

УДК 614.841

*Луц В. І., канд. техн. наук, доцент, Штангрет Н. О.,
Львівський державний університет безпеки життєдіяльності*

РОЗРОБЛЕННЯ ПРИЛАДУ ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ОПТИЧНОЇ ГУСТИНИ ДИМУ В ОБ'ЄМАХ ПРИМІЩЕНЬ ПІД ЧАС ПОЖЕЖІ

В статті проаналізовано існуючі пристрої та способи, які застосовують для визначення оптичної густини диму в об'ємах приміщення. Показано конструкцію запропонованого пристрою, який було сконструйовано науковцями з Львівського державного університету безпеки життєдіяльності та наведено принцип його роботи.

Ключові слова: оптична густина, дим та продукти горіння, висока температура

Щодня в нашій країні виникає понад 100 пожеж, в яких гине 5-6 чоловік. Концентрація отруйних речовин у перші хвилини пожежі вища за граничну в 12-100 разів. Від диму і газів під час пожеж у світі щорічно гине близько 16 чоловік на 1 млн. населення, причому цей показник має тенденцію до зростання [1]. Статистика показує, що за останні роки в Україні в середньому ліквідується близько 25 % пожеж із залученням ланок газодимозахисної служби (далі ГДЗС). За 11 місяців 2016 року в Україні зареєстровано 69 924 пожежі. Порівняно з аналогічним періодом минулого року їх кількість зменшилась на 7,3%. Внаслідок пожеж загинуло 1553 людини (-8,4 %); з них 46 дітей та підлітків до 18 років (-2,0 %). Травмовано 1215 людей (-0,5%), у тому числі 111 дітей (+29,1%). Як свідчить статистика найчастіше пожежі виникають в житловому секторі [2].

Найбільш складними вважаються пожежі в підвальних та цокольних приміщеннях. Технічні, підвальні і цокольні поверхи згідно з вимогами будівельних норм [3], розділяються протипожежними перегородками 1-го типу на відсіки площею не більше 500 м² у несекційних житлових будинках, а у секційних – по секціях. У кожному відсіку або секції підвальних і цокольних поверхів має бути не менше двох вікон (люків) розміром 0,9 x 1,2 м. У таких приміщеннях під час виникнення пожежі через велике пожежне навантаження [4] буде утворюватися значна кількість продуктів горіння. Це обумовлюється або відсутністю вікон, або їхніми малими розмірами і відповідно в таких приміщеннях акумулюється

висока температура та сильне задимлення. У таких важких умовах часто змушені працювати ланки газодимозахисної служби під час ліквідації пожеж та надзвичайних ситуацій [1]. Як зазначено в роботі [5], залучення саме ланок газодимозахисної служби до розвідки і гасіння пожежі сприяє швидкому виявленню і рятуванню потерпілих, ліквідації горіння і мінімальним матеріальним втратам від пожежі.

Питання мінімізації небезпечних факторів пожежі, таких як дим та висока температура, для безпечної та ефективної роботи ланок ГДЗС ОРС ЦЗ України під час ведення оперативних дій у загазованих і задимлених приміщеннях залишаються проблемними. Щоб уникнути цих небезпечних чинників, які можуть призвести до нещасних випадків з газодимозахисниками, достатньо знизити температуру до + 60 (± 5)°C та густину диму в зоні задимлення до видимості $\mu \leq 1,2$ Нп/м, що забезпечить видимість до 2-3 м, тобто в межах зросту людини, яка при переміщенні зможе бачити підлогу [6]. За такої видимості у більшості випадків людина може правильно реагувати на виявлені зміни в обставинах, що виникають під час просування задимленою зоною і уникнути небезпеки. Для осадження продуктів горіння та збільшення видимості під час пожежі використовується ряд пристроїв, а саме: ручні пожежні водяні стволи, пожежні димовсмоктувачі та автомобілі димовидалення. Найбільш доцільним та ефективним є використання димовсмоктувачів, що застосовуються підрозділами ОРС ЦЗ ДСНС України [1].

