для двох осіб. Рукоятки повинні мати таку конструкцію, щоб витримувати масу, яка принаймні в 2,5 рази перевищує номінальну масу, яку потрібно піднімати, розділену на кількість точок для піднімання.

Двигун з вентилятором улаштовуються на опорній рамі, яка призначена для компактного монтування основних елементів переносного засобу.

Переносний засіб димо- та тепловидалення складається із циліндричного корпусу, до якого кріпляться дві ручки для перенесення засобу, опорної рами (рисунок 4.12), трубопроводу із встановленими на ньому двома форсунками-розпилювачами (рисунок 4.13) для створення розпиленого струменя води та з'єднувальної арматури (рисунок 4.14), до якої належить муфтова з'єднувальна головка, фільтр води та шаровий кран.



Рисунок 4.12 - Зовнішній вигляд опорної рами переносного засобу димо- та тепловидалення

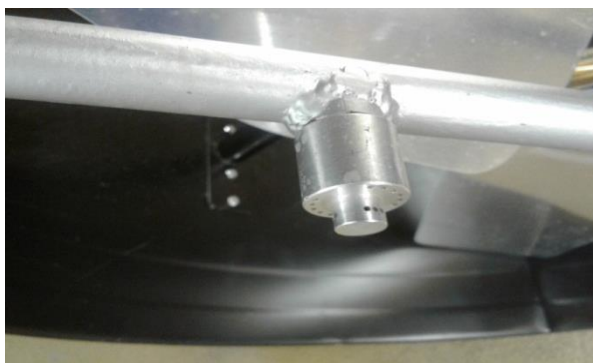


Рисунок 4.13 - Зовнішній вигляд форсунки-розпилювача переносного засобу димо- та тепловидалення



Рисунок 4.14 - Зовнішній вигляд з'єднувальної арматури переносного засобу димо- та тепловидалення

Форсунка-розпилювач для створення розпиленого струменя води складається з циліндра меншого діаметра, циліндра більшого діаметра та отворів для розпилювання води. Переносний засіб димо- та тепловидалення використовують таким чином. Засіб встановлюють на певній відстані перед вхідним отвором до приміщення, у якому сталася пожежа. Забезпечують його підключення до джерела електроенергії напругою 220 В та його під'єднання до джерела водопостачання. Приводять у дію осьовий вентилятор засобу та після цього здійснюють подавання води до його форсунок-розпилювачів. Форсунки-розпилювачі було виготовлено з такими параметрами. Циліндр більшого діаметра висотою не більше ніж 21 мм, зовнішнім діаметром не більше ніж 25 мм та внутрішнім діаметром не більше ніж 19 мм містить отвори діаметром 0,7-0,8 мм. Циліндр меншого діаметру висотою не більше ніж 7 мм, внутрішнім діаметром не більше ніж 5 мм та зовнішнім діаметром не більше ніж 12 мм містить також отвори діаметром 0,7-0,8 мм. Вказані параметри форсунок-розпилювачів дозволяють за рахунок створення водяного туману ефективніше знижувати температуру газоповітряного середовища у приміщенні пожежі, а також розбавляти горюче середовище. Запропонований пристрій дозволяє нормалізувати температурне і повітряне середовище в умовах пожежі з метою забезпечення безпечних умов при проведенні рятувальних робіт пожежно-рятувальних підрозділів.

В основу розробки поставлено задачу - створення переносного засобу димо- та тепловидалення, який дозволяє ефективніше знижувати температуру газоповітряного середовища у приміщенні пожежі, а також розбавляти горюче середовище за рахунок створення водяного туману. Поставлена задача вирішується тим, що переносний засіб димо- та тепловидалення, який складається із циліндричного корпусу, що зсередини містить вентилятор осьовий (аксіальний) та двигун електричний, опорної рами, трубопроводу із встановленими на ньому форсунками-розпилювачами та з'єднувальної арматури, згідно з корисною моделлю, містить щонайменше дві форсунки-розпилювачі, кожна з яких являє собою об'ємну фігуру обертання, утворену двома співвісними циліндрами

більшого та меншого діаметрів, на прилеглих торцевій поверхні циліндра більшого діаметра і на боковій поверхні циліндра меншого діаметра по колу розміщено отвори, відповідні отвори двох поверхонь розміщені один навпроти одного. За рахунок того, що відповідні отвори розміщені на прилеглих поверхнях, які перетинаються під кутом 90° , струмені води, що проходять через вказані отвори також перетинаються під кутом 90° , вдаряючись одна об одну, що дає змогу формувати потік розпиленої води.

Таблиця 4.2 – Основні оптимальні параметри та технічні характеристики переносного засобу димо- та тепловидалення нагнітального типу

№ п/п	Показник	Переносний засіб димо- та тепловидалення нагнітального типу
1	Вентилятор	Осьовий (аксіальний)
1.1	Діаметр лопотів, мм	750
1.2	Тиск, Па	Низького тиску, не більше 1000
1.3	Продуктивність, м ³ /год, не менше	11 472
1.4	Регулювання потоку повітря	на 360°
2	Двигун	електричний
2.1	Потужність двигуна, Вт	315
2.2	Струм двигуна, А	1,4
2.3	Напруга в електромережі, В	220-240
2.4	Частота, Гц	50
2.5	Швидкість обертання лопотів, об/хв, не менше,	966
3	Вага переносного засобу, кг, не більше	32,4
4	Габаритні розміри переносного засобу, мм:	
	- висота	910
	- ширина	350
	- довжина	935

Патент на корисну модель переносного засобу димо- та тепловидалення наведено у додатку Д.

4.3. Розрахунок ефективності гасіння пожеж з використанням удосконаленого переносного засобу димо- та тепловидалення

Відповідно до статті 3 Конституції України [135] сформульовано один із принципів соціальної держави, за яким людина, її життя, здоров'я та безпека визнаються в Україні найвищою соціальною цінністю.

З метою захисту життя і здоров'я громадян від пожеж, підтримання належного рівня пожежної безпеки в державі створено пожежну охорону, основними завданнями якої є: забезпечення пожежної безпеки; запобігання виникненню пожеж і нещасним випадкам під час пожеж; гасіння пожеж, рятування людей, а також надання допомоги у ліквідації наслідків інших надзвичайних ситуацій [136].

Державну політику у сфері цивільного захисту, захисту населення і територій від надзвичайних ситуацій, запобігання їх виникненню, ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій, рятувальної справи, гасіння пожеж, пожежної та техногенної безпеки реалізує Державна служба України з надзвичайних ситуацій [137].

Економічний ефект від впровадження удосконаленого переносного засобу димо- та тепловидалення визначимо як різницю наслідків для життя людини під час пожежі, а також як різницю матеріальних втрат від пожежі, під час якої використано існуючий та удосконалений переносні засоби димо- та тепловидалення за однакових умов порівняння, що можна виразити у вигляді системи рівнянь

$$\begin{cases} E_1 = |B_{ж.л.1} - B_{ж.л.2}| \\ E_2 = |B_{м.1} - B_{м.2}| \\ E_3 = |t_{існ.} - t_{удоск.}| \end{cases} \quad (4.1)$$

де: E_1 , E_2 , E_3 – ефективність гасіння пожежі, виражена через наслідки для життя людини, матеріальні втрати та час розсіювання небезпечних чинників пожежі відповідно;

$B_{ж.л.1}$, $B_{ж.л.2}$ – наслідки від пожежі для життя людини під час використання удосконаленого ($B_{ж.л.1}$) та існуючого ($B_{ж.л.2}$) переносних засобів димо- та тепловидалення;

$B_{м.1}$, $B_{м.2}$ – матеріальні втрати від пожежі, під час якої використано удосконалений ($B_{м.1}$) та існуючий ($B_{м.2}$) переносні засоби димо- та тепловидалення;

$t_{\text{існ.}}$, $t_{\text{удоск.}}$ – час розсіювання небезпечних чинників пожежі під час використання існуючого ($t_{\text{існ.}}$) та удосконаленого ($t_{\text{удоск.}}$) переносних засобів димо- та тепловидалення.

Наслідки від пожежі для життя людини ($V_{\text{ж.л.1}}$, $V_{\text{ж.л.2}}$) визначаємо через критичне значення небезпечних чинників пожежі згідно з [33]. В якості прикладу візьмемо об'єкт торгівельно-розважальний центр загальною площею близько 50 тис м².

Час досягнення небезпечними чинниками пожежі критичних для життя людини значень для обраного об'єкту становить близько 15 хв.

Відповідно до статистичних даних [138], а саме динаміки середньої кількості пожеж і загиблих унаслідок пожеж на 15-тій хвилині розвитку пожежі, в середньому, гине 30 людей, що беремо в якості показника для порівняння.

За результатами експериментальних досліджень [87, 120] встановлено, що час вільного розсіювання небезпечних чинників пожежі у дослідному боксі склав без використання засобів димо- та тепловидалення 85 хв. При використанні існуючого переносного засобу димо- та тепловидалення, час розсіювання небезпечних чинників пожежі (димув/температури) у приміщенні зменшується до 12 хв, тобто у 7 разів тривалість дії небезпечних чинників пожежі на людей та матеріальні цінності зменшуються.

При використанні удосконаленого переносного засобу димо- та тепловидалення цей самий показник становить 8 хв, тобто відбувається зменшення часу впливу небезпечних чинників пожежі на життя людини та матеріальні цінності у 10 разів.

За різницею часу розсіювання небезпечних чинників пожежі під час використання існуючого ($t_{\text{існ.}}$) та удосконаленого ($t_{\text{удоск.}}$) переносних засобів димо- та тепловидалення визначаємо, що ефективність гасіння пожежі при використанні удосконаленого переносного засобу димо- та тепловидалення становить 4 хв.

Відповідно до цих результатів, розділивши час досягнення небезпечними чинниками пожежі критичних для життя людини значень для обраного об'єкту на 7 хв., знаходимо значення часу дії небезпечних чинників пожежі на людину та

матеріальні цінності для випадку функціонування існуючого переносного засобу димо- та тепловидалення, який становить 2,1 хв. Використовуючи апроксимуючу загибелі людей на пожежах від тривалості пожежі (рисунок 4.15), визначаємо кількість загиблих людей, яка становить 48, що є наслідком від пожежі для життя людини у разі функціонування існуючого переносного засобу димо- та тепловидалення ($B_{ж.л.2}$).

У такий же спосіб знаходимо значення часу дії небезпечних чинників пожежі на людину та матеріальні цінності для випадку функціонування удосконаленого переносного засобу димо- та тепловидалення, що становить 1,5 хв. У цьому випадку кількість загиблих становить 30 людей, що є наслідком від пожежі для життя людини у разі функціонування удосконаленого засобу димо- та тепловидалення ($B_{ж.л.1}$).

Таким чином, кількість людей, яких можна врятувати, використовуючи удосконалений переносний засіб димо- та тепловидалення у порівнянні з існуючим переносним засобом димо- та тепловидалення, становить 18 осіб, що виражає економічний ефект від впровадження удосконаленого засобу димо- та тепловидалення через наслідки для життя людини E_1 .

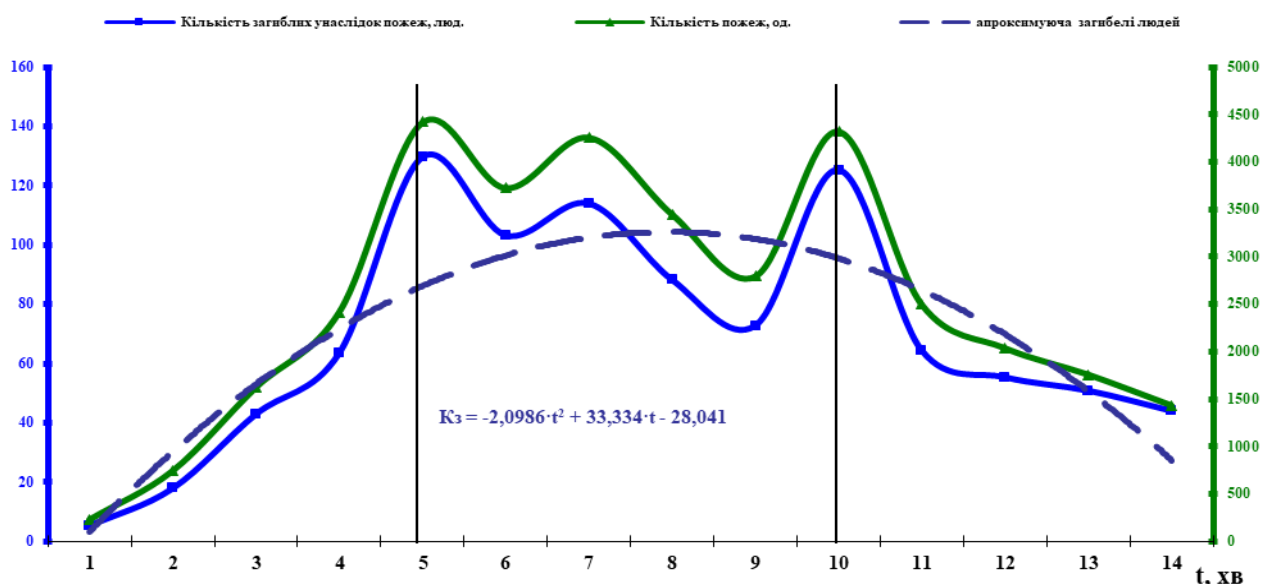


Рисунок 4.15 – Динаміка середньої кількості пожеж і загиблих унаслідок пожеж на момент прибуття першого підрозділу на пожежу до 15 хв за 2018÷2022 роки

На рисунку 4.16 наведено динаміку середньої кількості матеріальних втрат від пожеж за часом дії небезпечних чинників пожежі на матеріальні цінності. Таким чином, матеріальні втрати від пожеж на 15-тій хвилині пожежі становить близько 3 млн грн.

Використовуючи метод апроксимації, знаходимо значення матеріальних втрат від пожеж на 2,1 хв та 1,5 хв, які відповідно дорівнюють 452 тис. грн ($V_{M.2}$) та 258 тис. гривень ($V_{M.1}$), що є матеріальними втратами від пожежі, під час якої використані існуючого ($V_{M.2}$) та удосконаленого ($V_{M.1}$) переносних засобів димо- та тепловидалення.

Отже, економічний ефект від впровадження удосконаленого засобу димо- та тепловидалення, виражений через матеріальні втрати (E_2) із розрахунку на одну пожежу становить 194 тис. гривень.

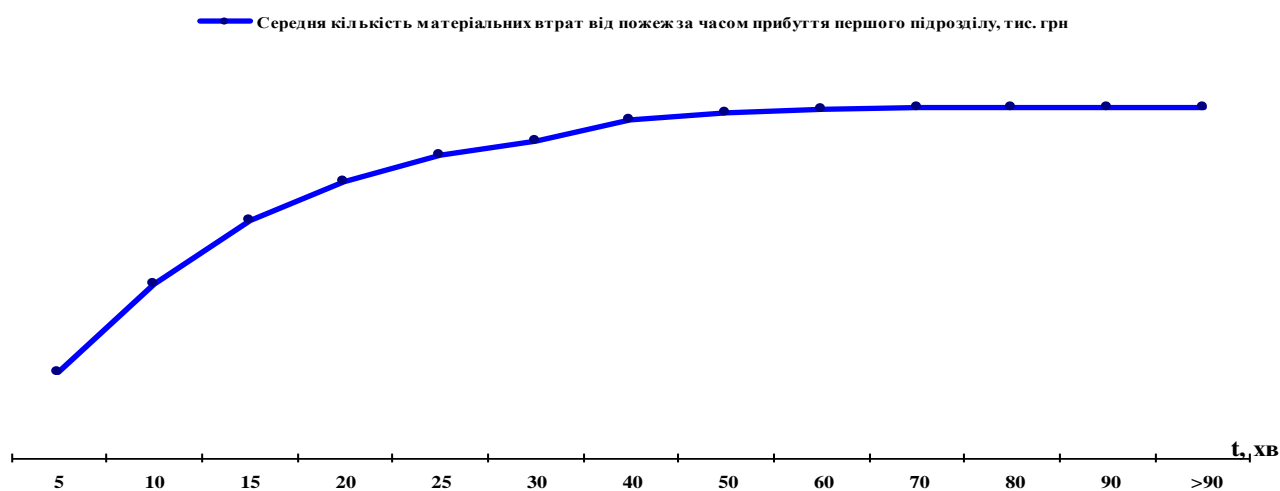


Рисунок 4.16 – Динаміка середньої кількості матеріальних втрат від пожеж за часом прибуття першого підрозділу на пожежу за 2018÷2022 роки

Згідно із статистичними даними про пожежі та їх наслідки в Україні [139-143], середня кількість пожеж в будинках та спорудах житлового призначення за рік становить 30750. В роботі [144] висвітлено розрахунок економічного ефекту від удосконалення та впровадження в Україні переносного засобу димо- та тепловидалення.

Знайшовши добуток середньої кількості пожеж в будинках та спорудах житлового призначення за рік та економічний ефект від впровадження удосконаленого засобу димо- та тепловидалення, виражений через матеріальні втрати (E_2), отримуємо очікуваний річний економічний ефект, який дорівнює 5 млрд 965 млн 500 тис. гривень.

Удосконалений засіб димо- та тепловидалення у порівнянні із неудосконаленим засобом димо- та тепловидалення дає можливість досягти економічного ефекту під час ліквідації наслідків пожежі: врятувати на 18 осіб більше та зменшити нанесення матеріального збитку від пожежі у розмірі 194 тис. гривень. Загальна сума економічного ефекту може досягти у разі використання удосконаленого засобу димо- та тепловидалення під час гасіння всіх пожеж України у будинках та спорудах упродовж одного року – 5 млрд 965 млн 500 тис. гривень.

4.4. Висновки за четвертим розділом

За результатами проведених аналітичних та експериментальних досліджень було розроблено Рекомендації щодо застосування переносних засобів димо- та тепловидалення, які вперше впроваджено у практичну діяльність Департаменту реагування на надзвичайні ситуації ДСНС та пожежно-рятувальних підрозділів України. Також під час експериментальних досліджень відпрацьовано можливі відстані до припливного отвору для виконання примусової конвекції із застосуванням тактичних прийомів переносних засобів димо- та тепловидалення під час гасіння пожеж у будинках та спорудах, які відображені в розроблених Рекомендаціях.

За результатами опрацювання інформації щодо наявності та застосовуваності пожежно-рятувальними підрозділами провідних країн світу переносних засобів димо- та тепловидалення, а також їх технічних вимог обґрунтовано технічні характеристики до таких засобів та удосконалено переносний засіб димо- та тепловидалення на який отримано патент на корисну модель.

