

УДК 614.8

*Д. П. Дубінін, к.т.н., доцент, доц. каф. (ORCID 0000-0001-8948-5240)
Національний університет цивільного захисту України, Черкаси, Україна*

ВИМІРЮВАЛЬНИЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ ПОЖЕЖОГАСІННЯ ТОНКОРОЗПИЛЕНОЮ ВОДОЮ

В роботі представлено та обґрунтовано конструкцію та режим роботи вимірювального комплексу для визначення ефективності технічних засобів пожежогасіння тонкорозпиленою водою. Вимірювальний комплекс складається з 5-ти комплексних датчиків вологості та температури, блоку обробки інформації з картою пам'яті та блоку живлення. Датчики підключаються до блоку обробки інформації (плати драйвера дисплею та слоту sd карти), який дозволяє обробити та записати отриману інформацію на карту пам'яті. Живлення вимірювального комплексу здійснюється від ноутбуку або повербанку, що підключаються до блоку обробки інформації. Обробка результатів вимірювань здійснюється за допомогою обчислювальної техніки (ноутбуку, планшету тощо) із заздалегідь встановленою програмою WPS Office або Microsoft Office. Зчитування інформації з датчиків відбувається кожну секунду, а загальний час вимірювання обмежується об'ємом карти пам'яті. Похибка вимірювань вологості та температури розробленим комплексом визначається виходячи з похибки вимірювань датчиків, що застосовуються. Для проведення вимірювань запропоновано схему де датчики розміщені на різних висотах та відстанях від осередку внутрішньої пожежі. За рахунок використання вимірювального комплексу здійснюється вимірювання показників температури та вологості при визначенні ефективності сучасних технічних засобів пожежогасіння тонкорозпиленою, які забезпечують мінімальну витрату вогнегасної речовини, мобільність та мають просту конструкцію. За рахунок оцінювання ефективності технічних засобів пожежогасіння тонкорозпиленою водою здійснюється визначення їх сфери використання, а за рахунок їх мобільності та автономності буде підвищено рівень безпеки особового складу пожежно-рятувальних підрозділів під час гасіння пожеж у тому числі в умовах ведення бойових дій.

Ключові слова: вимірювальний комплекс, тонкорозпилена вода, внутрішня пожежа, ефективність, технічний засіб пожежогасіння

1. Вступ

Механізм гасіння тонкорозпиленою водою (ТРВ) полягає в охолодженні зони горіння, зниженні теплового випромінювання від полум'я пожежі та концентрації кисню в зоні горіння [1]. При цьому слід зазначити, що вогнегасна ефективність ТРВ залежить від розміру крапель (дисперсності) та інтенсивності подавання ТРВ. Ці позначки визначають ефективність технічних засобів пожежогасіння тонкорозпиленою водою [2, 3].

В роботах [4, 5] проведені попередні чисельні дослідження щодо особливостей процесу заповнення водою ствола установки пожежогасіння періодично-імпульсної дії з подальшим її подрібненням ударною хвилею. Але здійснити оцінку ефективності технічних засобів пожежогасіння ТРВ при гасінні внутрішньої пожежі буде можливе за рахунок проведення вимірювань параметрів роботи технічних засобів пожежогасіння ТРВ (дисперсність крапель води, інтенсивність подавання вогнегасної речовини, тощо) та показників газового середовища при розвитку внутрішньої пожежі. На цей час застосовуються різні засоби вимірювання для визначення ефективності технічних засобів пожежогасіння, такі як тепловізори, газоаналізатори, термометри, анемометри, ультразвукові витратоміри, тощо. Але слід зазначити що кожен з цих засобів використовується індивідуально. У зв'язку з чим виникає необхідність у розробці вимірювального комплексу для визначення ефек-

тивності технічних засобів пожежогасіння тонкорозпиленою водою (далі – вимірювальний комплекс), який дозволить одночасно здійснювати вимірювання показників температури та вологості в залежності від часу при розвитку внутрішньої пожежі. Що, насамперед, дозволить оцінити ефективність технічних засобів пожежогасіння ТРВ при гасінні внутрішньої пожежі.

Актуальність створення вимірювального комплексу викликано потребою подальшого розвитку технічних засобів з отримання та доставки ТРВ в осередок пожежі з метою підвищення ефективності їхнього застосування.