Постановка проблеми. Ефективність ліквідації пожеж в задимлених та загазованих приміщеннях та проведення аварійно-рятувальних робіт значною мірою залежить від продуктивності, працездатності, швидкості оперативного розгортання технічних засобів пожежогасіння, у тому числі і пожежно-технічного обладнання, одним з видів якого є пожежний димовсмоктувач [7]. Аналіз тактико-технічних характеристик, конструктивних рішень та параметрів таких димовсмоктувачів свідчить, що вони не здатні забезпечити швидке осадження продуктів горіння для збільшення видимості та зниження температури в приміщеннях, що ускладнює ведення оперативних дій ланками газодимозахисної служби, наражає на небезпеку особовий склад ОРС ЦЗ ДСНС України та призводить до збільшення часу гасіння пожеж, а відповідно і до значних матеріальних втрат та загибелі людей.

Проаналізувавши роботу [8], де відображено теоретичні дослідження розвитку пожежі, бачимо, що проблеми димоосадження та зниження температури потребують додаткового дослідження для їх вирішення. Частково цю проблему вирішено у роботі [9], де пропонується установка, виготовлена у стаціонарному або переносному вигляді. В переносному вигляді ця установка не є ефективною, оскільки вносити її безпосередньо в приміщення пожежі не завжди можливо.

Усунення недоліків наявних у нас димовсмоктувачів неможливе без обґрунтування параметрів та реалізації нових конструктивних рішень, одним з яких ми бачимо поєднання димовсмоктувача з пристроєм для подачі дрібнодисперсної води для осадження продуктів горіння та зниження температури [10]. Після розроблення конструкції такого пристрою з осьовим димовсмоктувачем виникла необхідність у перевірці його ефективності у лабораторних умовах.

На сьогодні відомі прилади, які використовуються зокрема для вимірювання показників оптичної густини газопилового середовища. Це, наприклад, ВОГ-1(ВОГ-2), який вимірює густину за допомогою електромагнітного випромінювання, що

проходить крізь досліджуване середовище [11]; «ИОПД-5М», призначений для вимірювання оптичної щільності диму при проведенні вогневих випробувань димових пожежних сповіщувачів [12]. Але ці прилади експлуатуються при температурі навколишнього середовища (-20) – (+50)°С, що не дає змоги провести заміри та дослідження густини диму у закритих приміщеннях під час пожежі, де температура на момент початку роботи пожежників орієнтовно на 10-15 хвилину може сягати 200-600°С і більше, залежно від пожежного навантаження [13].

Мета роботи. Зважаючи на вище сказане бачимо необхідність у розробленні такого приладу, який би вимірював та досліджував густину диму безпосередньо в умовах реальної пожежі (200-600°С) у закритому приміщенні, і при цьому середовище високих температур не повинно впливати на роботу та покази приладу.

Виклад основного матеріалу. Розробкою конструкції такого приладу зайнялася група науковців у Львівському державному університеті безпеки життєдіяльності. Поставлена задача вирішується термостійким виконанням приладу, що забезпечуватиме його роботу впродовж 20-30 хвилин при впливі на нього високих температур та інших небезпечних факторів пожежі.

Завдяки використанню у приладі автономного джерела живлення його можна застосовувати на об'єктах з відсутнім електроживленням.

Застосування у приладі матеріалів, які захищають його основні робочі електронні елементи від високих температур, дає змогу працювати як в лабораторних умовах, так і в умовах реальної пожежі, підтримуючи не лише стабільність форми, але й експлуатаційні характеристики, що забезпечуватиме надійність та тривалу експлуатацію приладу у використанні.

Принцип роботи приладу для вимірювання оптичної густини диму (рис. 1) такий: в задимленому середовищі встановлюється прилад, вмикається лазер з автономним джерелом живлення, промінь світла попадає на світлоприймач, який під'єднаний термостійким проводом до

мілівольтметра, що показує числове значення, залежне від густини диму. Прилад обладнаний рамою для кріплення елементів 1 та двох термобоксів для захисту лазера та світлоприймача від впливу високих

температур, що дає змогу проводити заміри оптичної густини диму в середовищі з температурним діапазоном $(-20) - (+600) ^\circ\text{C}$ впродовж 20–30 хвилин.