Результати проведених досліджень впроваджено у практичну діяльність компанії ТОВ ПК «ПОЖМАШИНА», головним напрямом якої є проектування та розроблення пожежно-рятувальної техніки та пожежного обладнання для пожежно-рятувальних підрозділів ДСНС, а також науково-випробувального центру ІДУ НД ЦЗ у сфері проведення випробувань продукції протипожежного призначення і освітній процес Черкаського інституту пожежної безпеки ім. Героїв Чорнобиля НУЦЗ України під час вивчення дисциплін «Пожежна тактика».

Удосконалений засіб димо- та тепловидалення у порівнянні із існуючим засобом димо- та тепловидалення дає можливість досягти економічного ефекту під час ліквідації наслідків пожежі: врятувати на 18 осіб більше та зменшити нанесення матеріального збитку від пожежі у розмірі 194 тис. гривень. Загальна сума економічного ефекту може досягти у разі використання удосконаленого засобу димо- та тепловидалення під час гасіння всіх пожеж України у будинках та спорудах упродовж одного року – 5 млрд 965 млн 500 тис. гривень.

ВИСНОВКИ

У дисертаційній роботі, що є завершеним науковим дослідженням, наведено результати вирішення актуального науково-прикладного завдання, що полягає в розкритті залежності продуктивності переносних засобів димо- та тепловидалення від теплофізичних параметрів димогазових середовищ та відповідно особливостей конструкційних параметрів їх елементів із використанням розробленої регресивної математичної моделі, що є науковим підґрунтям для підвищення ефективності димо- та тепловидалення на пожежах за допомогою таких засобів. При цьому одержано такі науково-практичні результати:

1. Встановлено, що характеристики існуючих переносних засобів димо- та тепловидалення не задовольняють потребам пожежно-рятувальних підрозділів та потребують удосконалення для підвищення ефективності гасіння пожеж.

2. Обґрунтовано найбільш значущі параметри, які характеризують ефективність функціонування переносних засобів димо- та тепловидалення – це, насамперед, продуктивність його роботи, яка залежить, в тому числі від таких конструктивних параметрів його елементів, як кут нахилу та площа лопаті робочого колеса вентилятора.

3. Розроблено математичну модель для обґрунтування конструктивних параметрів елементів переносного засобу димо- та тепловидалення, які забезпечують максимальну продуктивність такого засобу.

4. Встановлено, що продуктивність Q ($m^3 \cdot год^{-1}$) досліджуваного переносного засобу димо- та тепловидалення від кута нахилу профілю лопаті β ($рад$) та площі поверхні робочого колеса вентилятора S (m^2) має вигляд двофакторної регресійної моделі:

$$Q(\beta, S) = -56,17 + 15930 \cdot \beta + 81830 \cdot S - 7840 \cdot \beta^2 - 203000 \cdot S^2 - 33040 \cdot \beta \cdot S;$$

5. Розроблено програму та методику проведення експериментальних досліджень залежності продуктивності від конструктивних параметрів елементів переносних засобів димо- та тепловидалення, проведено відповідні експерименти, у ході яких, зокрема, підтверджено адекватність розробленої моделі. При цьому відхилення між результатами математичного моделювання та результатами експериментальних досліджень склали 2 %.

6. Обґрунтовано конструкційні параметри елементів переносного засобу димо- та тепловидалення, які забезпечують максимальну продуктивність, а саме: кут нахилу лопаті вентилятора 0,71 рад, площа поверхні робочого колеса вентилятора 0,143 м².

7. Експериментальним шляхом виявлено і формалізовано у вигляді регресійної поліноміальної залежності зміни динаміки задимленості $\Theta(I)$ (В) та температури $\Theta(T)$ (°C) в часі τ (с) у разі використання удосконаленого переносного засобу димо- та тепловидалення, які мають вигляд: $\Theta(I)=0,337-0,0877\tau -0,00696 \tau^2-0,00014\tau^3$; $\Theta(T)=222,2+52,7\tau -2,6 \tau^2+0,028\tau^3$ При цьому встановлено, що за однакових умов проведення експериментальних досліджень щодо зниження концентрації диму/та величини температури за певний проміжок часу, у приміщенні з використанням удосконаленого переносного засобу димо- та тепловидалення в 2,2-2,85 рази ефективніше за існуючий засіб.

8. Виявлено залежності конструкційних особливостей лопатей вентилятора від теплофізичних параметрів газових середовищ пожежі дозволило збільшити продуктивність удосконаленого переносного засобу димо- та тепловидалення на 55 %.

9. Розроблено Рекомендації для підрозділів ДСНС щодо застосування переносних засобів димо- та тепловидалення під час гасіння пожеж.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Статут дій органів управління та підрозділів Оперативно-рятувальної служби цивільного захисту під час гасіння пожеж, затверджений наказом МВС України від 16 квітня 2018 року № 340.
2. Присяжнюк В.В., Сазонов В.П., Кухарішин С.Д., Міщенко В.П. Дослідження нового зразка пожежної каски. *Науковий вісник УкрНДІПБ*. К.: № 1(7), 2003. С.131–134.
3. Присяжнюк В.В., Міщенко В.П. Створення сучасної нормативної бази щодо розроблення та виготовлення захисного взуття пожежника. *Науковий вісник УкрНДІПБ*. К.: № 2(8), 2003. С.111–116.
4. Присяжнюк В.В., Чеповський О.В., Кухарішин С.Д. Дослідження з визначення номенклатури показників якості захисного взуття для пожежників-рятувальників, їх норми та методів випробувань. *Науковий вісник УкрНДІПБ*. К.: № 2(14), 2006. С.157–162.
5. Присяжнюк В.В., Обрізан В.А., Кухарішин С.Д. До питання виготовлення поліуретанової підошви із заданими характеристиками для захисного взуття пожежника-рятувальника. *Науковий вісник УкрНДІПБ*. К.: № 1(11), 2005. С.100–103.
6. Присяжнюк В.В. Дослідження з визначення номенклатури показників якості тепловідбивного захисного одягу для пожежників-рятувальників, їх норм та методів випробувань. *Науковий вісник УкрНДІПБ*. К.: № 1(15), 2007. С.86–90.
7. Настанова з організації газодимозахисної служби в підрозділах Оперативно-рятувальної служби цивільного захисту МНС України, затверджена наказ МНС України №1342 від 16.12.2011 року.
8. Перепечаев В. Д., Береза В. Ю. Газодымозащитная служба пожарной охраны. Чернигов : РИК «Деснянська правда», 2000. 468 с.
9. Грачев В. А., Поповский Д. В. Газодымозащитная служба : учебник / под общ. Ред. Д.т.н., профессора Е.А. Мешалкина. М.: Пожкнига, 2004. 384 с.
10. Ковалишин В. В., Луц В. І., Пархоменко Р. В. Основи підготовки газодимозахисника : навч. Посіб. Львів : ЛДУ БЖД, 2015. 379 с.

11. Повзик Я. С., Ключ П. П., Матвейкин А. М. Пожарная тактика. М. : Стройиздат, 2007. 144 с.
12. Кимстач И. Ф., Девлишев П. П., Евтюшкин Н. М. Пожарная тактика : учебн. Пособие для пожарно-техн. училищ и нач. Состава пожарной охраны. М. : Стройиздат, 1984. 590 с., С. 272
13. Правила безпеки праці в органах і підрозділах МНС України : Наказ МНС України № 312 від 07.05.2007 року.
14. Довідник керівника гасіння пожежі. – Київ: ТОВ «Літера-Друк», 2016, – 320 с.
15. Довідник пожежного-рятувальника. – Харків: НУЦЗУ, 2017, – 114 с.
16. Bengtsson L.-G., Enclosure fires, Swedish Rescue Services Agency, 2001.
17. Drysdale D., An introduction to fire dynamics. Second edition, John Wiley & Sons, England, 1999.
18. Fabian, T., et al., Firefighter Exposure to Smoke Particulates, Underwriters Laboratories, Inc., Northbrook, IL, 2010.
19. Garcia K., Kauffmann R., Shelble R., „Positive pressure attack for ventilation and firefighting”, Fire Engineering Books & Videos, United States of America, 2006.
20. Grimwood P., Fog Attack, FMJ International Publications, Ltd, UK, 1992.
21. Grimwood, P., Euro Firefighter: Global Firefighting Strategy and Tactics, Command and Control and Firefighter Safety, Jeremy Mills Publishing Ltd, 2008.
22. Grimwood, P., Hartin, E., McDonough, J., Raffel, S., 3D Firefighting: Training, Techniques and Tactics., Stillwater, OK: Fire Protection Publications, 2005.
23. Hartin E., Jakie szkolenie jest skuteczne, Przegląd Pożarniczy 7/2014, s. 24.
24. Karlsson B., Quintiere J. G., Enclosure fire dynamics, CRC Press LCC, 2000.
25. Kerber S., Z nauką na ulicę, Przegląd Pożarniczy 7/2014, s. 27.
26. Kerber S., Impact of Ventilation on Fire Behavior in Legacy and Contemporary Residential Construction, Underwriters Laboratories, Inc., Northbrook, IL, 2010.

27. Kerber S., Study of the effectiveness of fire service vertical ventilation and suppression tactics in single family homes, UL FSRI, 2013.

28. Kokot-Gora S., Obserwacje warte rozważenia, Przegląd Pożarniczy 7/2014, s. 6.

29. Kokot-Gora S., Poznaj swoje narzędzie pracy cz. 1, Przegląd Pożarniczy 8/2014, s. 16.

30. Kokot-Gora S., Poznaj swoje narzędzie pracy cz. 2, Przegląd Pożarniczy 9/2014, s. 32.

31. Kokot-Gora S., Praktycznie o CFBT, Przegląd Pożarniczy 7/2013, s. 34.

32. ДСТУ 2272:2006 Пожежна безпека. Терміни та визначення основних понять. – К.: Держспоживстандарт України, 2007. – 28 с.

33. ДСТУ 8828:2019 Пожежна безпека. Загальні положення. – К.: ДП «УкрНДНЦ», 2019. – 84 с.

34. Прогнозирование опасных факторов пожара в помещении : учеб. Пособие Ю. А. Кошмаров, С. В. Пузач, В. В. Андреев и др. – М. : Академия ГПС, 2012. – 126 с.

35. Костенко В.К., Костенко Т.В., Землянський О.М., Майборода А.О., Куценко С.В. Автоматизація індивідуального протитеплого захисту рятувальників у початковий період ліквідації пожежі. Восточно-Европейский журнал передовых технологий ISSN 1729-3774. – Харків, 2017, № 5/10 (39). Режим доступу: <https://media.neliti.com/media/publications/307316-automation-of-individual-anti-therma-3111713b.pdf>.

36. A.M. Stoll, L.C. Greene. – 1959 – 14. – P. 373-382.

37. King, A.R. The efficiency of rural firefighters, Melbourne/A.R. King. Commonwealth Scientific And Industrial Research Organization, Chemical Research Laboratories, Technical Paper No.4, 1966, 12.

38. Присяжнюк В.В., Полька Т.О., Крисько В.П. Аналіз методів оцінки матеріалів для захисного одягу пожежника щодо стійкості до дії теплового випромінювання. *Науковий вісник УкрНДНЦ*. К.: № 1(21), 2010. С.113–119.

39. Присяжнюк В.В., Осадчук М.В., Семічаєвський С.В. Обґрунтування показників якості і методу комплексного оцінювання захисного спорядження пожежника під час проведення натурних вогневих випробувань. *Вчені записки Таврійського національного університету імені В.І. Вернадського. Серія: Технічні науки*. К.: Том 33 № 72 (5), 2022. С. 343-347.

40. Норми табельної належності, витрат і термінів експлуатації пожежно-рятувального, технологічного і гаражного обладнання, інструменту, індивідуального озброєння та спорядження, ремонтно-експлуатаційних матеріалів підрозділів ДСНС України, затверджені наказом ДСНС № 358 від 29.05.2013.

41. Присяжнюк В.В., Антонов А.В., Кравчуновський В.П. Дослідження ефективності застосування дослідного зразка ручного пожежного диспергуючого ствола РСД-2. *Науковий вісник УкрНДІПБ*. К.: № 2(6), 2002. С.171–175.

42. Присяжнюк В.В., Семічаєвський С.В., Осадчук М.В., Куртов О.В., Мілютін О.В., Кривошей Б.І. Переносні засоби димо-та тепловидалення для підвищення ефективності гасіння пожеж підрозділами ОРС ЦЗ ДСНС України. *Науковий вісник НЛТУ України*. Л.: т. 28, № 6, 2018. - С. 113-116.

43. Присяжнюк В.В., Алімов Б.О., Куртов О.В., Осадчук М.В. Застосування переносних технічних засобів пожежогасіння для гасіння пожеж. *Теорія і практика гасіння пожеж та ліквідації надзвичайних ситуацій*: Матеріали VII Міжнародної науково-практичної конференції: Черкаси: АПБ ім. Героїв Чорнобиля НУЦЗ, 2017. С.85-86.

44. Присяжнюк В.В., Ніжник В.В., Савченко О.В. Аналіз сучасного стану застосування засобів димо- та тепловидалення пожежно-рятувальними підрозділами. *Вчені записки Таврійського національного університету імені В.І. Вернадського. Серія: Технічні науки*. К.: Том 34 (73) № 1, 2023. С. 342-348.

45. Присяжнюк В.В., Кривошей Б.И. Семичаевский С.В., Осадчук М.В., Милютин А.В. Переносные пожарные дымососы как средство повышения эффективности тушения пожара. *Сборник материалов международной научно-практической конференции: Национальная стратегия по снижению рисков ЧС в*

Республике Беларусь на 2019-2030 годы. Республика Беларусь г. Минск, 2019. С. 135-137.

46. Присяжнюк В.В., Мілютін О.В. Семичаєвський С.В., Куртов О.В., Осадчук М.В. Щодо тенденцій технічного розвитку переносних засобів димо- та тепловидалення. Сучасний стан цивільного захисту України та перспективи розвитку: Матеріали 20 Всеукраїнської науково-практична конференція, Київ. С. 372-375.

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

48. Штангерет Н.О. Підвищення ефективності ліквідування пожеж у підвальних приміщеннях комбінованим застосуванням димовсмоктувачів та струменів тонкорозпиленої води: дисертація канд. техн. наук: спец. 21.06.02 / Назар Олегович Штангерет; [наук. керівник Луц В.І.]; Львівський державний університет безпеки життєдіяльності ДСНС України. Львів, 2019. 180 с.

49. Пожежні автомобілі. Частина 1. /Попович В.В., Ренкас А.Г./– Львів: ЛДУ БЖД, 2011. – 100 с.

50. Присяжнюк В.В., Якіменко М.Л., Кухарішин С.Д. Аналіз сучасного стану парку пожежних і пожежно-рятувальних автомобілів в Україні та ефективності дій пожежно-рятувальних підрозділів. *Науковий вісник УкрНДІЦЗ*. К.: № 1 (27), 2013. С. 68-74.

51. Присяжнюк В.В., Якіменко М.Л., Кухарішин С.Д. До питання створення пожежних автомобілів в Україні. *Науковий вісник УкрНДІЦЗ*. К.: № 1 (27), 2013. С. 75-81.

52. Димовсмоктувачі [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://www.leader-group.eu/products/fire-fighting-equipment/ventilators-blower-fans-207.html>.

53. Дымосос с приводом от бензомотора [Електронний ресурс]. – Режим доступу:<http://chibisfiresystem.ru/dyimosos-s-privrdom-ot-benzomotora>.

54. EN 12101-3:2015 Smoke and heat control systems - Part 3: Specification for powered smoke and heat exhaust ventilators (Системи контролю над димом та теплом. Частина 3. Технічні вимоги до вентиляторів димо- та тепловидалення).

55. ДСТУ EN 12101-3 Системи протидимного захисту. Частина 3. Вентилятори димовидалення (EN 12101-3:2015, IDT).

56. ISO 5801:2017 Fans - Performance testing using standardized airways (Промислові вентилятори. Випробування з визначення технічних параметрів з використанням стандартних повітроводів).

57. ISO 13350:2015 Industrial fans - Performance testing of jet fans (промислові вентилятори. Експлуатаційні випробування струменевих вентиляторів).

58. Standard: AMCA 240 Laboratory methods of testing positive pressure ventilators for aerodynamic performance rating (лабораторні методи випробування нагнітальних вентиляторів для оцінки аеродинамічних характеристик).

59. Australian Standard AS 4391 -1999 MFS Fire Safety Guideline for Hot Smoke Tests (Рекомендації MFS щодо пожежної безпеки для випробувань гарячим димом).

60. ГОСТ ISO 5802-2012 Вентиляторы промышленные. Испытания в условиях эксплуатации.

61. Vladimir Tupov, Patrick Nilsson; Borje Nilsson, Guide vanes for axial fans. Patent USA, no. 5470200 A, 1995.

62. James G. Gill, Martin J. Becker, Dylan H. Hixon, Tomas S. Costan, Fan with adjustable guide vanes. Patent USA, no. 6394766 B1, 2002.

63. Kyungseok Cho, Seyoung Park, Guide blade of axial-flow fan shroud. Patent WO, no. 2005003569 A1, 2005.

64. Thierry Delerue, Michael Steen, Matthieu Bertauld, Fire-fight ventilator with ovalised air jet. Patent USA, no. 20180043193 A1, 2015.

65. Daniel G. Raczynski, Hand-portable fire fighting positive pressure blower. Patent USA, no. 5205711 A, 1993.

66. Wayne Criswell, Firefighter's fan, kit and method. Patent USA, no. 9441641 B1, 2016.

67. John J. Neils, James L. Neils, Fire fighting fan with three point support. Patent USA, no. 5503526 A, 1995.

68. Paul H Wiedorn, Turbine-powered high-expansion foam generator. Patent USA, no. 3500935 A, 1967.

69. Jurgen Bader, Leroy B. Coffman, Large scale positive pressure ventilation machine. Patent64 USA, no. 6336594 B1, 1990.

70. William L. Jackman, Ronald M. Ovniczek, Hand-portable fire fighting, positive pressure blower. Patent USA, no. 4906164 A, 1990.

71. Tarada, Fathi, Improved ventilation device for a tunnel. Patent ES, no. 2413329 T3, 2013.

72. Konz Lufttechnik, Fan unit. Patent DE, no. 202010008657 U1, 2010.

73. Li Wenbao, Filtering and washing-free smoke exhaust ventilator. Patent CN, no. 201852181 U, 2010.

74. Wang Zhixian, Liquid cooling smoke exhaust fan. Patent CN, no. 206419227 U, 2016.

75. Патент UA № 55428 А 62 С 35/00 Пристрій для осадження продуктів горіння, зниження температури та збільшення видимості в задимлених приміщеннях/ Ковалишин В.В., Луц В.І., Мельник П.І. (України).4с; Опубл. 10.12.2010, бюл. №23.