2. Аналіз літературних даних і постановка проблеми

Вимірювання показників ефективності технічних засобів пожежогасіння ТРВ є дуже актуальним питанням при проведенні їх порівняльної оцінки та визначенні відповідних вимог до гасіння пожеж різного класу. Так в роботі [6] проведені експериментальні дослідження системи пожежогасіння ТРВ в умовах задимлення та в системах вентиляції при гасінні модельного осередку пожежі класу «А» в приміщенні розмірами 12,0×4,0×3,5 м. Для контролю за газовим середовищем використовувалися три термомпари, один детектор концентрації диму та один газоаналізатор, при цьому контроль газоаналізатора та доступ до нього здійснювався за допомогою програмного забезпечення COMFORT3 через картку ПК. За результатами проведених досліджень встановлено залежність часу гасіння пожежі від швидкості вентиляції при пожежі. Проведені дослідження були направлені на повне припинення горіння при гасінні ТРВ, при цьому розповсюдження ТРВ та її поступовий вплив в приміщенні не враховувалися, так як чотири форсунки були розміщені по довжині приміщення.

В роботі [7] проведені дослідження, в яких використовувалася експериментальна установка, що складалася з випробувальної камери, опорних каркасів сховища, горючих матеріалів, джерела вогню, системи ТРВ (форсунки, трубопроводи та насос) та системи діагностики (датчиків температури, хронометру та системи збору даних), а також мобільних та стаціонарних відеокамер для фіксації розвитку пожежі. За результатами досліджень встановлено, що основним показником за яким відбувався контроль це температура в приміщенні та її зміна при застосуванні ТРВ. При цьому слід зазначити, що такі показники як вологість та швидкість поширення ТРВ в приміщенні при дослідженнях не враховувалися.

В роботі [8] проведені дослідження із застосування ТРВ для гасіння пожежі класу «А» передбачали застосування експериментальної установки ТРВ, що включала форсунки ТРВ, термомпари та тензодатчик. За результатами досліджень встановлено оптимальний розмір отвору у форсунках для гасіння пожежі, а також такі показники, як розподіл об'ємного потоку, розмір крапель ТРВ та швидкість втрати маси твердого горючого матеріалу при пожежі, однак близьке розміщення термомпар та форсунок до осередку пожежі не дозволяють здійснити оцінку газового середовища за об'ємом в приміщенні, що значно знижує можливість, щодо визначення параметрів роботи технічних засобів ТРВ.

В роботі [9] проведені експериментальні дослідження щодо гасіння ТРВ пожежі класу «В», під чого здійснено вимірювання таких параметрів, як розподіл крапель туману за розміром і швидкість сопла за допомогою системи PDPA, температуру за допомогою термомпар і концентрацію газу за допомогою газоаналізатора. Отримані результати досліджень насамперед визначають ефективність систем пожежогасіння низького та високого тиску при їх використанні. Але системи пожежогасіння середнього тиску в дослідженнях не розглядалися.

Тому, проведення досліджень, щодо обґрунтування конструкції та параметрів роботи вимірювального комплексу для визначення ефективності технічних засобів пожежогасіння ТРВ є невизначеною частиною проблеми.

3. Мета і завдання дослідження

Метою даної роботи є обґрунтування та розробка вимірювального комплексу для визначення ефективності технічних засобів пожежогасіння тонкорозпиленою водою.

Для досягнення поставленої мети вирішувалися наступні завдання:

- науково-технічно обґрунтувати конструктивні особливості та параметри вимірювального комплексу;
- розробити техніку проведення вимірювань та методику обробки результатів вимірювання за допомогою вимірювального комплексу.

4. Матеріали та методи дослідження

Об'єктом дослідження є вимірювальний комплекс для визначення ефективності технічних засобів пожежогасіння тонкорозпиленою водою. Предметом дослідження – конструктивні особливості та параметри роботи вимірювального комплексу.

Основною гіпотезою є використання вимірювального комплексу з урахуванням його конструкції та технічних характеристик щодо визначення ефективності технічних засобів пожежогасіння тонкорозпиленою водою шляхом порівняння зміни вологості та температури під час розвитку внутрішньої пожежі. Обчислення отриманих результатів дослідження здійснюється за допомогою офісного пакету програмного забезпечення WPS Office або Microsoft Office.