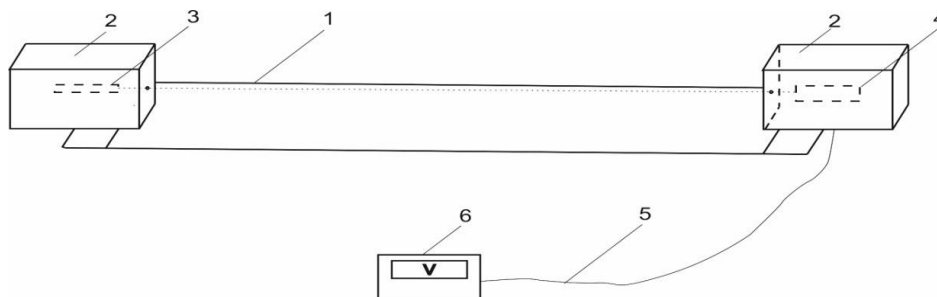


Рисунок 1 – Схема приладу для визначення оптичної густини диму: 1 – рама для кріплення елементів; 2 – термобоксы; 3 – лазер з автономним джерелом живлення; 4 – світлоприймач; 5 – термостійкий провід; 6 – мілівольтметр

Прилад є відносно компактним та може використовуватись для експериментальних досліджень не лише у лабораторії, але й безпосередньо на об'єкті в польових умовах [14]. Після конструювання приладу виникла потреба в розробці методики з визначення параметрів

небезпечних чинників пожежі (температури, оптичної густини диму) класів «А» і «Б» в об'ємах приміщень. На рис. 2, відповідно до розробленої методики експериментальних досліджень, показана схема розміщення приладу для дослідження оптичної густини диму і термоперетворювачів (вигляд збоку) [15].

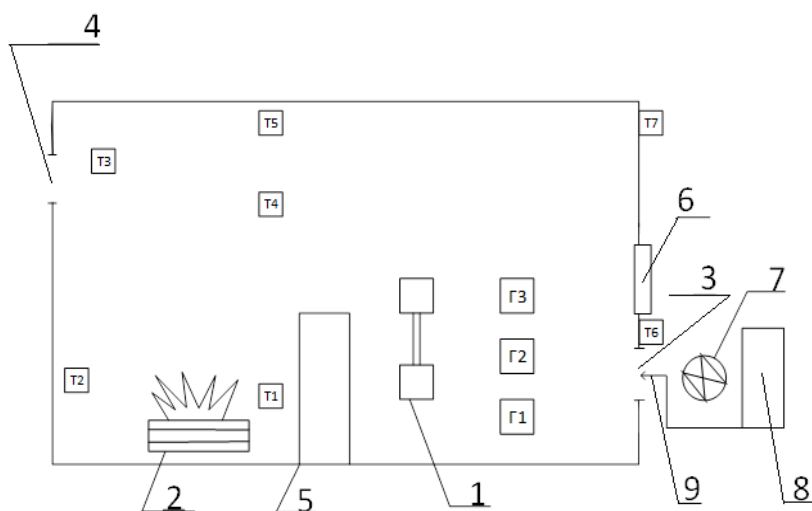


Рисунок 2 – Схема розміщення приладу для дослідження оптичної густини диму і термоперетворювачів (вигляд збоку): 1 – прилад для дослідження оптичної густини диму; 2 – макетне вогнище пожежі; 3 – вхідний отвір; 4 – вихідний отвір; 5 – металеві двері; 6 – оглядове вікно з термостійким склом; 7 – осьовий електричний вентилятор; 8 – посудина з розчином води та ПАР під тиском; 9 – насадка-розпилювач; термоперетворювачі: Т-1 і Т-2 (змір температури від підлоги на висоті 110 см), Т-3 і Т-4 (змір температури на висоті 188 см), Т-5 і Т-7 (змір температури на висоті 236 см), Т-6 (змір температури на висоті 160 см); отвори в стіні для забору проб газового середовища: Г-1 (забір проби від рівня підлоги на висоті 50 см), Г-2 (забір проби від рівня підлоги на висоті 100 см), Г-3 (забір проби від рівня підлоги на висоті 150 см).

Попередні експериментальні дослідження, які проводились в лабораторних умовах, підтвердили ефективність цього приладу.