76. Луц В. І., Лазаренко О. В. Димовидалення на пожежі : навч. Посіб. Львів : ЛДУБЖД, 2017. 100 с. 1. Fire Service Academy (2020). Smoke propagation in residential buildings. The main report on the field experiments conducted in a residential building with internal corridors. Arnhem: IFV p. 249. Source: <https://www.europeanfiresafetyalliance.org/wp-content/uploads/2021/02/20200916-BA-Smokepropagation-in-residential-buildings.pdf>.

77. Тактическая вентиляция при пожаротушении [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://fireman.club/statyi-polzovateley/takticheskaya-ventilyaciya-pri-pozharotushenii-dymoudalenie/>.

78. Compartment Fires and Tactical Ventilation (Fire Service Manual) by Great Britain (1997). Режим доступу: <https://www.ukfrs.com/sites/default/files/2017-09/Fire%20Service%20.pdf>.

79. Paul Grimwood Tactical ventilation. Venting actions by on-scene firefighters, used to gain tactical advantage during interior structural firefighting operations. Режим доступу: <http://www.cfbt-be.com/images/teksten/TacticalVentilation.pdf>.

80. Szymon Kokot-Góra (2019) Wentylatory i wentylacja w straży pożarnej. Режим доступу: [https://www.drogaratownika.pl/materialy/wentylatory-i-wentylacja-w-straży-pożarnej-ramfan-skry/.](https://www.drogaratownika.pl/materialy/wentylatory-i-wentylacja-w-straży-pożarnej-ramfan-skry/)

81. Вентилятори і вентиляція у пожежній охороні / Шимон Кокот-Ґура; Переклад з пол. Володимира Дубасюка (схвалено для використання у системі службової підготовки рішенням апаратної наради ГУ ДСНС України у Львівській області від 11.08.2020) № 17. – Львів : «SUPRON1», 2020 – 72 с.

82. Рыжов А.М. Дифференциальный (полевой, CFD) метод моделирования пожаров //Моделирование пожаров и взрывов / Под общ. ред. Н.Н. Брушлинского и А.Я. Корольченко.– М.: Ассоциация «Пожнаука», 2000. – С. 25-88.

83. Jonathan Barnett, Vince Dowling FDS modelling of hot smoke testing, cinema and airport concourse, s 110.

84. Tuomisaari M. Smoke ventilation in operational fire fighting/ M. Tuomisaari. VTT Building Technology. Technical Research Center of Finland. ESPOO 1997.

85. Амосов В.В., Сало В.М., Свірень М.О. Математичне моделювання процесів і машин: навчальний посібник. – Кропивницький: Видавець Лисенко В.Ф., 2022 – 218 с.

86. Обод І.І., Свид І.В., Рубан І.В., Заволодько Г.Е. Математичне моделювання інформаційних систем: навчальний посібник. – Харків: Друкарня Мадрид., 2019 – 270 с.

87. Провести дослідження та розробити рекомендації щодо застосування переносних засобів димо- та тепловидалення для підвищення ефективності гасіння пожеж: звіт про НДР (заключний); кер. Присяжнюк В.В. Київ, 2019. 219 с.

88. Присяжнюк В.В., Ніжник В.В., Бенедюк В.С. Параметри засобів димота тепловидалення, що характеризують ефективність функціонування *Науковий вісник: Цивільний захист та пожежна безпека. ІДУ НД ЦЗ. К.: № 1 (15), 2023. С. 75-82.*
89. Брусиловский И.В. Аэродинамика осевых вентиляторов. - М.: Машиностроение, 1984. - 240 с.
90. Ушаков К.А., Брусиловский И.В., Бушель А.Р. Аэродинамика осевых вентиляторов и элементы их конструкций. - М.: Государственное научнотехническое издательство литературы по горному делу, 1960. - 422 с.
91. Брусиловский И.В. Аэродинамический расчет осевых вентиляторов. - М.: Машиностроение, 1986. - 284 с.
92. Брусиловский И.В. Определение предельных расчетных параметров осевых вентиляторов. Промышленная аэродинамика. 1975. № 32. С. 123 - 146.
93. Михайлов А.К. «Лопастные насосы. Теория, расчёт, конструирование». М.: Машиностроение, 1977, 436 с.
94. Черкасский В.М. «Насосы, вентиляторы, компрессоры». Москва, Энергоатомиздат, 1984, 348 с.
95. Бак О.И. «Проектирование и расчёт вентиляторов». Москва, Госгортехиздат, 1961, 456 с.
96. Брусиловский И.В. Выбор густоты решетки профилей и угла атаки в осевых вентиляторах. Промышленная аэродинамика, выпуск № 32. М.: Машиностроение, 1975. С. 93-116.
97. Шевчук С.П., Попович О.М., Світлицький В.М. Насосні, вентиляторні та пневматичні установки: підручник. – К.: НТУУ «КПІ», 2010. – 308 с.
98. Холоменюк М.В. Насосні та вентиляторні установки: навч. посібник. – Дніпропетровськ: Національний гірничий університет, 2004. – 330 с.
99. Идельчик И.Е. «Справочник по гидравлическим сопротивлениям». Москва, Машиностроение, 1975, 215 с.
100. Богословский В.Н. «Вентиляция и кондиционирование воздуха». Справочник проектировщика. М.: Стройиздат 1978, 253 с.

101. Шерстюк А.Н. «Насосы, вентиляторы, компрессоры». М.: Высшая школа, 1972, 342 с.

102. Azimian A.R., Elder R.L., McKenzie A.B. Application of Recess Vaned Casing Treatment to Axial Flow Fans // Journal of Turbomachinery, 1990, vol. 112, no. 1, pp. 145 - 150.

103. Присяжнюк В.В., Ніжник В.В. Обґрунтування сценаріїв проведення експериментальних досліджень засобів димо- та тепловидалення. «Теорія і практика гасіння пожеж та ліквідацій надзвичайних ситуацій»: Матеріали XIV Міжнародної науково-практичної конференції. Черкаси: ЧПБ ім. Героїв Чорнобиля НУЦЗ, 2023. С. 104-106.

104. Присяжнюк В.В., Ніжник В.В. Обґрунтування параметрів засобів димо- та тепловидалення, які характеризують ефективність його функціонування. «Проблеми та перспективи розвитку системи безпеки життєдіяльності»: Матеріали XVIII Міжнародної науково-практичної конференції молодих вчених, курсантів та студентів. Львів: ЛДУБЖД, 2023.

105. Присяжнюк В.В., Кодрик А.І., Тітенко О.М., Семичаєвський С.В. Визначення характеристик та параметрів димососа в умовах самостійної та спільної роботи з іншими пристроями на основі математичної моделі. *Науковий вісник: Цивільний захист та пожежна безпека*. К.: № 2 (6), 2018. С. 10-17.

106. Присяжнюк В.В., Ніжник В.В., Михайлов В.М., Тітенко О.М. Математичне моделювання технічних параметрів засобів димо- та тепловидалення. «Наукові відкриття та фундаментальні наукові дослідження: Світовий досвід»: Матеріали II Міжнародної наукової конференції. Вінниця: 2023. С. 96-102.

107. Prysiazhniuk V., Nizhnyk V., Borysov A. [etc.] Study of the dependence of productivity of smoke and heat extraction equipment on their technical characteristic. AD ALTA: Journal Of Interdisciplinary Research. 2023. Vol. 13, Issue 2, Special Issue XXXV. Pp. 222-226.

108. Тихомиров В.Б. Математические методы планирования эксперимента при изучении нетканых материалов. М.: Легкая индустрия, 1968. 262 с.
109. Бондарь А.Г., Статюха Г.А. Планирование эксперимента в химической технологии. К.: Вища школа, 1976. 184 с.
110. Vox G.E.P., Wilson K.B. On the Experimental Attainment of Optimum Conditions. *Journal of the Royal Statistical Society*. 1951. № 1. P. 1–45.
111. Присяжнюк В.В., Шеверев Є.Ю., Згуря В.І., Башинський І.С., Міщенко С.А. Підвищення якості наукових досліджень і випробувань у сфері пожежної безпеки шляхом застосування прикладної комп'ютерної програми “EZ Data Logger”. *Науковий вісник УкрНДІПБ*. К.: № 2(20), 2009. С.228–234.
112. Большев Л.Н. Таблицы математической статистики. / Л.Н. Большев, Н.В. Смирнов. М., «Наука», 1965, 405 с.
113. Гуліда Е.М. Прогнозування величини оптичної густини диму при пожежі в приміщенні. Пожежна безпека. Збірник наукових праць. Львів: № 18, 2011. – С. 65-70.
114. Луц В.І. Підвищення ефективності застосування переносних пожежних димовсмоктувачів. Пожежна безпека. Збірник наукових праць. Львів: № 28, 2016. С. 88-94.
115. Штангерет Н.О. Підвищення ефективності ліквідування пожеж у підвальних приміщеннях комбінованим застосуванням димовсмоктувачів та струменів тонкорозпиленої води: дисертація канд. техн. наук: спец. 21.06.02. Львів, 2019. 180 с.
116. Гуліда Е.М. Вплив різних видів пожежного навантаження на димовиділення та на пониження концентрації кисню при пожежі в закритому приміщенні. / Е.М. Гуліда. // Пожежна безпека № 24, 2014. – С. 65-73.
117. Кошмаров Ю.А. Прогнозирование опасных факторов пожара в помещении. / Ю.А. Кошмаров. – М.: Академия ГПС МВД России, 2000. – 118 с.

118. Провести дослідження та розробити експериментальні зразки пожежного устаткування з функцією світлового орієнтування: звіт про НДР (заключний); кер. Скоробагатько Т.М. Київ, 2017. 362 с.

119. Присяжнюк В.В., Семичаєвський С.В., Осадчук М.В., Куртов О.В., Мілютін О.В., Виноградов С.А. Про розроблення методики експериментальних досліджень функціонального макету переносного засобу димо-та тепловидалення. *Науково-технічний збірник: Комунальне господарство міст. Серія: технічні науки та архітектура*. Харків: т. 7, вип. 146, 2018. С. 157-162.

120. Присяжнюк В.В., Мілютін О.В., Семичаєвський С.В., Якіменко М.Л., Осадчук М.В., Куртов О.В. Експериментальні методи оцінювання ефективності застосування переносних засобів димо- та тепловидалення. *Науковий вісник: Цивільний захист та пожежна безпека*. К.: № 2 (8), 2019. С. 22-28.

121. Огурцов С., Дунюшкін В., Бенедюк В., Тимошенко О., Стилик І. Провести дослідження і розробити методики проведення вогневих випробувань для систем пожежогасіння тонкорозпиленими вогнегасними речовинами: Звіт про НДР / УкрНДЦЗ. – К. – 2014.

122. Луц В. І., Лазаренко О. В. Димовидалення на пожежі : навч. Посіб. Львів : ЛДУБЖД, 2017. 100 с.

123. Присяжнюк В.В., Мілютін О.В., Семичаєвський С.В., Якіменко М.Л., Осадчук М.В., Куртов О.В. Експериментальні дослідження функціонального макету переносного засобу димо- та тепловидалення з визначення коефіцієнту зменшення задимленості. *Надзвичайні ситуації: безпека та захист*: Матеріали ХІХ Всеукраїнської науково-практичної конференції з міжнародною участю. Черкаси: АПБ ім. Героїв Чорнобиля НУЦЗУ, 2019. С.194-196.

124. Методичні рекомендації щодо розрахунку похибки та невизначеності результатів вимірювань за методами випробувань, що впроваджені в УкрНДПБ МНС України, затверджені 08.11.2005 р.

125. Інструкція з проведення міжлабораторних порівняльних випробувань у сфері пожежної безпеки. УкрНЦЗ. Київ. 2007. (Граббс, Кохрен, Фішер, Стьюденд).

126. Присяжнюк В.В., Мілютін О.В., Семічаєвський С.В., Якіменко М.Л., Осадчук М.В., Куртов О.В. Рекомендації щодо застосування переносних засобів димо- та тепловидалення. *Науково-технічний збірник: Комунальне господарство міст. Серія: технічні науки та архітектура*. Харків: т. 5, вип. 151, 2019. С. 118-122.

127. Присяжнюк В.В., Мілютін О.В. Семічаєвський С.В., Осадчук М.В. Про розроблення рекомендацій із застосування переносних засобів димо- та тепловидалення. *Теорія і практика гасіння пожеж та ліквідації надзвичайних ситуацій*. Матеріали ІХ Міжнародної науково-практичної конференції. Черкаси, АПБ ім. Героїв Чорнобиля НУЦЗУ, 2018. С. 118-120.

128. Присяжнюк В.В., Мілютін О.В. Семічаєвський С.В., Куртов О.В., Осадчук М.В. Про розроблення рекомендацій щодо застосування переносних засобів димо- та тепловидалення. *Теорія і практика гасіння пожеж та ліквідації надзвичайних ситуацій: Матеріали Х Міжнародної науково-практичної конференції*. Черкаси: АПБ ім. Героїв Чорнобиля НУЦЗ, 2019. С.65-66.

129. Присяжнюк В.В., Мілютін О.В. Семічаєвський С.В., Якіменко М.Л., Осадчук М.В., Куртов О.В. Рекомендації щодо застосування переносних засобів димо- та тепловидалення. *Розвиток цивільного захисту в сучасних безпекових умовах: Матеріали 21 Всеукраїнської науково-практичної конференції з міжнародною участю*. Київ: ІДУЦЗ, 2019. С. 228-331.

130. Присяжнюк В.В., Жихарев О.П., Крикун О.М. Удосконалення нормативної бази щодо організації діяльності оперативно-рятувальної служби цивільного захисту державної служби України з надзвичайних ситуацій. Всеукраїнська науково-практична конференція «Об'єднання теорії та практики – запорука підвищення боєздатності Оперативно-рятувальних підрозділів». Харків: НУЦЗ України, 2013. С. 107-109.

131. Енциклопедичний словник з пожежної безпеки / [Присяжнюк В.В., Євдін О.М., Бедратюк О.І, Білку Д.Г., Білошицький М.В., Довгошеєва Н.М., Дунюшкін В.О., Жихарев О.П., Єрмаков М.В., Іллюченко П.О., Климась Р.В., Коваленко В.В., Кравченко Р.І., Кухарішин С.Д., Ніжник В.В., Нефедченко Л.М.,

Новак С.В., Огурцов С.Ю., Папуша Р.Г., Помазанова Т.І., Свиридов В.А., Сізіков О.О., Скоробагатько Т.М., Соколенко О.І., Уханський Р.В., Якіменко О.П.]. – Київ: ТОВ «Літера-друк», 2016, – 372 с.

132. Присяжнюк В.В., Борис О.П., Семічаєвський С.В., Якіменко М.Л., Куртов О.В. Патент на корисну модель Переносний засіб димо- та тепловидалення. № 142725, 2020.

133. Присяжнюк В.В., Мілютін О.В., Семічаєвський С.В., Якіменко М.Л., Осадчук М.В., Куртов О.В. Щодо обґрунтування технічних вимог до переносних засобів димо- та тепловидалення Комунальне господарство міст. *Науково-технічний збірник: Комунальне господарство міст. Серія: технічні науки та архітектура*. Харків: т. 5, вип. 151, 2019. С. 113-117.

134. Присяжнюк В.В., Семічаєвський С.В. Кодрик А.І., Тітенко О.М. Розрахунок технічних параметрів переносних засобів димо- та тепловидалення. Матеріали 20 Всеукраїнської науково-практичної конференції «Сучасний стан цивільного захисту України та перспективи розвитку». Київ: Міжнародна спеціалізована виставка «Технологіїзахисту/ПожТех – 2018», 2018. С. 372-375.

135. Конституція України, прийнята на п'ятій сесії Верховної Ради України 28 червня 1996 р. (Відомості Верховної Ради України (ВВР), 1996 р., № 30, ст. 141).

136. Кодекс цивільного захисту України від 02 жовтня 2012 р. № 5403-VI (Відомості Верховної Ради України (ВВР), 2013 р., № 34-35, ст. 458).

137. Постанова Кабінету Міністрів України від 16 грудня 2015 р. № 1052 «Про затвердження Положення про Державну службу України з надзвичайних ситуацій» (Офіційний вісник України, 2015 р., № 102, ст. 3514).

138. Провести дослідження існуючої системи реагування на небезпечні події на основі даних статистики пожеж: звіт про НДР (заключний); кер. Климась Р.В. Київ, 2018. 618 с.

139. Аналітична довідка про пожежі та їх наслідки в Україні за 12 місяців 2018 року [Електронний ресурс]. Режим доступу:

<https://idundcz.dsns.gov.ua/upload/1/6/0/8/6/7/7/analychna-dovidka-pro-pojeji-122018.pdf>.

140. Аналітична довідка про пожежі та їх наслідки в Україні за 12 місяців 2019 року [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://idundcz.dsns.gov.ua/upload/1/6/0/8/6/7/7/analychna-dovidka-pro-pojeji-122019.pdf>.

141. Аналітична довідка про пожежі та їх наслідки в Україні за 12 місяців 2020 року. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://idundcz.dsns.gov.ua/upload/5/3/8/5/8/7/2020-nauka-statystyka-analychna-dovidka-pro-pojeji-122020.pdf>.

142. Аналітична довідка про пожежі та їх наслідки в Україні за 12 місяців 2021 року. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://idundcz.dsns.gov.ua/upload/5/3/8/5/7/5/2021-ctatuctuka-analychna-dovidka-pro-pojeji-122021.pdf>.

143. Аналітична довідка про пожежі та їх наслідки в Україні за 12 місяців 2022 року. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://idundcz.dsns.gov.ua/upload/1/6/0/8/6/7/7/analychna-dovidka-pro-pojeji-122022.pdf>.

144. Prisyazhnuk V., Nizhnyk V., Zhartovskyi S., Neseniuk L. On the question of the economic effect during the implementation of an improved portable smoke and heat extraction equipment. *The scientific heritage*. Budapest, Hungary, 2023. No. 117 (117). Pp. 59-63.

ДОДАТКИ

Додаток А. Список публікацій здобувача за темою дисертації

Статті, що індексуються в міжнародних наукометричних базах (МНБ):

1. **Prysiashniuk V.**, Nizhnyk V., Borysov A. [etc.] Study of the dependence of productivity of smoke and heat extraction equipment on their technical characteristic. AD ALTA: Journal Of Interdisciplinary Research. 2023. Vol. 13, Issue 2, Special Issue XXXV. Pp. 222-226. *Видання включено до МНБ – Web of Science - Emerging Sources Citation Index (ESCI), The European Reference Index for the Humanities and the Social Sciences (ERIH PLUS), Cross Ref, EBSCO, Index Copernicus.*

2. **Prisyazhnuk V.**, Nizhnyk V., Zhartovskyi S., Nesenjuk L. On the question of the economic effect during the implementation of an improved portable smoke and heat extraction equipment. *The scientific heritage*. Budapest, Hungary, 2023. No № 117 (117). Pp. 59-63. *Видання включено до МНБ – Index Copernicus, Google Scholar, Scientific Indexing Service.*

Статті у наукових фахових виданнях України:

3. Антонов А.В., **Присяжнюк В.В.**, Кравчуновський В.П. Дослідження ефективності застосування дослідного зразка ручного пожежного диспергуючого ствола РСД-2. *Науковий вісник УкрНДІПБ*. К., 2002. № 2(6). С.171–174.