Експериментальні дослідження проводились у такій послідовності:

1) Встановлюємо обладнання, як показано на рис. 2, вмикаємо та перевіряємо його справність.

2) Готуємо приміщення лабораторії до макетної пожежі.

Розміщуємо макетне вогнище пожежі у кутку приміщення лабораторії на відстані: 6 м від вхідного отвору, 3 м від вихідного отвору та по 1 м від стін.

Макетне вогнище пожежі із загальною вагою 50 кг створюємо:

- з брусків із деревини, вагою 25 кг, вологість брусків має бути не більше ніж 15 %. Бруски складаємо у вигляді решітчастої кладки;
- гумовотехнічні вироби – 5 кг (автомобільна шина радіусом 13);
- папір – 5 кг;
- бавовна та вироби з неї – 10 кг;
- каучук синтетичний – 2 кг;
- дизельне паливо – 3 кг.

Макетне вогнище встановлюємо на бетонних блоках на висоті 200 ± 10 мм над рівнем підлоги у приміщенні лабораторії. Для підпалювання під макетним вогнищем розташовуємо сталеве деко розміром $(635 \times 635 \times 100)$ мм). Перед випробуванням в деко (класу 3А) наливаємо $3,0 \pm 0,2$ л дизельного пального за ДСТУ 3868-99 [5].

3) Встановлюємо манекен людини на підлогу приміщення лабораторії на відстані 3 м від оглядового вікна з термостійким склом, електричний ліхтар закріплюємо на штативі на висоті 0,8 м від підлоги таким чином, щоб промінь світла падав (був спрямований) згори на тулуб манекена людини.

4) Підпалювання макетного вогнища здійснюємо електронагрівальним пристроєм з дистанційним керуванням.

5) Приміщення макетної пожежі прогріваємо 15-20 хв до досягнення температури не менше як 200 °С. Температуру контролюємо за допомогою термоперетворювачів, як показано на рис 2.

6) Відкриваємо вхідний отвір розміром $0,3\text{м} \times 0,3\text{м} = 0,09$ м² та вихідний отвір розміром $0,6\text{м} \times 0,6\text{м} = 0,36$ м².

Вмикаємо осьовий електричний вентилятор з одночасною подачею дрібнодисперсної води від резервуара з водою під тиском через насадку-розпилювач, яка встановлюється перед вентилятором. Далі продукти згоряння видаляємо в атмосферу.

7) Під час проведення експериментів фіксуємо: час горіння, зміну температури та **оптичної густини диму**. Відлік часу починається з 10 хвилини горіння макетного вогнища, не враховуючи часу розпалювання, що дорівнював 4 хв, (крок – 30 секунд).

8) Проводимо вентилявання до зниження температури до $+60$ °С та збільшення видимості за даними приладу для дослідження оптичної густини диму до (170 ± 30) мВ), що відповідає візуальній видимості манекена людини, який лежить на підлозі приміщення лабораторії на відстані 3 м від оглядового вікна з термостійким склом, далі починається гасіння.

9) Очищуємо приміщення лабораторії від залишків макетного вогнища.

Дослідження проводилось у два основних етапи: перший етап – робота димовсмоктувача без подачі дрібнодисперсного струменя, та другий етап – з подачею. На рис.3 показано роботу установки під час подачі (нагнітання) у приміщення повітряно-водяного струменя.

Після проведення двох етапів попередніх досліджень, було побудовано графіки зміни температури та оптичної густини. На (рис. 4) показано графік залежності температури і часу під час першого і другого етапу, де видно, що робота установки з подачею дрібнодисперсного струменя є ефективнішою, ніж без подачі.

Цифрові значення приладу показують зміну оптичної густини диму у мілівольтах, та такі значення не є загальноприйнятими для вимірювання оптичної густини диму. Основною одиницею вимірювання оптичної густини диму є непер/метр, яку ввів вчений Кошмаров Ю.А. та використовував у своїх наукових роботах [8].

Тому зсилаючись на тарерувальний графік (рис. 6), який дозволив перевести числові значення приладу в загальноприйнятну одиницю вимірювання оптичної густини диму, непер/метр [6].