4. Шеверєв Є.Ю., Згуря В.І., **Присяжнюк В.В.**, Башинський І.С., Міщенко С.А. Підвищення якості наукових досліджень і випробувань у сфері пожежної безпеки шляхом застосування прикладної комп'ютерної програми “EZ Data Logger”. *Науковий вісник УкрНДІПБ*. К., 2009. № 2(20). С.228–234.

5. **Присяжнюк В.В.**, Якіменко М.Л., Кухарішин С.Д. Аналіз сучасного стану парку пожежних і пожежно-рятувальних автомобілів в Україні та ефективності дій пожежно-рятувальних підрозділів. *Науковий вісник УкрНДІЦЗ*. К., 2013. № 1 (27). С. 68-74.

6. Кодрик А.І., Тітенко О.М., **Присяжнюк В.В.**, Семичаєвський С.В. Визначення характеристик та параметрів димососа в умовах самотійної та спільної роботи з іншими пристроями на основі математичної моделі. *Науковий вісник: Цивільний захист та пожежна безпека*. К., 2018. № 2 (6). С. 10-17.

7. Ніжник В.В., **Присяжнюк В.В.**, Бенедюк В.С. Параметри засобів димо- та тепловидалення, що характеризують ефективність функціонування. *Науковий вісник: Цивільний захист та пожежна безпека*. ІДУ НД ЦЗ. К., 2023. № 1 (15). С. 75-82.

8. **Присяжнюк В.В.**, Семичаєвський С.В., Осадчук М.В., Куртов О.В., Мілютін О.В., Виноградов С.А. Про розроблення методики експериментальних досліджень функціонального макету переносного засобу димо-та тепловидалення. *Науково-технічний збірник: Комунальне господарство міст. Серія: технічні науки та архітектура*. Харків, 2018. Т. 7, вип. 146. С. 157-162.

9. **Присяжнюк В.В.**, Мілютін О.В., Семічаєвський С.В., Якіменко М.Л., Осадчук М.В., Куртов О.В. Експериментальні методи оцінювання ефективності застосування переносних засобів димо- та тепловидалення. *Науковий вісник: Цивільний захист та пожежна безпека*. К., 2019. № 2 (8). С. 22-28.

10. **Присяжнюк В.В.**, Мілютін О.В., Семічаєвський С.В., Якіменко М.Л., Осадчук М.В., Куртов О.В. Щодо обґрунтування технічних вимог до переносних засобів димо- та тепловидалення Комунальне господарство міст. *Науково-технічний збірник: Комунальне господарство міст. Серія: технічні науки та архітектура*. Харків, 2019. Т. 5, вип. 151. С. 113-117.

11. **Присяжнюк В.В.**, Мілютін О.В., Семічаєвський С.В., Якіменко М.Л., Осадчук М.В., Куртов О.В. Рекомендації щодо застосування переносних засобів димо- та тепловидалення. *Науково-технічний збірник: Комунальне господарство міст. Серія: технічні науки та архітектура*. Харків, 2019. Т. 5, вип. 151. С. 118-122.

Інші публікації

12. Ніжник В.В., **Присяжнюк В.В.**, Савченко О.В. Аналіз сучасного стану застосування засобів димо- та тепловидалення пожежно-рятувальними підрозділами. *Вчені записки Таврійського національного університету імені В.І. Вернадського. Серія: Технічні науки*. К., 2023. Том 34 (73) № 1. С. 342-348.

13. **Присяжнюк В.В.**, Семичаєвський С.В., Осадчук М.В., Куртов О.В., Мілютін О.В., Кривошей Б.І. Переносні засоби димо-та тепловидалення для підвищення ефективності гасіння пожеж підрозділами ОРС ЦЗ ДСНС України. *Науковий вісник НЛТУ України*. Львів, 2018. Т. 28, № 6. С. 113-116.

Патент на корисну модель

14. Пат. 142725 Україна, МПК (2020.01), А62В 3/00. Переносний засіб димо- та тепловидалення/ Борис О.П., **Присяжнюк В.В.**, Семичаєвський С.В., Якіменко М.Л., Куртов О.В., заявник та патентовласник Український науково-дослідний інститут цивільного захисту. - № у 2019 12011, заяв. 18.12.2019; опубл. 25.06.2020, бюл. № 12.

Наукові праці, що засвідчують апробацію матеріалів дисертації:

15. **Присяжнюк В.В.**, Семичаєвський С.В., Кодрик А.І., Тітенко О.М. Розрахунок технічних параметрів переносних засобів димо- та тепловидалення. «Сучасний стан цивільного захисту та перспективи розвитку»: Тези доповідей 20-ї Всеукраїнської науково-практичної конференції під час проведення XVII Міжнародного виставкового форуму «Технології захисту/ПожТех – 2018»: Київ: ІДУЦЗ, 2018. С. 372-375.

16. **Присяжнюк В.В.**, Мілютін О.В., Семичаєвський С.В., Куртов О.В., Осадчук М.В. Про розроблення рекомендацій щодо застосування переносних засобів димо- та тепловидалення. «Теорія і практика гасіння пожеж та ліквідації надзвичайних ситуацій»: Матеріали X Міжнародної науково-практичної конференції. Черкаси: ЧПБ ім. Героїв Чорнобиля НУЦЗУ 2019, С.65-66.

17. **Присяжнюк В.В.**, Мілютін О.В. Семичаєвський С.В., Якіменко М.Л., Осадчук М.В., Куртов О.В. Рекомендації щодо застосування переносних засобів димо- та тепловидалення. *«Розвиток цивільного захисту в сучасних безпекових умовах»*: Тези доповідей 21-ої Всеукраїнської науково-практичної конференції з міжнародною участю під час проведення XVIII Міжнародної спеціалізованої виставки «Технології захисту/ПожТех – 2019». Київ, 2019. С. 224-227.

18. **Присяжнюк В.В.**, Мілютін О.В. Семичаєвський С.В., Якіменко М.Л., Осадчук М.В., Куртов О.В. Експериментальні дослідження функціонального макету переносного засобу димо- та тепловидалення з визначення коефіцієнту зменшення задимленості. *«Надзвичайні ситуації: безпека та захист»*: Матеріали ІХ Всеукраїнської науково-практичної конференції з міжнародною участю. Черкаси: ЧПБ ім. Героїв Чорнобиля НУЦЗУ, 2019. С. 194-196.

19. **Присяжнюк В.В.**, Ніжник В.В. Обґрунтування сценаріїв проведення експериментальних досліджень засобів димо- та тепловидалення. *«Теорія і практика гасіння пожеж та ліквідації надзвичайних ситуацій»*: Матеріали XIV Міжнародної науково-практичної конференції. Черкаси: ЧПБ ім. Героїв Чорнобиля НУЦЗ, 2023. С. 104-106.

20. **Присяжнюк В.В.**, Ніжник В.В., Михайлов В.М., Тітенко О.М. Математичне моделювання технічних параметрів засобів димо- та тепловидалення. *«Наукові відкриття та фундаментальні наукові дослідження: Світовий досвід»*: Матеріали II Міжнародної наукової конференції. Вінниця: 2023. С. 96-102.

Додаток Б. Відомості про апробацію результатів дисертації

1. 20 Всеукраїнська науково-практична конференція «Сучасний стан цивільного захисту та перспективи розвитку»

м. Київ: XVII Міжнародний виставковий форум «Технології захисту/ПожТех – 2018», 09-10 жовтня 2018 р., форма участі – очна.

2. X Міжнародна науково-практична конференція з міжнародною участю. «Теорія і практика гасіння пожеж та ліквідації надзвичайних ситуацій»

м. Черкаси: Черкаський інститут пожежної безпеки ім. Героїв Чорнобиля Національного університету цивільного захисту України, 11-12 квітня 2019 р., форма участі – очна.

3. 21 Всеукраїнська науково-практична конференції з міжнародною участю «Розвиток цивільного захисту в сучасних безпекових умовах»:

м. Київ, XVIII Міжнародна спеціалізована виставка «Технології захисту/ПожТех – 2019», 8-9 жовтня 2019 р., форма участі – очна.

4. IX Всеукраїнська науково-практична конференція з міжнародною участю «Надзвичайні ситуації: безпека та захист»

м. Черкаси: Черкаський інститут пожежної безпеки ім. Героїв Чорнобиля Національного університету цивільного захисту України, 24-25 жовтня 2019 р., форма участі – очна.

5. XIV Міжнародна науково-практична конференції

м. Черкаси: Черкаський інститут пожежної безпеки ім. Героїв Чорнобиля Національного університету цивільного захисту України, 27 квітня 2023 р., форма участі – очна.

6. II Міжнародна наукова конференція

м. Вінниця: *«Наукові відкриття та фундаментальні наукові дослідження: Світовий досвід»*, 5 травня 2023 р. – заочна.

Додаток В. Акти впровадження результатів дисертації

ЗАТВЕРДЖУЮ

Начальник Інституту державного управління та наукових досліджень з цивільного захисту,
д-р наук з держ. упр., професор



Петро ВОЛЯНСЬКИЙ

2023 року

АКТ

впровадження результатів дисертаційної роботи
Присяжнюка Віталія В'ячеславовича за темою:
«Підвищення ефективності гасіння пожеж з використанням переносного засобу димо- та тепловидалення»

Складено комісією:

голова комісії: начальник науково-випробувального центру ІДУ НД ЦЗ,
канд. техн. наук, ст. досл. ДОБРОСТАН Олександр Васильович;

члени комісії:

головний науковий співробітник науково-випробувального центру ІДУ НД ЦЗ,
д-р техн. наук, ст. наук. співроб. ЖАРТОВСЬКИЙ Сергій Володимирович;

провідний науковий співробітник відділу пожежогасіння та ліквідації надзвичайних ситуацій науково-випробувального центру ІДУ НД ЦЗ,
канд. техн. наук КОДРИК Анатолій Іванович.

Комісія перевірила та цим Актом засвідчує, що результати дисертаційної роботи ПРИСЯЖНЮКА Віталія В'ячеславовича за темою: «Підвищення ефективності гасіння пожеж з використанням переносного засобу димо- та тепловидалення» впроваджено у випробувальну діяльність науково-випробувального центру Інституту державного управління та наукових досліджень з цивільного захисту шляхом застосування розробленої методичної й експериментальної бази методів оцінки зниження температури та диму під час застосування переносних засобів димо- та тепловидалення в умовах пожежі, а також створення дослідного зразка удосконаленого переносного засобу димо- та тепловидалення.

Акт складено для надання в спеціалізовану вчену раду у зв'язку із захистом дисертації на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук.

Голова комісії:

канд. техн. наук, ст. досл.

Олександр ДОБРОСТАН

Члени комісії:

д-р техн. наук, ст. наук. співроб.

Сергій ЖАРТОВСЬКИЙ

канд. техн. наук

Анатолій КОДРИК

ЗАТВЕРДЖУЮ

Заступник директора з розвитку
ТОВ ПК «ПОЖМАШИНА»

Андрій ІЛЛЯШЕНКО



01 2023 року

АКТ

впровадження результатів дисертаційної роботи

Присяжнюка Віталія В'ячеславовича за темою:

«Підвищення ефективності гасіння пожеж з використанням
переносного засобу димо- та тепловидалення»

Комісія у складі: голови комісії – Ілляшенка Андрія Олександровича та членів комісії – Неживенка Ігора Васильовича та Сиваша Костянтина Сергійовича склала цей акт про те, що результати дисертаційної роботи ПРИСЯЖНЮКА Віталія В'ячеславовича за темою: «Підвищення ефективності гасіння пожеж з використанням переносного засобу димо- та тепловидалення» впроваджено у практичну діяльність компанії ТОВ ПК «ПОЖМАШИНА» під час проектування та виготовлення сучасних пожежних насосів, а також оснащення пожежно-рятувальної техніки переносними засобами димо- та тепловидалення із обґрунтованими технічними характеристиками, які виготовляються для пожежно-рятувальних підрозділів ДСНС України.

Голова комісії:

Андрій Ілляшенко

Члени комісії:

Ігор Неживенко

Костянтин Сиваш

ЗАТВЕРДЖУЮ
Директор Департаменту
реагування на надзвичайні
ситуації ДСНС

 Михайло ГРИБ
«24» 02 2023 року

АКТ

впровадження результатів дисертаційної роботи
Присяжнюка Віталія В'ячеславовича за темою:
«Підвищення ефективності гасіння пожеж з використанням
переносного засобу димо- та тепловидалення»

Цей акт засвідчує, що результати дисертаційної роботи Присяжнюка В.В. за темою: «Підвищення ефективності гасіння пожеж з використанням переносного засобу димо- та тепловидалення» впроваджено шляхом розроблення Рекомендацій щодо застосування практичними підрозділами ДСНС України переносних засобів димо- та тепловидалення, які погоджені листом Департаменту реагування на надзвичайні ситуації ДСНС від 20.08.2019 № 17-754/172 та надіслані листом від 18.10.2019 № 93/17-1437 до територіальних підрозділів ДСНС України в областях та м. Києві для застосування у практичній діяльності.

Впровадження результатів дисертаційної роботи забезпечує актуальність виконаної роботи та дозволяє підвищити якість проведення пожежно-рятувальних робіт під час гасіння пожеж у будинках та спорудах різного призначення шляхом проведення в них тактичної вентиляції, а також забезпечити ефективне зниження температури та осадження продуктів горіння. Такі тактичні прийоми із застосуванням переносних засобів димо- та тепловидалення сприятимуть покращенню роботи ланок газодимозахисної служби та зменшать час рятування людей та гасіння пожеж.

Заступник начальника управління –
начальник відділу організації
пожежно-рятувальних робіт управління
організації пожежно-рятувальних робіт,
служби та підготовки підрозділів
ОРС ЦЗ Департаменту реагування
на надзвичайні ситуації ДСНС

 Владислав КОВГАН

«24» 02 2023 року

ЗАТВЕРДЖУЮ

Начальник Черкаського інституту
пожежної безпеки імені Героїв
Чорнобиля Національного університету
цивільного захисту України,
кандидат технічних наук, професор,
генерал-майор служби цивільного захисту



Віктор ГВОЗДЬ

«27» 04 2023 року

АКТ

про впровадження результатів дисертаційної роботи
ПРИСЯЖНЮКА Віталія В'ячеславовича на тему «Підвищення ефективності
гасіння пожеж з використанням переносного засобу димо- та тепловидалення»

Розробник Віталій ПРИСЯЖНЮК, з однієї сторони, начальник кафедри пожежної тактики та аварійно-рятувальних робіт, кандидат педагогічних наук, доцент Віктор ПОКАЛЮК та начальник кафедри техніки та засобів цивільного захисту, кандидат технічних наук, доцент Артем БИЧЕНКО з іншої сторони, склали цей акт про те, що результат дисертаційної роботи на тему «Підвищення ефективності гасіння пожеж з використанням переносного засобу димо- та тепловидалення» мають теоретичне та практичне значення для освітнього процесу.

У дисертаційній роботі удосконалено продуктивність переносного засобу димо- та тепловидалення за рахунок зміни параметрів кута нахилу лопаті та площі поверхні робочого колеса вентилятора. Це дає змогу пожежно-рятувальним підрозділам ефективно виконувати роботи з локалізації пожеж шляхом зменшення часу проведення тактичної вентиляції.

З метою підвищення ефективності підготовки фахівців для ДСНС України результати дисертаційної роботи впроваджено в освітній процес за освітньо-професійною програмою «Пожежна безпека» першого (бакалаврського) рівня вищої освіти галузі знань 26 «Цивільна безпека» спеціальності 261 «Пожежна безпека» та 263 «Цивільна безпека» під час вивчення дисциплін «Пожежна тактика», «Ліквідація наслідків надзвичайних ситуацій та гасіння пожеж»

(протокол засідання кафедри № 9 від «27» 04 2023 року) та «Протипожежна та аварійно-рятувальна техніка» (протокол засідання кафедри № 10 від «11» 04 2023 року). Впровадження результатів дисертаційної роботи забезпечує актуальний характер навчання та високий науково-методичний рівень викладання дисципліни, дозволяє підвищити якість проведення занять для здобувачів вищої освіти з питань, що стосуються ефективного застосування переносних засобів димо- та тепловидалення під час проведення тактичної вентиляції у будинках та спорудах різного призначення.

Начальник кафедри пожежної тактики
та аварійно-рятувальних робіт
кандидат педагогічних наук, доцент



Віктор ПОКАЛЮК

Начальник кафедри техніки та
засобів цивільного захисту,
кандидат технічних наук, доцент



Артем БИЧЕНКО

Розробник




Віталій ПРИСЯЖНЮК

Додаток Г. Протоколи експериментальних досліджень засобу димо- та тепловидалення



**УКРАЇНСЬКИЙ НАУКОВО-ДОСЛІДНИЙ ІНСТИТУТ
ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ**

ЗАТВЕРДЖУЮ
Начальник науково-
випробувального центру
УкрНДІЦЗ

 Т.М. Скоробагатько

« 28 » травня 2019 року

ПРОТОКОЛ

експериментальних досліджень функціонального макету переносного засобу
димо- та тепловидалення (пожежного димовсмоктувача нагнітального типу)
з визначення коефіцієнту зниження температури

Київ-2019

Дата проведення досліджень:
23.05.2019

Умови у приміщенні:
температура повітря ($18\pm 0,5$)°C
атмосферний тиск (743 ± 1) мм рт. ст.
відносна вологість повітря (60 ± 3)%

Підстава для проведення досліджень: технічне завдання на НДР «Провести дослідження та розробити рекомендації щодо застосування переносних засобів димо- та тепловидалення для підвищення ефективності гасіння пожеж» («Засоби димо- та тепловидалення»), Методика експериментальних досліджень функціонального макету переносного засобу димо- та тепловидалення (пожежного димовсмоктувача нагнітального типу).

Місце проведення досліджень: випробувальний бокс ВБ-285 на пожежно-випробувальному полігоні УкрНДЦЗ.

Зразки, що досліджувались: функціональний макет переносного засобу димо- та тепловидалення, загальний вигляд якого наведено на рисунку 1.



Рисунок 1 - Загальний вигляд функціонального макету переносного засобу димо- та тепловидалення

Мета досліджень: визначення коефіцієнту зниження температури під час нагнітання повітря без та з одночасним подаванням розпиленого струменя води до випробувального боксу.

Методи досліджень: при проведенні експериментальних досліджень застосовувався метод визначення залежності зниження температури газоповітряного середовища від часу роботи переносного засобу димо- та тепловидалення.

Експериментальне обладнання та засоби вимірювальної техніки: функціональний макет переносного засобу димо- та тепловидалення, випробувальний бокс об'ємом 285 м^3 ($11,8 \text{ м} \times 5,5 \text{ м} \times 4,4 \text{ м}$) (ВБ-285), пожежний

модуль ПМ-30 (мотопомпа Tohatsu VC82ASE) продуктивністю 30 л/с, з'єднувальні напірні пожежні рукави, перехідні з'єднувальні гайки для рукавів.

Крім того застосовувались засоби вимірювальної техніки, що наведено в таблиці 1.

Таблиця 1 – Засоби вимірювальної техніки, що використовувались при проведенні експериментальних досліджень

Найменування ЗВТ	Границя вимірювання	Клас точності та (або) похибка вимірювання
Гігрометр Testo 608 – Н1	від 2 до 98 %, від 0 до 50 °С	$\Delta = \pm 3 \%$, $\Delta = \pm 0,5 \text{ } ^\circ\text{C}$
Барометр-анероїд М-67	від 600 мм рт.ст. до 800 мм рт.ст.	$\Delta = \pm 1 \text{ мм рт.ст.}$
Рулетка «Stanley»	від 0 до 60 м	2 кл. точн.
ІВС «Термоконт»	Від 0°С до 1200 °С	$\Delta = \pm 0,35 \%$
Термопара типу ТХА	від 0°С до 800°С	2 кл. точн.

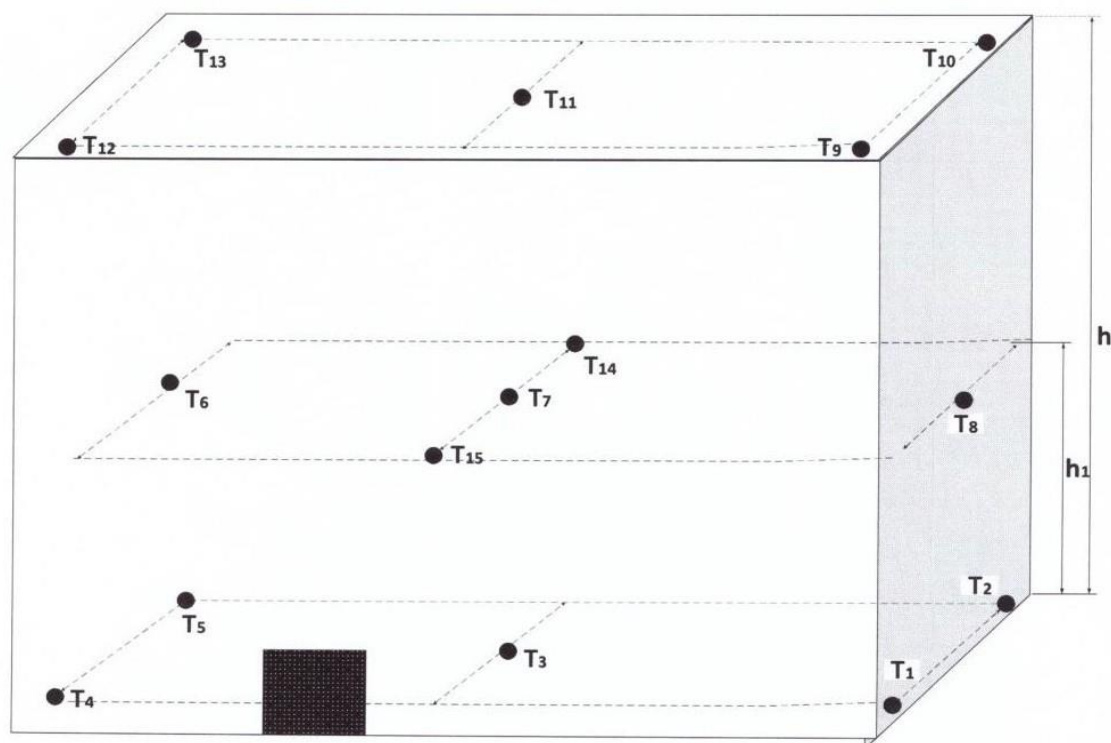
Хід та результати досліджень:

Під час експериментальних досліджень з визначення коефіцієнту зниження температури застосовують два варіанти. Перший варіант передбачає нагнітання повітря без подавання розпиленого струменя води до випробувального боксу, другий – з подаванням цього струменя. Процедуру цих експериментів наведено нижче.

Експериментальні дослідження проводять у випробувальному боксі ВБ-285, який має наступні розміри: довжина – 11,8 м, ширина – 5,5 м та висота – 4,4 м. У верхній частині випробувального боксу в горизонтальній площині є два прорізи розмірами 5,4 м x 0,4 м кожний для видалення диму та тепла назовні. У в'їзних воротах до випробувального боксу є вхідні двері, через які планується нагнітати свіже повітря до нього. Зразок функціонального макету переносного засобу димо- та тепловидалення встановлюють на відстані 2 м від вхідних дверей, які мають розміри 0,73 м x 2,0 м. Для реєстрації температури газоповітряного середовища використовують п'ятнадцять термопар типу ТХА з електродами діаметром 0,7 мм, які розташовують у випробувальному боксі. Термопари під'єднуються до інформаційно-вимірювальної системи «Термоконт», що встановлюється за межами випробувального боксу перед його входом. Схема розміщення термопар наведена на рисунку 1.

Термопари з номерами T_1 - T_5 розташовують на висоті 0,5 м від рівня площини підлоги. Термопари з номерами T_9 - T_{13} розташовуються на відстані 0,5 м від рівня площини покриття випробувального боксу. Крім того, п'ять термопар з номерами T_6 - T_8 , T_{14} - T_{15} розташовують у площині на висоті $h_1=1,20$ м від рівня площини підлоги випробувального боксу. В якості контрольної точки

вимірювання температури приймають термопару за номером T_7 , як показано на рисунку 2.



Умовні позначення:

- - вхід до випробувального боксу (розміщений посередині довжини випробувального боксу);
- - термопары (T_1 - T_5 – на висоті 0,5 м від рівня площини підлоги випробувального боксу, T_6 - T_8 , T_{14} - T_{15} – на висоті $h_1=1,20$ м від рівня площини підлоги випробувального боксу, T_9 - T_{13} – на відстані 0,5 м від рівня площини покриття випробувального боксу).

Рисунок 2 – Схема розміщення термопар у випробувальному боксі

У випробувальному боксі розміщують два модельні вогнища пожежі, які представляють собою дека квадратної форми розмірами 1,90 м x 1,90 м x 0,15 м кожне. У кожне деко заливають 33 л води та 66 л бензину марки А-92. Загальний вигляд розміщення термопар та модельних вогнищ пожежі у випробувальному боксі наведено на рисунку 3.

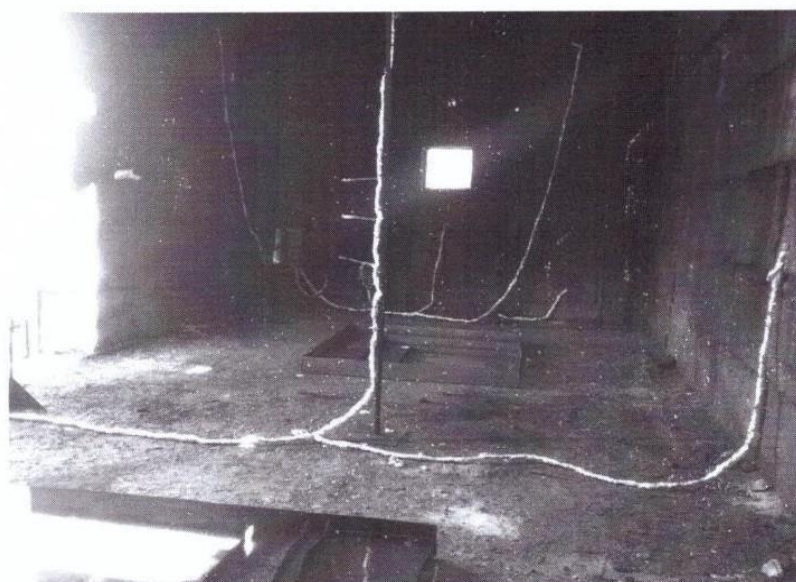


Рисунок 3 – Загальний вигляд розміщення термопар та модельних вогнищ пожежі у випробувальному боксі

У верхній частині випробувального боксу закривають два наявних прорізи, використовуючи листи металу.

За допомогою факела підпалюють модельні вогнища. До випробувального боксу зачиняють двері.

Одночасно розпочинають реєстрацію температури газоповітряного середовища у випробувальному боксі за допомогою п'ятнадцяти термопар, під'єднаних до інформаційно-вимірювального комплексу «Термоконт».

Через 3 хвилини вільного горіння відчиняють двері до випробувального боксу та прорізи у верхній частині випробувального боксу і вмикають переносний засіб димо- та тепловидалення, за допомогою якого через

відчинений дверний отвір здійснюють нагнітання свіжого повітря до випробувального боксу.

Одночасно із початком роботи переносного засобу димо- та тепловидалення починають автоматичну реєстрацію часу його роботи на ІВС «Термоконт».

В процесі досліджень реєструють, наскільки і упродовж якого часу знижується температура t , у кожній точці встановлення термопар у випробувальному боксі під час роботи переносного засобу димо- та тепловидалення. За результатами експериментальних досліджень отримується залежність температури від часу роботи переносного засобу димо- та тепловидалення.

Реєстрація зміни температури газоповітряного середовища у випробувальному боксі та робота переносного засобу димо- та тепловидалення триває до моменту зниження температури у контрольній точці (що реєструється термопарою з номером T_7) від початкової температури $t_{поч}$, яка відповідає максимальній температурі газоповітряного середовища на момент вмикання переносного засобу димо- та тепловидалення після 3 хвилин вільного горіння, до кінцевої температури $t_{кінь} = 40^\circ\text{C}$.

Розраховують для контрольної точки за формулою (1) коефіцієнт зниження температури у випробувальному боксі:

$$K_{ti} = \frac{t_{поч} - t_{кінь}}{t_{поч}} \cdot 100\%, \quad (1)$$

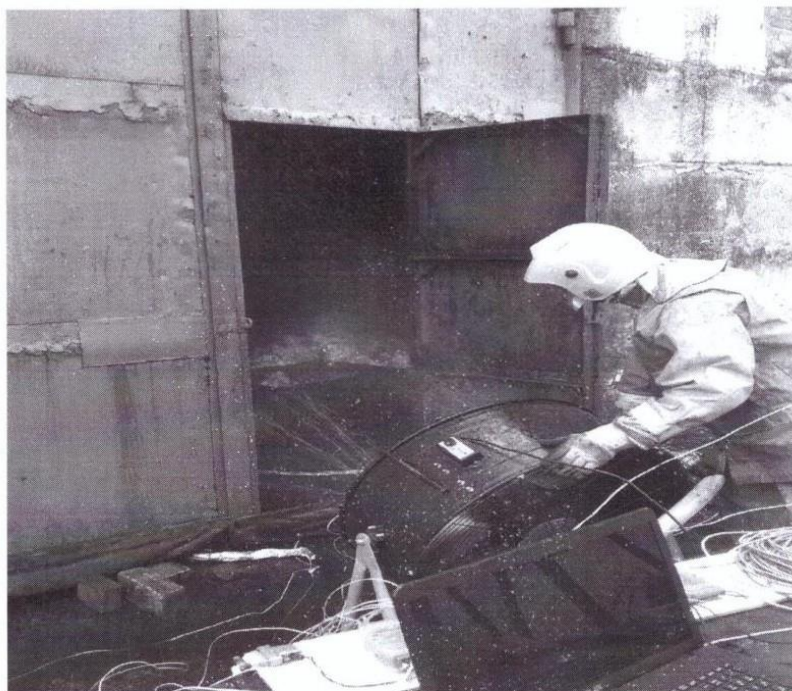
де i - номер контрольної точки вимірювання температури.

За аналогією проводиться визначення коефіцієнту зниження температури для другого варіанта – нагнітання повітря з одночасним подаванням розпиленого струменя води. Для подавання води до функціонального макету переносного засобу димо- та тепловидалення використовується пожежний модуль ПМ-30.

Робочі моменти проведення експериментальних досліджень наведено на рисунку 4.



а)



б)

Рисунок 4 - Робочі моменти проведення експериментальних досліджень:
а) - нагнітання повітря; б) - нагнітання повітря з одночасним подаванням розпиленого струменя води

Результати експериментальних досліджень функціонального макету переносного засобу димо- та тепловидалення наведені у додатку 1.

Висновки: на підставі аналізу отриманих результатів експериментальних досліджень зразка функціонального макету переносного засобу димо- та тепловидалення можна зробити наступні висновки:

1. Виявлено залежності зниження температури газоповітряного середовища у випробувальному боксі від часу роботи переносного засобу димо- та тепловидалення.

2. Встановлено, що коефіцієнт зниження температури у випробувальному боксі під час нагнітання повітря переносним засобом димо- та тепловидалення з одночасним подаванням розпиленого струменю води до випробувального боксу складає 93% за час його роботи 318 с (5,3 хв).

3. Встановлено, що коефіцієнт зниження температури у випробувальному боксі під час нагнітання повітря переносним засобом димо- та тепловидалення складає 92,4% за час його роботи 554 с (9,2 хв).

4. Таким чином, виявлено, що робота функціонального макету переносного засобу димо- та тепловидалення під час нагнітання повітря з одночасним подаванням розпиленого струменю води є більш ефективним у порівнянні з подаванням тільки повітря. При цьому за майже однакових коефіцієнтах зниження температури час роботи засобу зменшується приблизно в два рази.


Дослідження провели:

Начальник відділу
вогнезахисту та пожежогасіння
науково-випробувального центру



В.В. Присяжнюк

Науковий співробітник відділу
вогнезахисту та пожежогасіння
науково-випробувального центру



С.В. Семичаєвський

Науковий співробітник відділу
вогнезахисту та пожежогасіння
науково-випробувального центру



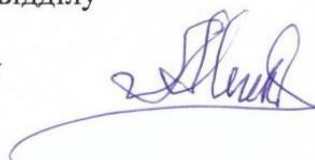
М.Л. Якіменко

Молодший науковий співробітник відділу
вогнезахисту та пожежогасіння
науково-випробувального центру