Рисунок 3 – Робота установки під час подачі повітряно-водяного струменя

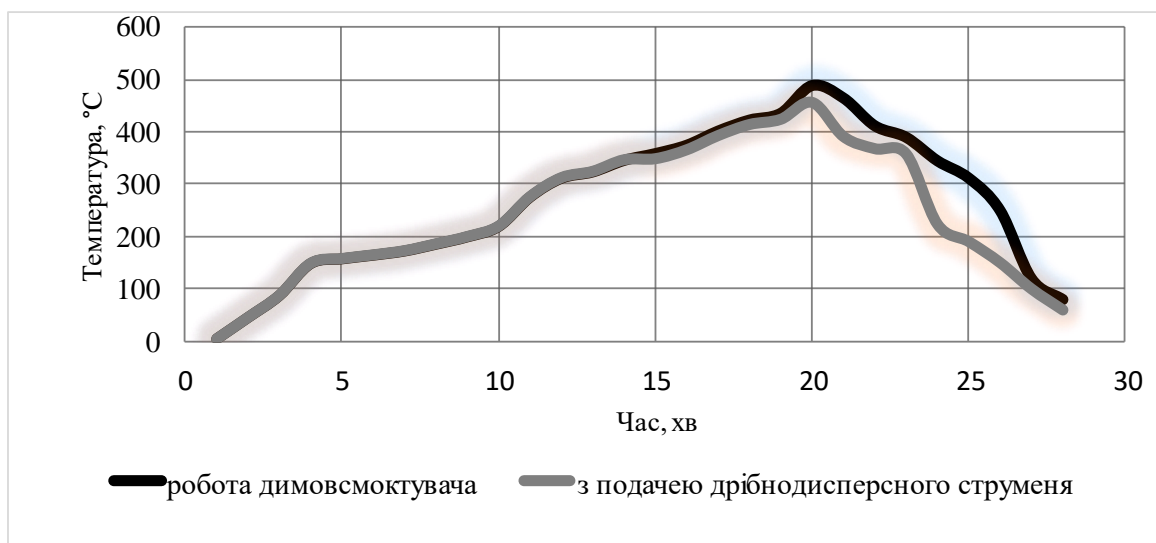


Рисунок 4 – Графік залежності температури і часу під час першого і другого етапу

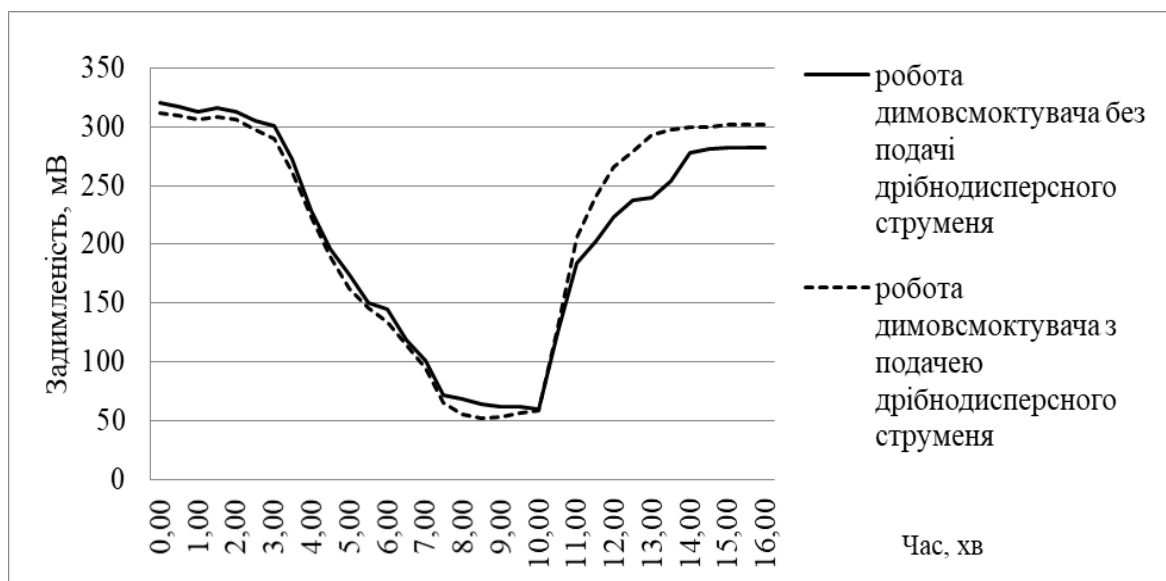


Рисунок 5 – Графік залежності задимленості в приміщенні під час проведення експериментальних досліджень