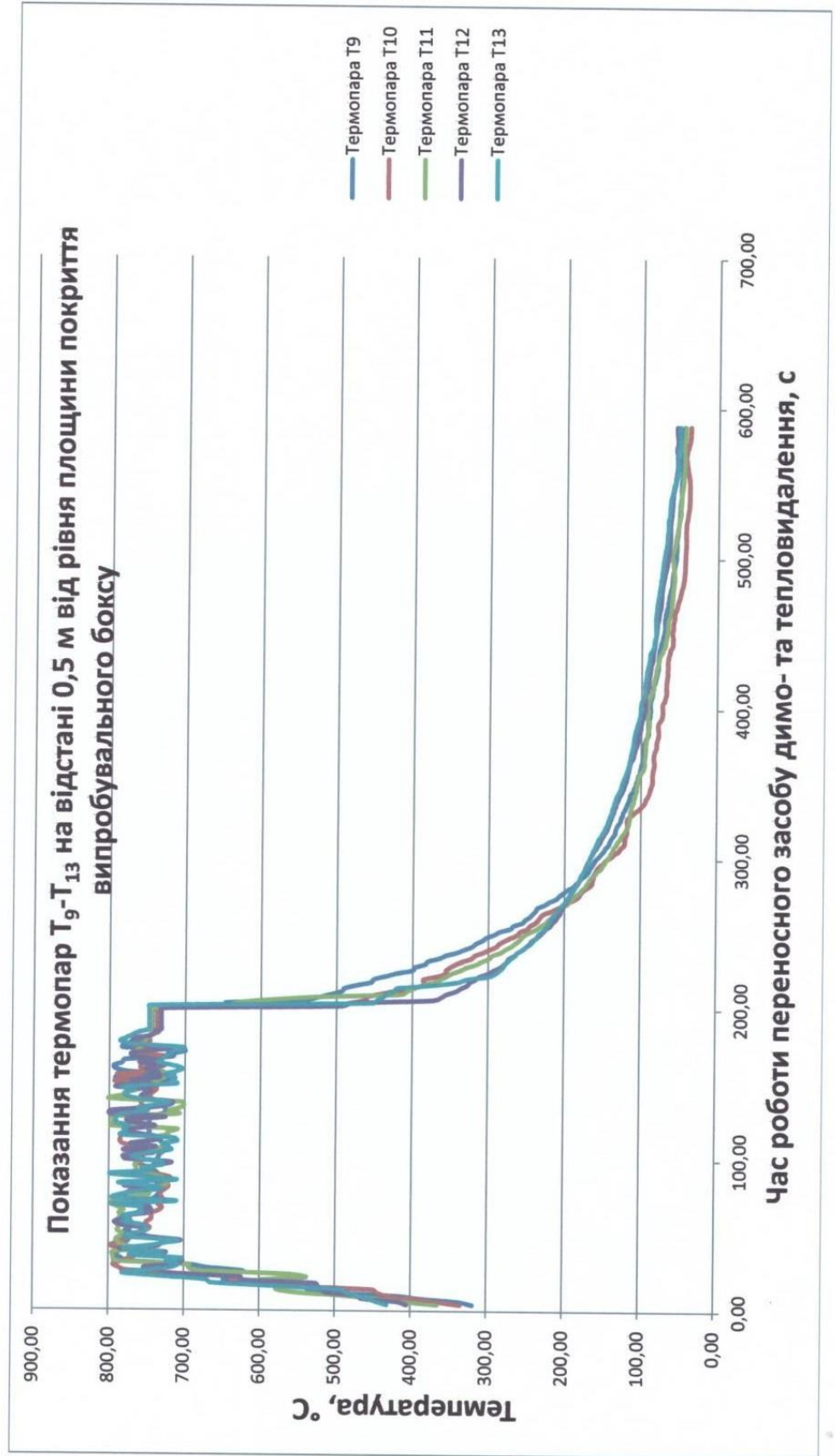
М.В. Осадчук

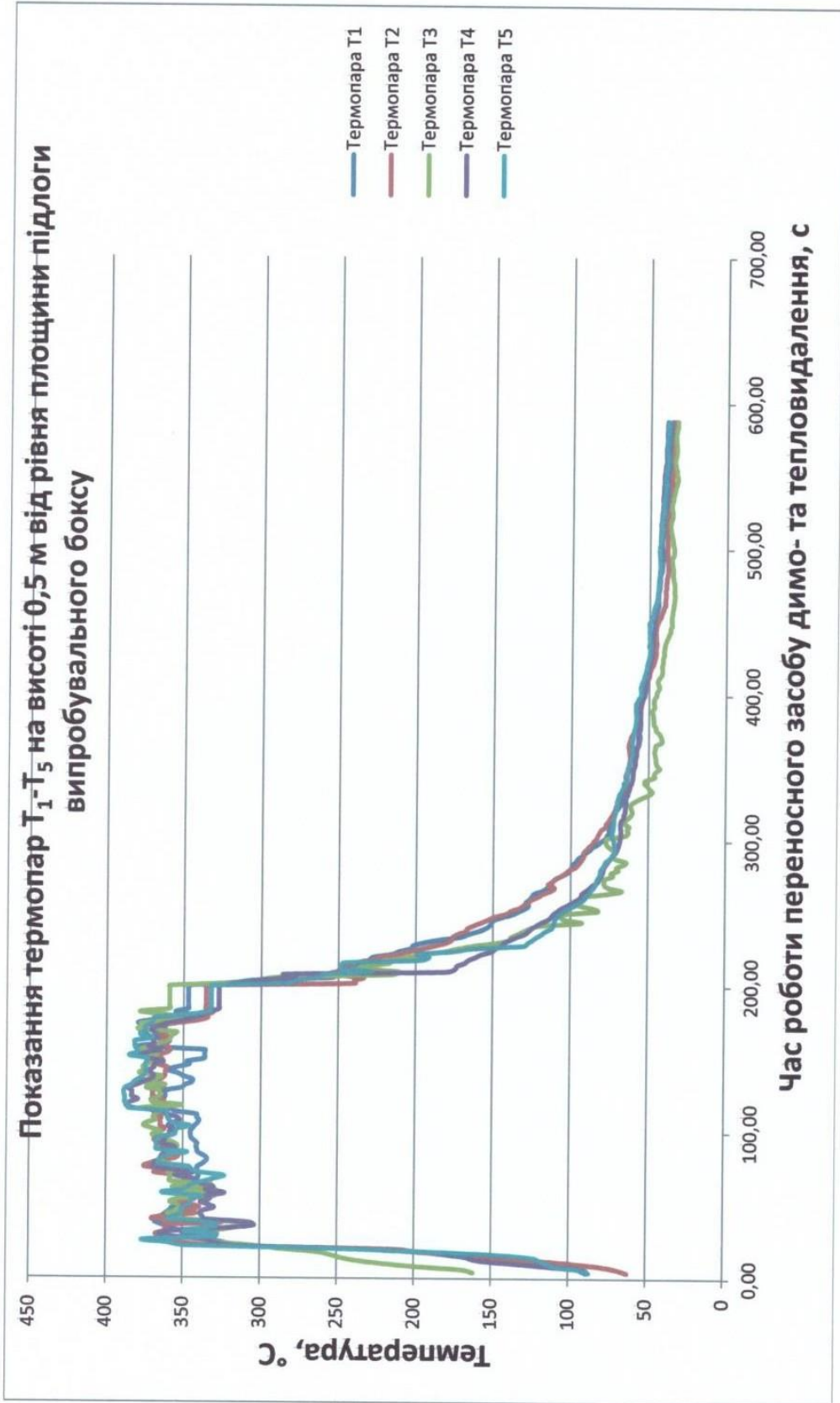
Старший науковий співробітник відділу
вогнезахисту та пожежогасіння
науково-випробувального центру

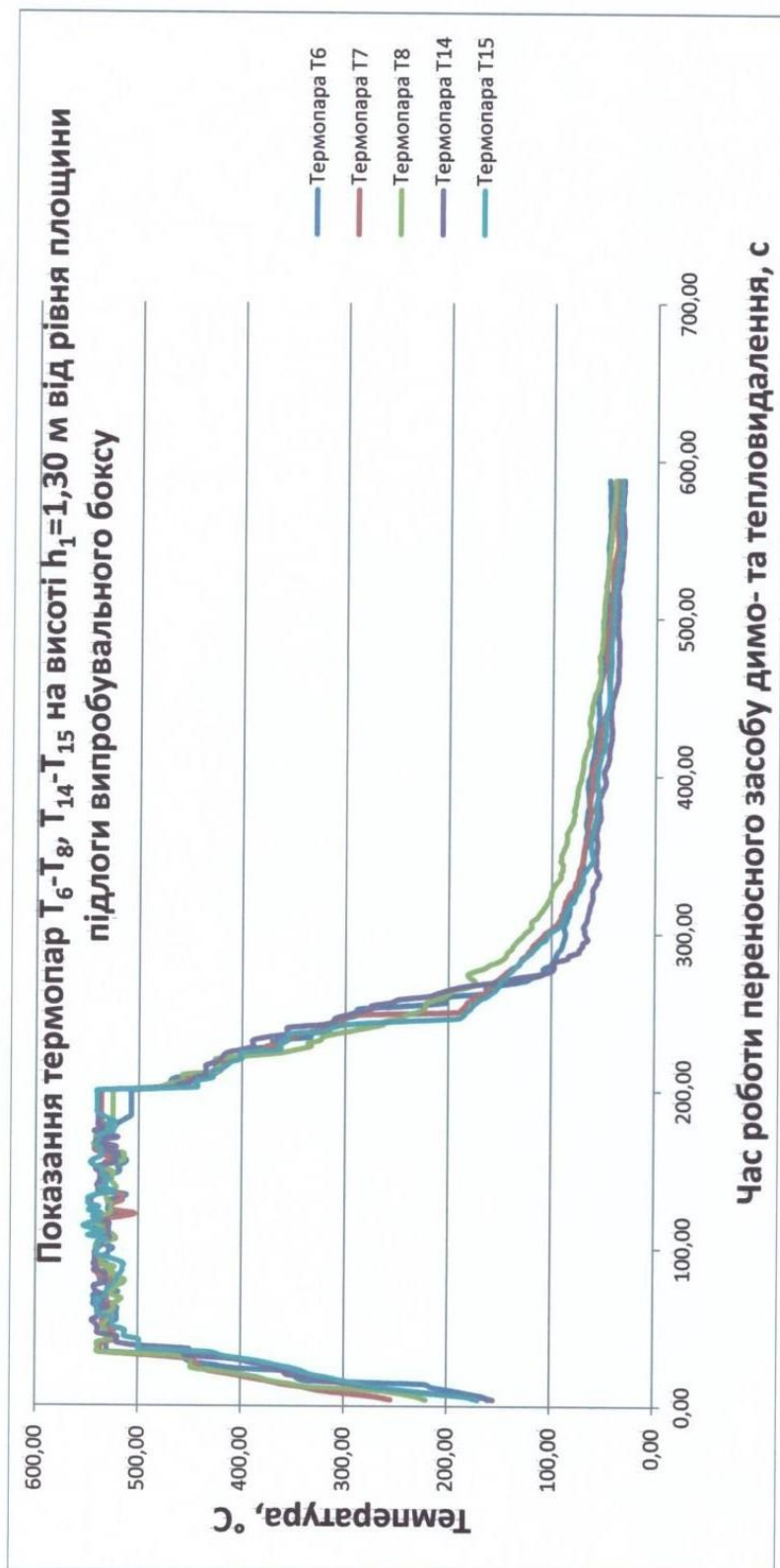


О.В. Мілютін

1. Результати експериментальних досліджень функціонального макету переносного засобу димо- та тепловидалення з визначення коефіцієнту зниження температури під час нагнітання повітря з одночасним подаванням розпиленого струменю води до випробувального боксу



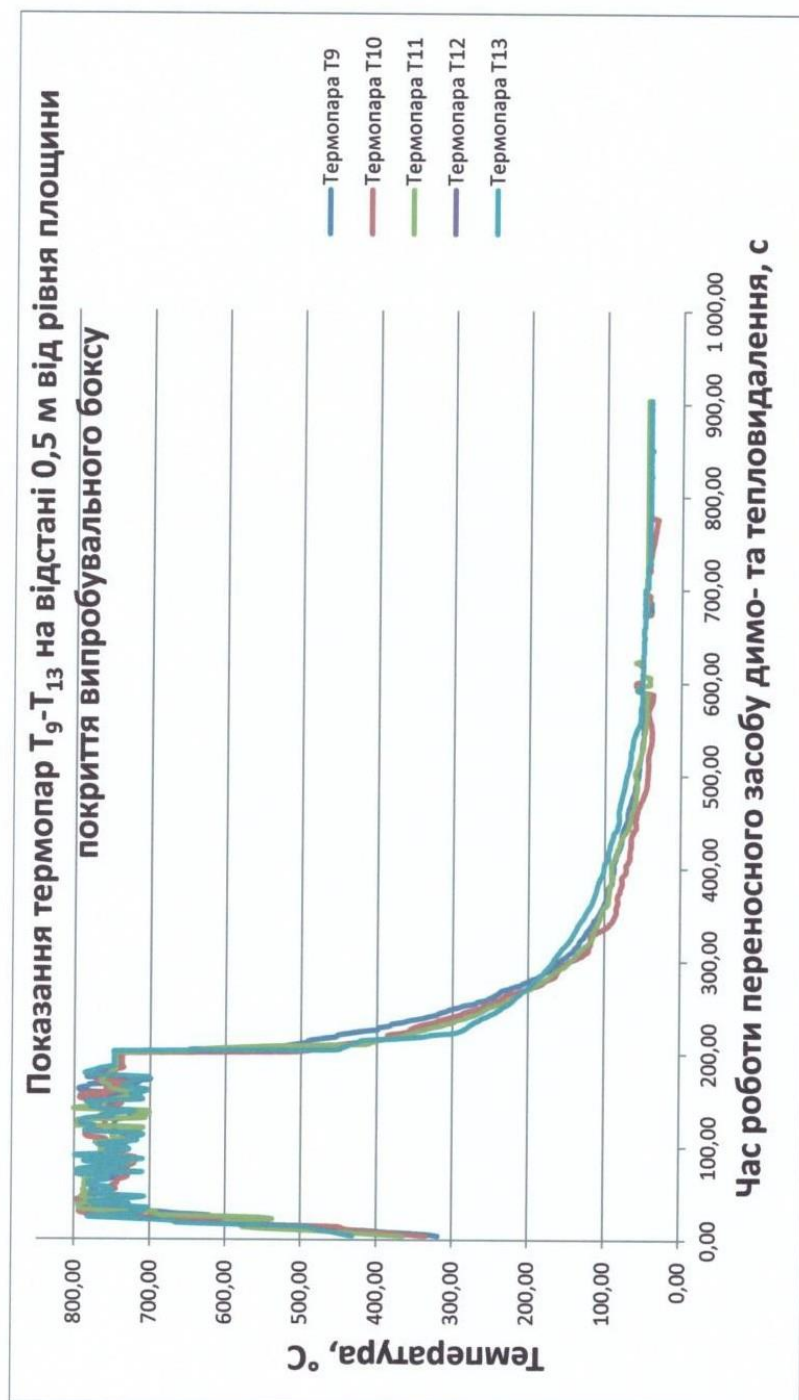


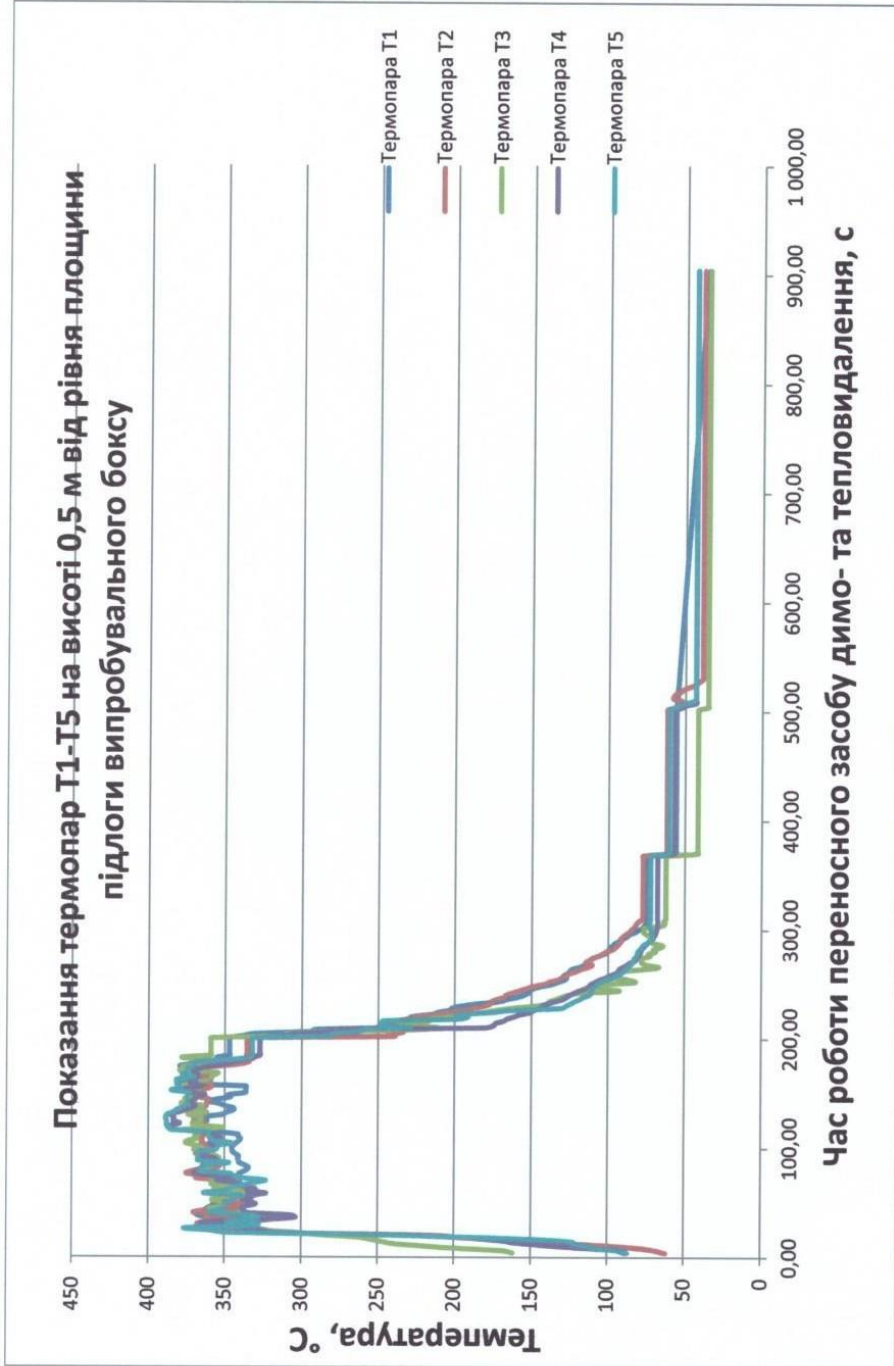


Для контрольної точки (термопара T_7) коефіцієнт зниження температури у випробувальному боксі при роботі переносного засобу димо- та тепловидалення під час нагнітання повітря з одночасним подаванням розпиленого струменю води K_{T7} складає 93% за час його роботи 318 с (5,3 хв). За час роботи засобу приймається проміжок часу від 200 с до 518 с.

$$K_{T7} = \frac{540,8 - 40,0}{540,8} \cdot 100\% = 93\%$$

2. Результати експериментальних досліджень функціонального макету переносного засобу димо- та тепловидалення з визначення коефіцієнту зниження температури під час нагнітання повітря до випробувального боксу







УКРАЇНСЬКИЙ НАУКОВО-ДОСЛІДНИЙ ІНСТИТУТ
ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ

ЗАТВЕРДЖУЮ
Начальник науково-
випробувального центру
УкрНДЦЗ

Т.М. Скоробагатсько

« 22 » травня 2019 року

ПРОТОКОЛ

експериментальних досліджень функціонального макету переносного засобу
димо- та тепловидалення (пожежного димовсмоктувача нагнітального типу)
з визначення коефіцієнту зменшення задимленості

Київ-2019

Дата проведення досліджень:
22.05.2019

Умови у приміщенні:
температура повітря ($17 \pm 0,5$)°C
атмосферний тиск (742 ± 1) мм рт. ст.
відносна вологість повітря (60 ± 3)%

Підстава для проведення досліджень: технічне завдання на НДР «Провести дослідження та розробити рекомендації щодо застосування переносних засобів димо- та тепловидалення для підвищення ефективності гасіння пожеж» («Засоби димо- та тепловидалення»), Методика експериментальних досліджень функціонального макету переносного засобу димо- та тепловидалення (пожежного димовсмоктувача нагнітального типу).

Місце проведення досліджень: випробувальний бокс ВБ-40 на пожежно-випробувальному полігоні УкрНДЦЗ.

Зразки, що досліджувались: функціональний макет переносного засобу димо- та тепловидалення, загальний вигляд якого наведено на рисунку 1.

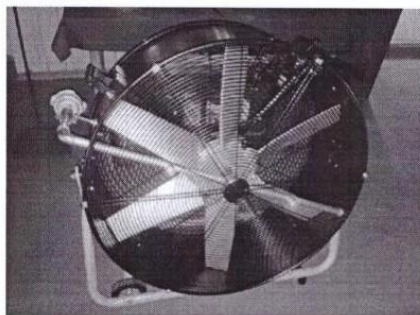


Рисунок 1 - Загальний вигляд функціонального макету переносного засобу димо- та тепловидалення

Мета досліджень: визначення коефіцієнту зменшення задимленості під час нагнітання повітря без та з одночасним подаванням розпиленого струменя води до випробувального боксу.

Методи досліджень: при проведенні експериментальних досліджень застосовувався метод визначення залежності збільшення електричної напруги на приймачі випромінювання лазера від часу роботи переносного засобу димо- та тепловидалення, що є пропорційним зменшенню задимленості у випробувальному боксі.

Експериментальне обладнання та засоби виміральної техніки: функціональний макет переносного засобу димо- та тепловидалення, випробувальний бокс об'ємом 40 м^3 ($4,8 \text{ м} \times 3,3 \text{ м} \times 2,5 \text{ м}$) (ВБ-40), пожежний модуль ПМ-30 (мотопомпа Tohatsu VC82ASE) продуктивністю 30 л/с ,

з'єднувальні напірні пожежні рукави, перехідні з'єднувальні гайки для рукавів, комплекс для визначення оптичної щільності атмосфери, який містить лазерний випромінювач електричною напругою 5В та приймач випромінювання лазера (фоторезистор марки PGM5516 (Token)).

Крім того застосовувались засоби виміральної техніки, що наведено в таблиці 2.

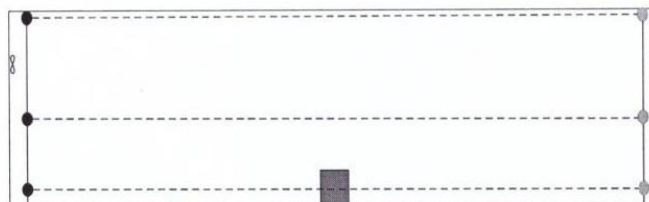
Таблиця 2 – Засоби виміральної техніки, що використовувались при проведенні експериментальних досліджень

Найменування ЗВТ	Границя вимірювання	Клас точності та (або) похибка вимірювання
Гігрометр Testo 608 – Н1	від 2 до 98 %, від 0 до 50 °С	$\Delta = \pm 3 \%$, $\Delta = \pm 0,5 \text{ } ^\circ\text{C}$
Барометр-анероїд М-67	від 600 мм рт.ст. до 800 мм рт.ст.	$\Delta = \pm 1 \text{ мм рт.ст.}$
Рулетка «Stanley»	від 0 до 60 м	2 кл. точн.
ІВС «Термоконт»	Від 0°С до 1200 °С	$\Delta = \pm 0,35 \%$

Хід та результати досліджень:

Під час експериментальних досліджень з визначення коефіцієнту зменшення задимленості застосовують два варіанти. Перший варіант передбачає нагнітання повітря без подавання розпиленого струменя води до випробувального боксу, другий – з подаванням цього струменя. Процедуру цих експериментів наведено нижче.

У випробувальному боксі ВБ-40 встановлюють комплекс для визначення оптичної щільності атмосфери, як показано на рисунку 2.



Умовні позначення:

- - вхід до випробувального боксу;
- - лазерний випромінювач;
- - приймач випромінювання лазера;
- 8- вентилятори.

Рисунок 2 – Схема розміщення комплексу для визначення оптичної щільності атмосфери у випробувальному боксі

Вздовж стіни, що має вхідні двері до випробувального боксу, на двох стійках на висоті 0,5 м, 1,7 м та на відстані 0,1 м від рівня площини покриття боксу закріплюють лазерні випромінювачі та приймачі випромінювання лазера,

відповідно. Приймач випромінювання лазеру на кожній висоті закріплюють по осі лазерного випромінювача. Забезпечують захист елементів комплексу для визначення оптичної щільності атмосфери від дії води шляхом застосування екранів.

Для забезпечення рівномірного перемішування газоповітряного середовища у випробувальному боксі встановлюють два вентилятори на висоті 0,5 м та 1,7 м, як показано на рисунку 2.

За допомогою інформаційно-виміральної системи «Термоконт» починають реєстрацію даних щодо зміни напруги на приймачі випромінювання лазеру, а також починають реєстрацію часу – автоматичну (на комп'ютері) та за допомогою секундоміра. На початковому етапі експерименту при відсутності задимлення показання виміральної системи відповідають максимальному значенню напруги на приймачі випромінювання лазеру.

Приводять у дію димову шашку типу РДГ-2Ч для створення задимлення чорного кольору. Закривають двері до випробувального боксу та вмикають вентилятор.

При досягненні мінімальних значень ($U_{поч}$), що відповідає максимальному задимленню у випробувальному боксі, відчиняють входні двері та віконні отвори і вмикають переносний засіб димо- та тепловидалення. Вентилятори вмикають.

Робота переносного засобу димо- та тепловидалення триває до моменту настання найбільшого (максимального) значення показань інформаційно-виміральної системи ($U_{кінц}$), що відповідає максимально можливому зменшенню задимлення у випробувальному боксі.

За результатами експерименту для кожної з трьох точок вимірювання за висотою випробувального боксу отримують залежності збільшення електричної напруги, на приймачі випромінювання лазеру, від часу роботи переносного засобу димо- та тепловидалення, що є пропорційним зменшенню задимленості у випробувальному боксі.

Розраховують для кожної точки за формулою (1) коефіцієнт зменшення задимленості у випробувальному боксі:

$$K_{шi} = \frac{U_{кінц} - U_{поч}}{U_{поч}} \cdot 100\%, \quad (1)$$

де i - номер контрольної точки вимірювання електричної напруги.

Робочі моменти проведення експериментальних досліджень наведено на рисунку 3.

За аналогією проводиться визначення коефіцієнту зменшення задимленості для другого варіанта – нагнітання повітря з одночасним подаванням розпиленої води.



а)



б)

Рисунок 3 - Робочі моменти проведення експериментальних досліджень:
а) нагнітання повітря; б) нагнітання повітря з одночасним подаванням розпиленого струменя води

Для подавання води до функціонального макету переносного засобу димо- та тепловидалення використовується пожежний модуль ПМ-30.

Результати експериментальних досліджень функціонального макету переносного засобу димо- та тепловидалення наведені у додатку 1.

Висновки: на підставі аналізу отриманих результатів експериментальних досліджень зразка функціонального макету переносного засобу димо- та тепловидалення можна зробити наступні висновки:

1. Виявлено залежності збільшення електричної напруги на приймачі випромінювання лазера, від часу роботи переносного засобу димо- та

тепловидалення, що є пропорційним зменшенню задимленості у випробувальному боксі.


2. Встановлено, що коефіцієнт зменшення задимленості у випробувальному боксі при роботі переносного засобу димо- та тепловидалення з подаванням повітря до випробувального боксу складає 53% за час його роботи 350 с (5,8 хв).

3. Встановлено, що коефіцієнт зменшення задимленості у випробувальному боксі при роботі переносного засобу димо- та тепловидалення під час одночасного подавання повітря та розпиленого струменю води складає 54% за час його роботи 167 с (2,8 хв).

4. Таким чином, виявлено, що робота функціонального макету переносного засобу димо- та тепловидалення з одночасним подаванням повітря з розпилим струменем води є більш ефективним у порівнянні з подаванням тільки повітря. При цьому за однакових коефіцієнтах зменшення задимленості час роботи засобу зменшується приблизно в два рази.

Дослідження провели:

Начальник відділу
вогнезахисту та пожежогасіння
науково-випробувального центру



В.В. Присяжнюк

Науковий співробітник відділу
вогнезахисту та пожежогасіння
науково-випробувального центру



С.В. Семичаєвський

Науковий співробітник відділу
вогнезахисту та пожежогасіння
науково-випробувального центру



М.Л. Якіменко

Молодший науковий співробітник відділу
вогнезахисту та пожежогасіння
науково-випробувального центру



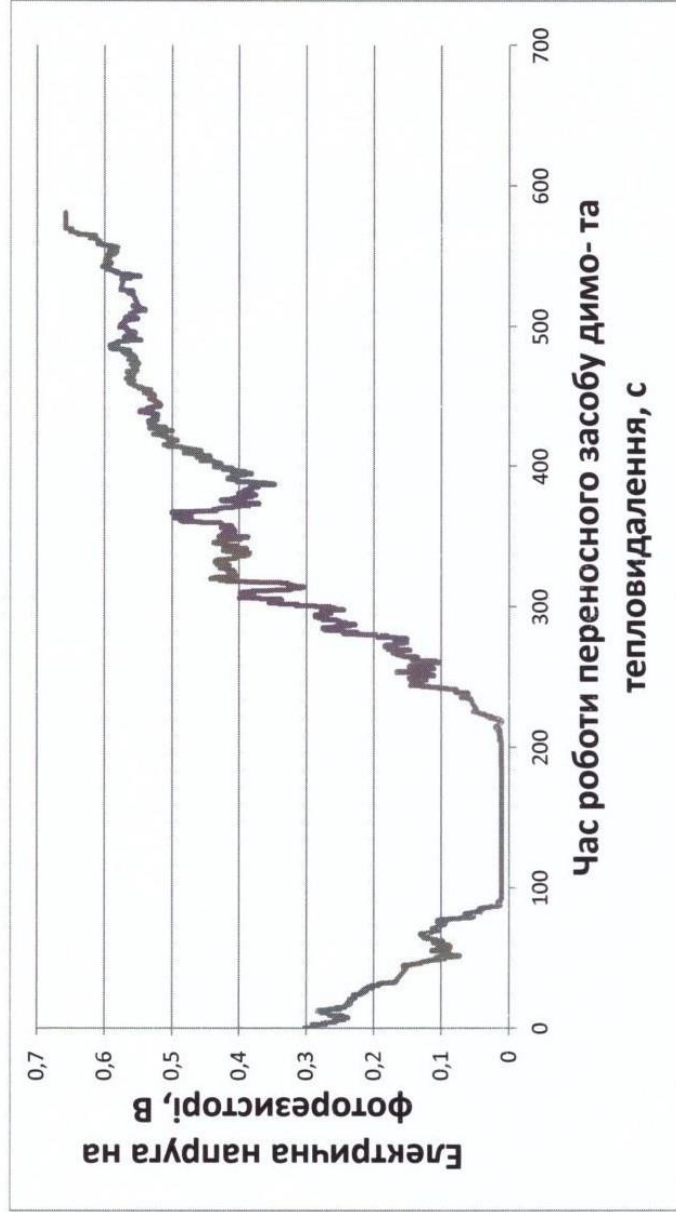
М.В. Осадчук

Старший науковий співробітник відділу
науково-експериментальних досліджень
науково-випробувального центру



О.М. Тимошенко

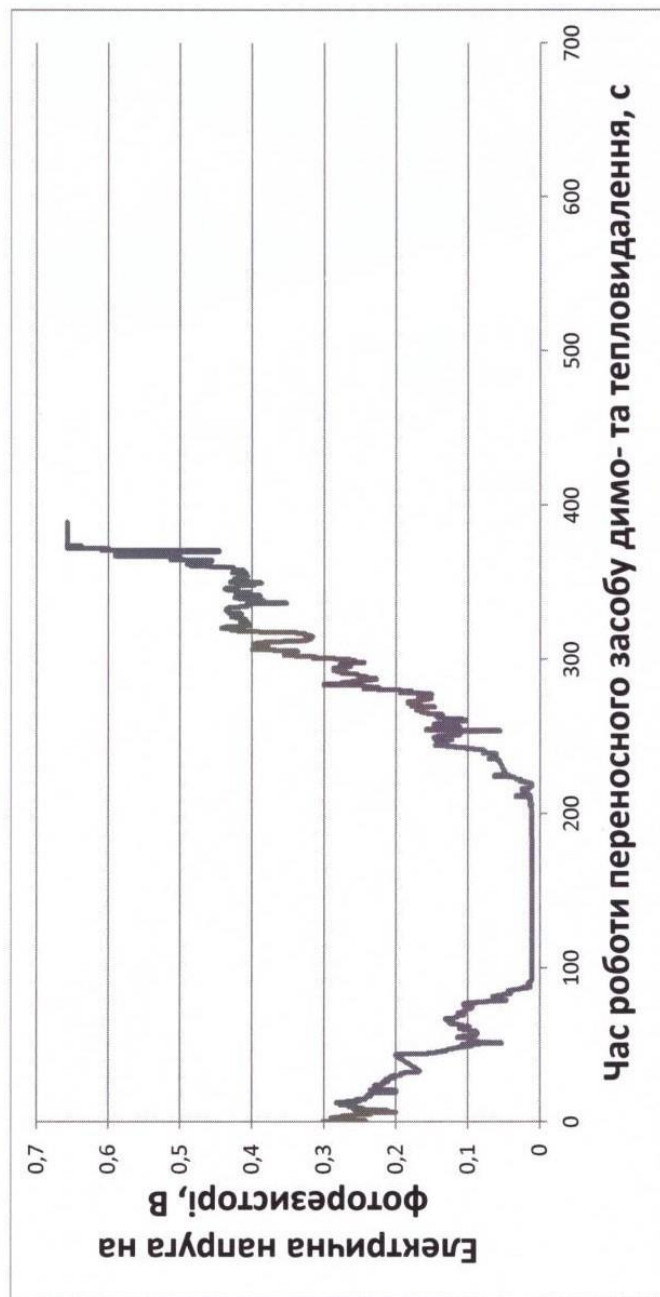
Результати експериментальних досліджень функціонального макету переносного засобу димо- та тепловидалення з визначення коефіцієнту зменшення задимленості під час нагнітання повітря до випробувального боксу



Коефіцієнт зменшення задимленості у випробувальному боксі при роботі переносного засобу димо- та тепловидалення складає 53% за час його роботи 350 с (5,8 хв).

$$K_{н1} = \frac{0,6481 - 0,0119}{0,0119} \cdot 100\% = 53\%$$

Результати експериментальних досліджень функціонального макету переносного засобу димо- та тепловидалення з визначення коефіцієнту зменшення задимленості під час нагнітання повітря з одночасним подаванням розпиленого струменю води до випробувального боксу



Коефіцієнт зменшення задимленості у випробувальному боксі при роботі переносного засобу димо- та тепловидалення складає 54% за час його роботи 167 с (2,8 хв).

$$K_{n,2} = \frac{0,6522 - 0,0118}{0,0118} \cdot 100\% = 54\%$$



**УКРАЇНСЬКИЙ НАУКОВО-ДОСЛІДНИЙ ІНСТИТУТ
ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ**

ЗАТВЕРДЖУЮ
Начальник науково-
випробувального центру
УкрНДЦЗ

A handwritten signature in blue ink, appearing to be 'Т.М. Скоробагатко', is written over the printed name.

Т.М. Скоробагатко

«08» травня 2019 року

ПРОТОКОЛ

експериментальних досліджень функціонального макету переносного засобу
димо- та тепловидалення (пожежного димовсмоктувача нагнітального типу)
з визначення його продуктивності

Київ-2019

Дата проведення досліджень:
7.05.2019

Умови у приміщенні:
температура повітря ($17\pm 0,5$)°C
атмосферний тиск (742 ± 1) мм рт. ст.
відносна вологість повітря (60 ± 3)%

Підстава для проведення досліджень: технічне завдання на НДР «Провести дослідження та розробити рекомендації щодо застосування переносних засобів димо- та тепловидалення для підвищення ефективності гасіння пожеж» («Засоби димо- та тепловидалення»), Методика експериментальних досліджень функціонального макету переносного засобу димо- та тепловидалення (пожежного димовсмоктувача нагнітального типу).

Місце проведення досліджень: лабораторне приміщення у будівлі «Берлін» пожежно-випробувального полігону УкрНДІЦЗ.

Зразки, що досліджувались: функціональний макет переносного засобу димо- та тепловидалення. Загальний вигляд функціонального макету переносного засобу димо- та тепловидалення із удосконаленою крильчаткою вентилятора наведено на рисунку 1.



Рисунок 1 - Загальний вигляд функціонального макету переносного засобу димо- та тепловидалення із удосконаленою крильчаткою вентилятора

Загальний вигляд функціонального макету переносного засобу димо- та тепловидалення із заводською (оригінальною) крильчаткою вентилятора наведено на рисунку 2.



Рисунок 2 - Загальний вигляд функціонального макету переносного засобу димо- та тепловидалення із заводською (оригінальною) крильчаткою вентилятора

Характеристика зразка, що досліджувався: основні технічні характеристики (паспортні дані) функціонального макету переносного засобу димо- та тепловидалення із заводською (оригінальною) крильчаткою вентилятора наведено у таблиці 1.

Таблиця 1 – Основні технічні характеристики (паспортні дані) функціонального макету переносного засобу димо- та тепловидалення із заводською (оригінальною) крильчаткою вентилятора

№ п/п	Показник	Значення
1	Діаметр лопотів вентилятора, мм	750,0
2	Швидкість обертання лопотів вентилятора, об/хв	951,0 та 966,0
3	Продуктивність вентилятора по повітрю, м ³ /год	9180,0 та 10200,0

Мета досліджень: експериментальні дослідження функціонального макету переносного засобу димо- та тепловидалення проводились з метою порівняння його продуктивності для випадків, коли встановлено оригінальну (заводську) та удосконалену крильчатку вентилятора.

Методи досліджень: при проведенні експериментальних досліджень застосовувався метод прямого вимірювання швидкості повітряного потоку, що утворюється вентилятором переносного засобу димо- та тепловидалення, а потім шляхом математичного розрахунку визначалося середнє значення продуктивності під час нагнітання повітря (об'ємної витрати потоку, що проходить через вентилятор) ($G_{сер}$, м³/с), за формулою:

$$G_{сер} = V_{сер} \cdot F, \quad (1)$$

де $V_{сер}$ - середня швидкість потоку повітря, м/с;

F - площа поперечного перерізу потоку повітря на виході з вентилятора, м².

Експериментальне обладнання та засоби виміральної техніки: експериментальні дослідження виконувались із застосуванням функціонального макету переносного засобу димо- та тепловидалення та засобів виміральної техніки, що наведено в таблиці 2.

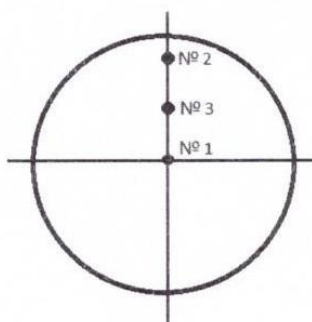
Таблиця 2 – Засоби виміральної техніки, що використовувались при проведенні експериментальних досліджень

Найменування ЗВТ	Границя вимірювання	Клас точності та (або) похибка вимірювання	Дата наступної атестації, калібрування/повірки
Гігрометр Testo 608 – Н1	від 2 до 98 %, від 0 до 50 °С	$\Delta = \pm 3 \%$, $\Delta = \pm 0,5 \text{ } ^\circ\text{C}$	08.2019
Барометр-анероїд М-67	від 600 мм рт.ст. до 800 мм рт.ст.	$\Delta = \pm 1 \text{ мм рт.ст.}$	11.2019
Рулетка «Stanley»	від 0 до 60 м	2 кл. точн.	11.2019
Цифровий анемометр AR 856	від 0 м/с до 45 м/с	$\Delta = \pm (3\% + 0,1) \text{ м/с}$	12.2019

Хід та результати досліджень:

Визначення продуктивності під час нагнітання повітря проводили таким чином. За допомогою цифрового анемометру AR 856 вимірювали швидкість повітряного потоку, що створюється вентилятором переносного засобу димо- та тепловидалення спочатку із встановленою оригінальною (заводською) крильчаткою. Швидкість повітряного потоку визначали на виході з вентилятора в точках 1 - 3, як показано на рисунку 3.

Проводили по три заміри швидкості повітря у кожній із трьох точок поперечного перерізу потоку: точка № 1 - у центрі кола поперечного перерізу, точка № 2 - на краю круга поперечного перерізу (приймач анемометра стикався з внутрішньою поверхнею циліндричного корпусу вентилятора), точка № 3 - посередині між точками № 1 та № 2. За результат приймали середнє арифметичне значення вимірювань, $V_{сер}$, м/с.



Примітка: Відстань між точками №1 та №2 складає 370,0 мм, відповідно між точками №1 та №3 і точками №2 та №3 складає 185,0 мм.

Рисунок 3 – Розміщення точок вимірювання швидкості повітряного потоку, на виході з вентилятору

Діаметр поперечного перерізу потоку повітря на виході з вентилятора вимірювався за допомогою рулетки «Stanley».