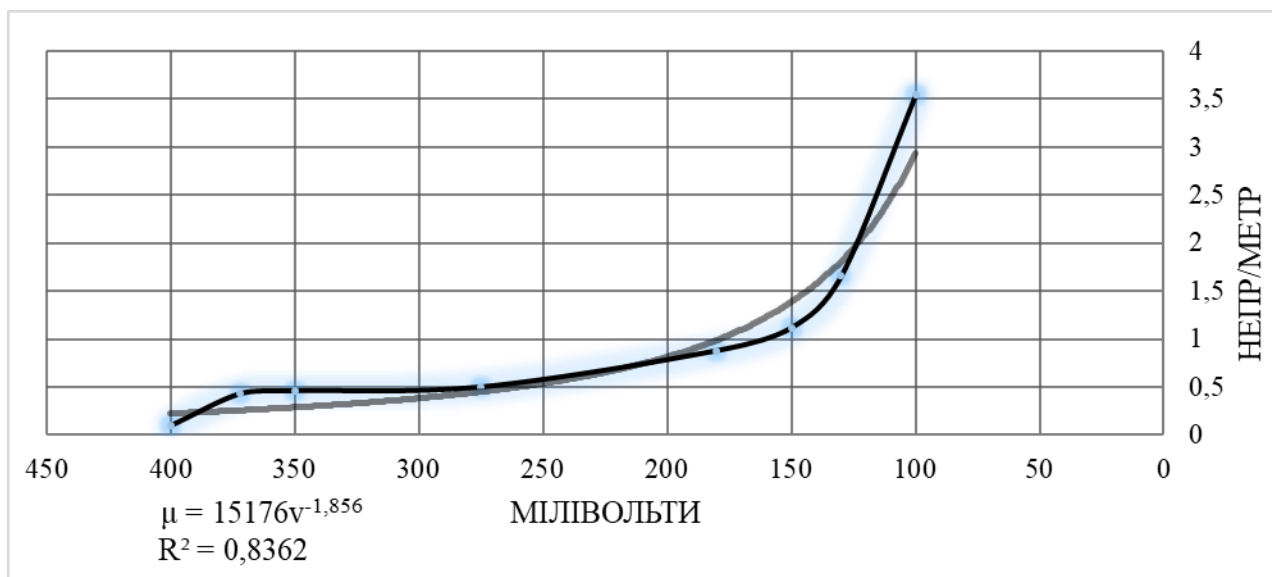


Рисунок 6 – Тарерувальний графік переведення у мВ в Н/м

Висновки. Розроблено установку, яка поєднує димовсмоктувач з пристроєм для подачі дрібнодисперсної води для зменшення температури та збільшення видимості в задимленому приміщенні. В результаті проведених досліджень розроблено та сконструйовано прилад для дослідження оптичної густини диму під час пожежі якому немає аналогів в Україні, та отримано патент на корисну модель.

Проведеними експериментальними дослідженнями встановлено:

- розроблений прилад працює в температурному діапазоні від 200 до 600°C

автономно без додаткового джерела живлення;

- отримано можливість визначати оптичну густину диму в умовах реальної пожежі.

Відповідно дослідження оптичної густини диму для збільшення видимості та зменшення температури в цокольних та підвальних приміщеннях при пожежі є актуальною науковою задачею, розв'язання якої дає можливість підвищити ефективність ліквідації пожеж в задимлених приміщеннях ланками ГЗДС.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Луц В.І. Підвищення ефективності застосування переносних пожежних димовсмоктувачів. Луц В.І. О.В. Лазаренко. Н.О. Штангрет.

2. Аналіз масиву карток обліку пожеж за 11 місяців 2016 року.

3. Будинки і споруди «Житлові будинки основні положення» ДБН В.2.2-15-2005. Чинні від 01.01.2006р.

4. Клюс П.П. «Пожежна тактика», підручник для вищих навчальних закладів пожежної безпеки МВС України, Харків «Основа», 1998.

5. Наказ МНС № 1342 від 16.12.2011 "Настанова з організації газодимозахисної служби в підрозділах Оперативно-рятувальної служби цивільного захисту МНС України".

6. Гуліда Е.М. Прогнозування величин оптичної густини диму при пожежі в приміщенні. Львівський державний університет безпеки життєдіяльності. Збірник наукових праць, «Пожежна безпека», 2011.- 65с.

7. ДСТУ 2273-93. ССБП. Пожежна техніка. Терміни та визначення.

8. Кошмаров Ю.А. Прогнозирование опасных факторов пожара в помещении. – М.: Академия ГПС МВД России, 2000.

9. Мирошніченко В.М. «Технологии дымоудаления», Дела техничские. 2007.

10. 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.
11. [Електронний ресурс]. – Доступний з E-mail: analyt@ukranalyt.com.ua
12. [Електронний ресурс]. – Доступний з <http://spec.ru/products/id/143/>
13. Бурарь Н. Ф. Ранжирование опасных факторов пожара методом экспериментальных оценок / Н. Ф. Бурарь, А. И. Фурсов и др. // Безопасность людей при пожарах : сб. научн. тр. – М. : Изд-во ВНИИПО, 1989. – С. 234-237.
14. Патент u201608098 Прилад для вимірювання оптичної густини диму/ Луц В. І., Лоїк В. Б., Петровський В. Л., Штангрет Н. О. (України); Опубл. 21.07.2016.
15. Методики з визначення параметрів небезпечних чинників пожежі (температури, оптичної густини диму) класів «А» і «Б» в об'ємах приміщень.

REFERENCES

1. Lushch V.I. Pidvyshchennia efektyvnosti zastosuvannia perenosnykh pozhezhnykh dymovsmoktuvachiv. Lushch V.I. O.V. Lazarenko. N.O. Shtanhret.
2. Analiz masyvu kartok obliku pozhezh za 11 misiatsiv 2016 roku.
3. Budynky i sporudy «Zhytlovi budynky osnovni polozhennia» DBN V.2.2-15-2005. Chynni vid 01.01.2006r.
4. Klius P.P. «Pozhezhna taktyka», pidruchnyk dlia vyshchykh navchalnykh zakladiv pozhezhnoi bezpeky MVS Ukrainy, Kharkiv «Osнова», 1998.
5. Nakaz MNS № 1342 vid 16.12.2011 "Nastanova z orhanizatsii hazodymozakhysnoi sluzhby v pidrozdilakh Operativno-riativalnoi sluzhby tsyvilnoho zakhystu MNS Ukrainy"
6. Hulida E.M. Prohnozuvannia velychyn optychnoi hustyny dymu pry pozhezhi v prymishchenni. Lvivskyi derzhavnyi universytet bezpeky zhyttiediialnosti. Zbirnyk naukovykh prats, «Pozhezhna bezpeka», 2011.- 65s.
7. DSTU 2273-93. SSBP. Pozhezhna tekhnika. Terminy ta vyznachennia.
8. Koshmarov Yu.A. Prognozirovanie opasnykh faktorov pozhara v pomeshchenii. – M.: Akademiya GPS MVD Rossii, 2000.
9. Mirosnichenko V.M. «Tekhnologii dymovidaleniya», Dela tekhnichiskie. 2007.
10. PatentUA № 55428 A 62 S 35/00 Prystirii dlia osadzhennia produktiv horinnia, znyzhennia temperatury ta zbilshennia vydymosti v zadymlynykh prymishchenniakh/ Kovalyshyn V.V., Lushch V. I., Melnyk P. I. (Ukrainy).4s; Opubl. 10.12.2010, biul. №23.
11. [Elektronnyi resurs]. – Dostupnyi z E-mail: analyt@ukranalyt.com.ua
12. [Elektronnyi resurs]. – Dostupnyi z <http://spec.ru/products/id/143/>
13. Burar N. F. Ranzhyrovanye opasnykh faktorov pozhara metodom eksperymentalnykh otsenok / N. F. Burar, A. Y. Fursov y dr. // Bezopasnost liudei pry pozharakh : sb. nauchn. tr. – M. : Yzd-vo VNYIPO, 1989. – S. 234-237.
14. Patent u201608098 Prylad dlia vymiriuvannia optychnoi hustyny dymu/ Lushch V. I., Loik V. B., Petrovskyi V. L., Shtanhret N. O. (Ukrainy); Opubl. 21.07.2016.
15. Metodyky z vyznachennia parametriv nebezpechnykh chynnykiv pozhezhi (temperatury, optychnoi hustyny dymu) klasiv «A» i «B» v obiemakh prymishchen.