Робочі моменти вимірювання швидкості повітряного потоку, що утворюється вентилятором функціонального макету переносного засобу димо- та тепловидалення наведено на рисунку 4.



Рисунок 4 - Робочі моменти вимірювання швидкості повітряного потоку, що утворюється вентилятором функціонального макету переносного засобу димо- та тепловидалення

За аналогією було виміряно швидкість повітряного потоку, що утворюється вентилятором переносного засобу димо- та тепловидалення із встановленою удосконаленою крильчаткою вентилятора.

Результати експериментальних досліджень функціонального макету переносного засобу димо- та тепловидалення наведені у додатку 1.

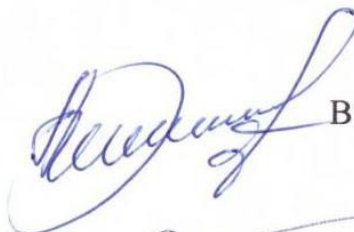
Висновки: на підставі аналізу отриманих результатів експериментальних досліджень зразка функціонального макету переносного засобу димо- та тепловидалення можна зробити наступні висновки:

1. Результати експериментальних досліджень функціонального макету переносного засобу димо- та тепловидалення з визначення його продуктивності у випадку, коли встановлено оригінальну (заводську) крильчатку вентилятора, показують, що його продуктивність за повітрям становить 8993,0 м³/год, що менше ніж заявлене паспортне значення на 12,0 %.

2. Результати експериментальних досліджень функціонального макету переносного засобу димо- та тепловидалення з визначення його продуктивності у випадку, коли встановлено удосконалену крильчатку вентилятора, показують, що його продуктивність за повітрям становить 11511,0 м³/год. Таким чином, удосконалена крильчатка вентилятора забезпечує продуктивність за повітрям на 11,0 % більше ніж за заявленими паспортними даними та на 22,0 % більше ніж за експериментальними даними для заводської (оригінальної) крильчатки вентилятора.

Дослідження провели:

Начальник відділу
вогнезахисту та пожежогасіння
науково-випробувального центру



В.В. Присяжнюк

Науковий співробітник відділу
вогнезахисту та пожежогасіння
науково-випробувального центру



С.В. Семичаєвський

Науковий співробітник відділу
вогнезахисту та пожежогасіння
науково-випробувального центру



М.Л. Якіменко

Молодший науковий співробітник відділу
вогнезахисту та пожежогасіння
науково-випробувального центру



М.В. Осадчук

Старший науковий співробітник відділу
науково-експериментальних досліджень
науково-випробувального центру



О.М. Тимошенко

Додаток 1

Результати експериментальних досліджень функціонального макету переносного засобу димо- та тепловидалення з визначення його продуктивності у випадку, коли встановлено оригінальну (заводську) крильчатку вентилятора

№ п/п	Швидкість повітряного потоку, м/с		
	Точка вимірювання 1	Точка вимірювання 2	Точка вимірювання 3
1	V ₁	0,9	1,0
2	V ₂	7,0	7,1
3	V ₃	6,9	7,0
4	V _{ср}	5,0	5,0
5	$F = \pi \cdot \frac{d^2}{4}$ <p>F - площа поперечного перерізу потоку повітря на виході з вентилятора, м², d - діаметр поперечного перерізу потоку повітря на виході з вентилятора, $d = 0,78$ м.</p>		
6	Продуктивність (P), розрахована за формулою (1), м ³ /год 8993,0		

Результати експериментальних досліджень функціонального макету переносного засобу димо- та тепловидалення з визначення його продуктивності у випадку, коли встановлено удосконалену крильчатку вентилятора

№ п/п	Швидкість повітряного потоку, м/с		
	Точка вимірювання 1	Точка вимірювання 2	Точка вимірювання 3
1	V ₁	2,1	2,2
2	V ₂	9,0	9,1
3	V ₃	8,0	8,1
4	V _{ср}	6,4	6,4
5	$F = \pi \cdot \frac{d^2}{4}$ <p>F - площа поперечного перерізу потоку повітря на виході з вентилятора, м², d - діаметр поперечного перерізу потоку повітря на виході з вентилятора, $d = 0,78$ м.</p>		
6	Продуктивність (P), розрахована за формулою (1), м ³ /год 11511,0		

Додаток Д. Патент на корисну модель засобу димо- та тепловидалення



(11) 142725

(19) UA

(51) МПК (2020.01)
A62B 3/00

(21) Номер заявки: u 2019 12011

(22) Дата подання заявки: 18.12.2019

(24) Дата, з якої є чинними права на корисну модель: 25.06.2020

(46) Дата публікації відомостей про видачу патенту та номер бюлетеня: 25.06.2020, Бюл. № 12

(72) Винахідники:

Борис Олександр Павлович,
 UA,
 Присяжнюк Віталій
 В'ячеславович, UA,
 Семичасівський Сергій
 Валерійович, UA,
 Якіменко Михайло
 Леонідович, UA,
 Куртов Олександр
 Вікторович, UA

(73) Власник:

УКРАЇНСЬКИЙ НАУКОВО-
 ДОСЛІДНИЙ ІНСТИТУТ
 ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ,
 вул. Рибальська, 18, м. Київ,
 01011, UA

(54) Назва корисної моделі:

ПЕРЕНОСНИЙ ЗАСІБ ДИМО- ТА ТЕПЛОВИДАЛЕННЯ

(57) Формула корисної моделі:

Переносний засіб димо- та тепловидалення, що складається із циліндричного корпусу, який зсередини містить вентилятор осьовий (аксіальний) та двигун електричний, опорної рами, трубопроводу із встановленими на ньому форсунками-розпилювачами та з'єднувальною арматури, який відрізняється тим, що містить щонайменше дві форсунки-розпилювачі, кожна з яких являє собою об'ємну фігуру обертання, утворену двома співвісними циліндрами більшого та меншого діаметрів, на прилеглій торцевій поверхні циліндра більшого діаметра і на боковій поверхні циліндра меншого діаметра по колу розміщено отвори, відповідні отвори двох поверхонь розміщені один навпроти одного.

(11) 142725

Державне підприємство
«Український інститут інтелектуальної власності»
(Укрпатент)

Цей паперовий документ ідентичний за документарною інформацією та реквізитами електронному документу з електронним підписом уповноваженої особи Міністерства розвитку економіки, торгівлі та сільського господарства України.

Паперовий документ містить 2 арк., які пронумеровані та прошиті металевими люверсами.

Для доступу до електронного примірника цього документа з ідентифікатором 2401240620 необхідно:

1. Перейти за посиланням <https://sis.ukrpatent.org>.
2. Обрати пункт меню Сервіси – Отримати оригінал документу.
3. Вказати ідентифікатор електронного примірника цього документа та натиснути «Завантажити».

Уповноважена особа Укрпатенту

25.06.2020



І.Є. Матусевич



УКРАЇНА

(19) UA (11) 142725 (13) U

(51) МПК (2020.01)

A62B 3/00

МІНІСТЕРСТВО РОЗВИТКУ
ЕКОНОМІКИ, ТОРГІВЛІ ТА
СІЛЬСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА
УКРАЇНИ

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

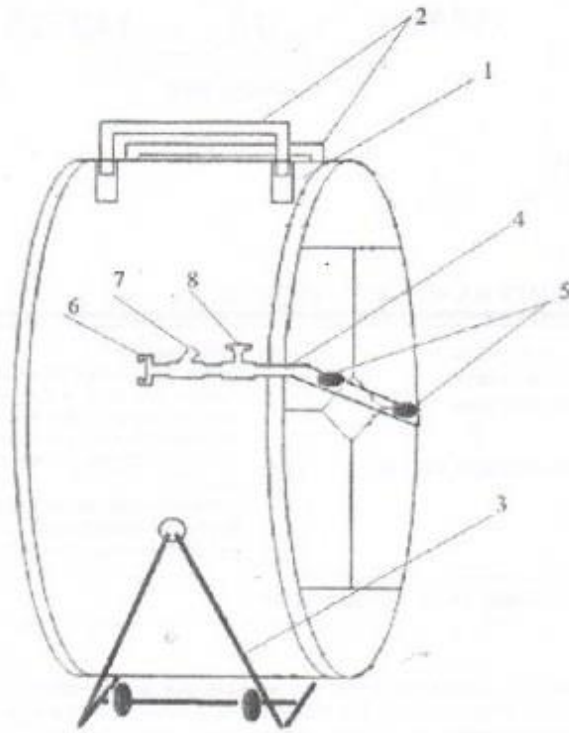
(21) Номер заявки: u 2019 12011	(72) Винахідник(и): Борис Олександр Павлович (UA), Присяжнюк Віталій В'ячеславович (UA), Семичасівський Сергій Валерійович (UA), Якіменко Михайло Леонідович (UA), Куртов Олександр Вікторович (UA)
(22) Дата подання заявки: 18.12.2019	
(24) Дата, з якої є чинними права на корисну модель: 25.06.2020	(73) Власник(и): УКРАЇНСЬКИЙ НАУКОВО-ДОСЛІДНИЙ ІНСТИТУТ ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ, вул. Рибальська, 18, м. Київ, 01011 (UA)
(46) Публікація відомостей про видану патенту: 25.06.2020, Бюл.№ 12	

(54) ПЕРЕНΟΣНИЙ ЗАСІБ ДИМО- ТА ТЕПЛОВИДАЛЕННЯ**(57) Реферат:**

Переносний засіб димо- та тепловидалення, що складається із циліндричного корпусу, який зсередини містить вентилятор осьовий (аксіальний) та двигун електричний, опорної рами, трубопроводу із встановленими на ньому форсунками-розпилювачами та з'єднувальної арматури. Засіб містить щонайменше дві форсунки-розпилювачі, кожна з яких являє собою об'ємну фігуру обертання, утворену двома співвісними циліндрами більшого та меншого діаметрів. На прилеглий торцевій поверхні циліндра більшого діаметра і на боковій поверхні циліндра меншого діаметра по колу розміщено отвори, відповідні отвори двох поверхонь розміщені один навпроти одного.

UA 142725 U

UA 142725 U



Фиг. 1

UA 142725 U

Корисна модель належить до пожежного устаткування, а саме до переносних засобів димо- та тепловидалення, призначених для локального підвищення повітряного тиску шляхом нагнітання свіжого повітря до зони роботи особового складу (до задимленого приміщення) в умовах пожежі для нормалізації температурного і повітряного середовища з метою забезпечення безпечних умов при проведенні рятувальних робіт підрозділами Оперативно-рятувальної служби цивільного захисту ДСНС України.

Значна кількість випадків гасіння пожеж пов'язана із небезпечним впливом на особовий склад небезпечних чинників пожежі. Зокрема, дія високих температур та диму значно ускладнюють проведення рятувальних робіт та пожежогасіння. Вагомим тактичним способом зниження такого впливу на особовий склад пожежно-рятувальних підрозділів є керування теплодимовими потоками пожежі за допомогою переносних засобів димо- та тепловидалення.

Найближчим аналогом є пристрій для осадження продуктів горіння, зниження температури та збільшення видимості в задимлених приміщеннях* [1], що складається з осьового пожежного димовсмоктувача, корпусу, трубопроводу зі з'єднувальною арматурою та насадкою - розпилювачем.

Недоліками описаного пристрою є наявність однієї насадки-розпилювача лише з одним отвором діаметром 0,8 мм.

В основу корисної моделі поставлено задачу - створення такого переносного засобу димо- та тепловидалення, який дозволяє ефективніше знижувати температуру газоповітряного середовища у приміщенні пожежі, а також розбавляти горюче середовище за рахунок створення водяного туману.

Поставлена задача вирішується тим, що переносний засіб димо- та тепловидалення, який складається із циліндричного корпусу, що зсередини містить вентилятор осьовий (аксіальний) та двигун електричний, опорної рами, трубопроводу із встановленими на ньому форсунками-розпилювачами та з'єднувальною арматури, згідно з корисною моделлю, містить щонайменше дві форсунки-розпилювачі, кожна з яких являє собою об'ємну фігуру обертання, утворену двома співвісними циліндрами більшого та меншого діаметрів, на прилеглих торцевій поверхні циліндра більшого діаметра і на боковій поверхні циліндра меншого діаметра по колу розміщено отвори, відповідні отвори двох поверхонь розміщені один навпроти одного.

За рахунок того, що відповідні отвори розміщені на прилеглих поверхнях, які перетинаються під кутом 90°, струмені води, що проходять через вказані отвори також перетинаються під кутом 90°, вдаряючись одна об одну, що дає змогу формувати потік розпиленої води.

Суть запропонованої корисної моделі пояснюється кресленнями, де на Фіг. 1 наведено загальний вигляд переносного засобу димо- та тепловидалення, на Фіг. 2 зображено загальний вид форсунки-розпилювача для створення розпиленого струменя води.

Переносний засіб димо- та тепловидалення складається із циліндричного корпусу 1, до якого кріпляться дві ручки для перенесення засобу 2, опорної рами 3, трубопроводу 4 із встановленими на ньому двома форсунками-розпилювачами 5 для створення розпиленого струменя води та з'єднувальної арматури, до якої належить муфтова з'єднувальна головка 6, фільтр води 7 та шаровий кран 8.

Форсунка-розпилювач для створення розпиленого струменя води складається з циліндра меншого діаметра 9, циліндра більшого діаметра 10 та отворів для розпилювання води 11.

Переносний засіб димо- та тепловидалення використовують таким чином.

Засіб встановлюють на певній відстані перед вхідним отвором до приміщення, у якому сталася пожежа. Забезпечують його підключення до джерела електроенергії напругою 220 В та його під'єднання до джерела водопостачання. Приводять у дію осьовий вентилятор засобу та після цього здійснюють подавання води до його форсунок-розпилювачів.

Форсунки-розпилювачі було виготовлено з такими параметрами. Циліндр більшого діаметра висотою не більше ніж 21 мм, зовнішнім діаметром не більше ніж 25 мм та внутрішнім діаметром не більше ніж 19 мм містить отвори діаметром 0,7-0,8 мм. Циліндр меншого діаметру висотою не більше ніж 7 мм, внутрішнім діаметром не більше ніж 5 мм та зовнішнім діаметром не більше ніж 12 мм містить також отвори діаметром 0,7-0,8 мм. Вказані параметри форсунок-розпилювачів дозволяють за рахунок створення водяного туману ефективніше знижувати температуру газоповітряного середовища у приміщенні пожежі, а також розбавляти горюче середовище.

Переносний засіб димо- та тепловидалення пройшов апробацію на пожежно-випробувальному полігоні Українського науково-дослідного інституту цивільного захисту.

Запропонований пристрій дозволяє нормалізувати температурне і повітряне середовище в умовах пожежі з метою забезпечення безпечних умов при проведенні рятувальних робіт підрозділами Оперативно-рятувальної служби цивільного захисту ДСНС України.

UA 142725 U

Джерела інформації:

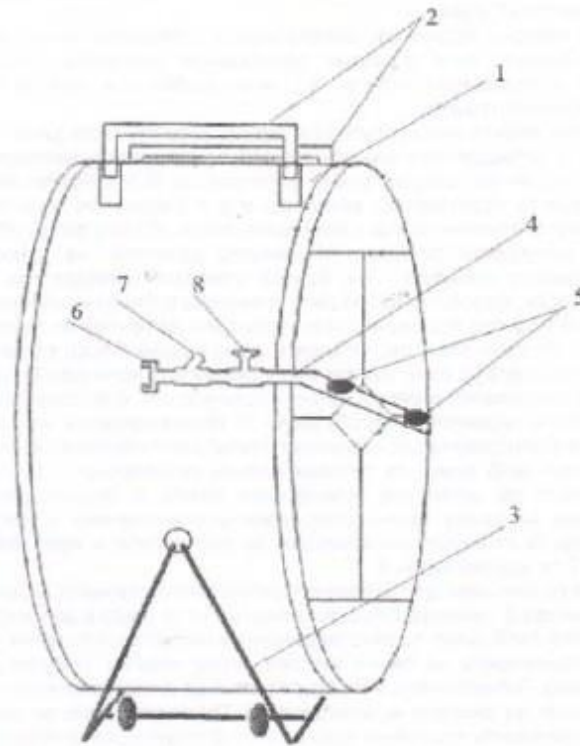
1. Патент України № 55428, МПК А62С 35/00 Пристрій для осадження продуктів горіння, зниження температури та збільшення видимості в задимлених приміщеннях/ Ковалишин В.В., Луц В.І., Мельник П.І. (Україна).4 с; Опубл. 10.12.2010, бюл. № 23.

5

ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

Переносний засіб димо- та тепловидалення, що складається із циліндричного корпусу, який зсередини містить вентилятор осьовий (аксіальний) та двигун електричний, опорної рами, трубопроводу із встановленими на ньому форсунками-розпилювачами та з'єднувальної арматури, який відрізняється тим, що містить щонайменше дві форсунки-розпилювачі, кожна з яких являє собою об'ємну фігуру обертання, утворену двома співвісними циліндрами більшого та меншого діаметрів, на прилеглий торцевій поверхні циліндра більшого діаметра і на боковій поверхні циліндра меншого діаметра по колу розміщено отвори, відповідні отвори двох поверхонь розміщені один навпроти одного.

15



Фиг. 1

UA 142725 U

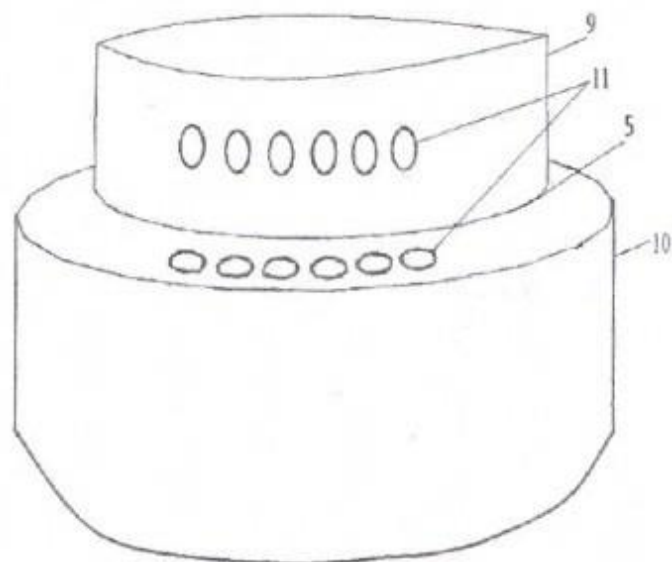


Fig. 2

Комп'ютерна верстка А. Крижаніський

Міністерство розвитку економіки, торгівлі та сільського господарства України,
вул. М. Грушевського, 12/2, м. Київ, 01008, Україна

ДП "Український інститут інтелектуальної власності", вул. Глазунова, 1, м. Київ – 42, 01601