Луц В. И., канд. техн. наук, доцент, Штангрет Н. О.,

Львовский государственный университет безопасности жизнедеятельности

РАЗРАБОТКА ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ОПТИЧЕСКОЙ ПЛОТНОСТИ ДЫМА В ОБЪЕМЕ ПОМЕЩЕНИЙ ПРИ ПОЖАРЕ

В статье проанализированы существующие устройства и способы, которые применяются для определения оптической плотности дыма в объемах помещения. Показана конструкция предлагаемого устройства, которое было сконструировано учеными из Львовского университета безопасности жизнедеятельности и приведен принцип его работы.

Ключевые слова : *оптическая плотность, дым и продукты горения, высокая температура.*

*V. Lusch, PhD in Technical Sciences, Docent, N. Shtangret,
Lviv State University of Life Safety*

DEVELOPMENT OF THE EQUIPMENT FOR THE OPTICAL DENSITY OF SMOKE INVESTIGATION IN THE ROOM DURING FIRE

Every day in our country there are more than 100 fires, in which 5-6 people die. The most complicated are fires that occur in basements and semi-basement floors. During fire breaking-out due to a large fire load, a large number of combustion products will be formed because of the absence of windows and large openings, respectively high temperature and high levels of smoke are accumulated in such premises, in these conditions, Gas Rescue Service units are required to work during the fires suppression and emergencies recovery. The issue of minimization of dangerous fire factors such as smoke and high temperature is remained problematic for the safe and effective work of the units of Gas Rescue Service of the Operative and Life Saving Service of Civil Defence of Ukraine, during leading the operational actions in gaseous and smoky premises.

The effectiveness of the fires suppression largely depends on the operating rate and work of fire fighting equipment, one of which is a smoke extractor. The analysis of the tactical and technical characteristics, constructive solutions and parameters of such smoke extractors mean that they are not able to provide rapid suppression of combustion products to increase the visibility and reduce the temperature in the premises and it complicates the leading of the operational actions of the units of Gas Rescue Service and jeopardizes the stuff.

After analyzing theoretical studies on the development of fire and smoke extract, we can see that practically the problems of smoke suppression and temperature reducing require additional research and solution. Part of the solution to this problem is proposed by the implementation of the setting-up in which we see the combination of a smoke extractor together with water mist feeding equipment for

suppression of combustion products and reducing the temperature.

After designing the construction of such an apparatus with an axial smoke extractor, there was a need to check its efficiency under laboratory conditions. But after analyzing, devices that will be able to help to perform the inspection test on its efficiency, it became actual to develop a device that can measure and test the density of smoke directly in conditions that correspond to the temperature in the real fire, and still the effect of high temperatures should not affect the work and displays of the device.

That's why its development was actual and expedient. A group of scientists at the Lviv State University of Life Safety was occupied by it. The task is solved by heat-resistant performance of the device, which will ensure its action for 20-30 minutes at the influence of high temperatures and other dangerous factors of fire.

As a result of using the self-contained power supply in the device, it can be used on places with no power supply.

Implementation of materials in the device that protect the main working electronic elements of the device from high temperatures allows you to work both in laboratory conditions and in real fire, not only keeping the shape stability, but also the operational characteristics that will ensure the reliability and long-term operation of the device in using.

Previous investigational studies that were conducted in laboratory conditions, confirmed the effectiveness of this device.

Key words: *optical dense, smoke and combustion products, high temperature, efficiency, development of the device.*