5. Обґрунтування конструктивних особливостей та параметрів роботи вимірювального комплексу

Конструкція вимірювального комплексу представлена на рис. 1. Вимірювальний комплекс складається з блоку обробки інформації (1) (плати драйвера дисплею та слоту sd карти), живлення якого здійснюється за рахунок ноутбуку (2) (повербанку), що під'єднується за допомогою кабелю USB Type A – USB Type C (3). Вимірювання показників вологості та температури здійснюється датчиками (4), які підключені комплектним кабелем (5) до блоку обробки інформації (1). Отримана інформація з датчиків щодо вимірювання показників вологості та температури передається та зберігається на карті пам'яті (6). Опрацювання отриманої інформації щодо вимірюваних показників вологості та температури здійснюється за рахунок вилучення карти пам'яті (6) з блоку обробки інформації (1) та встановлення її в ноутбук (2).

На рис. 2 представлено загальний вид блоку обробки інформації, який є основним пристроєм вимірювального комплексу, на дисплеї в послідовному порядку відображаються така інформація як, назва файлу в який здійснюється запис даних (1), час останнього вимірювання в мілісекундах від включення (2), кількість вимірювань здійснених за час включення приладу (3), номери датчиків (загальна кількість датчиків 5 штук) (4), останнє значення вологості виміряне кожним датчиком (5), останнє значення температури виміряне кожним датчиком (6), кількість втрачених пакетів даних (7).

Вимірювання показників вологості та температури здійснюється за допомогою датчиків типу DHT22 Temperature and Humidity sensor, який складається з

модуля датчика, конектора RJ-11 6P4C, печатної плати адаптера інтерфейсу датчика та печатного корпусу для кріплення плати до конектора.



Рис. 1. Вимірювальний комплекс для визначення ефективності технічних засобів пожежогасіння тонкорозпиленою водою: 1 – блок обробки інформації; 2 – ноутбук (повербанк); 3 – кабель USB Type A – USB Type C; 4 – датчики для вимірювання вологості та температури; 5 – комплектний кабель; 6 – карта пам'яті

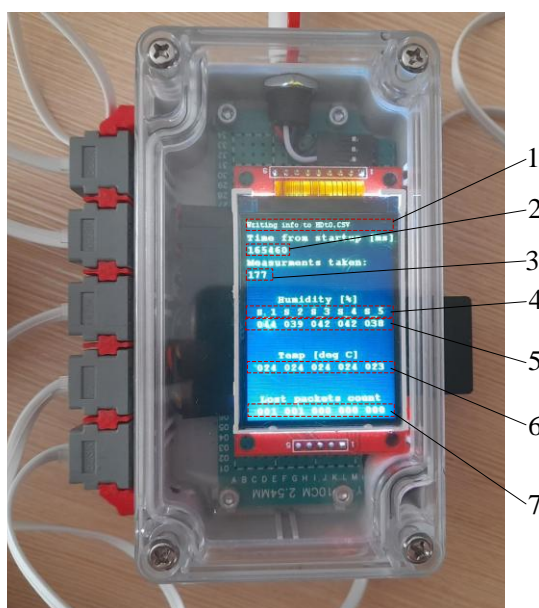


Рис. 2. Блок обробки інформації вимірювального комплексу: 1 – назва файлу в який здійснюється запис даних; 2 – час останнього вимірювання в мілісекундах від включення; 3 – кількість вимірювань здійснених за час включення приладу; 4 – номери датчиків; 5 – останнє значення вологості виміряне кожним датчиком; 6 – останнє значення температури виміряне кожним датчиком; 7 – кількість втрачених пакетів даних

DHT22 Temperature and Humidity sensor – цифровий датчик для визначення температури та вологості у навколишньому середовищі, що має більш високий рівень точності вимірювання та ширший діапазон вимірюваних значень (вологість від 0 % до 100 %, температура від -40°C до 125°C). Напруга живлення складає 3,3 – 5 В, струм – 2,5 мА, частота дискретизації трохи більше 0,5 Гц (один раз на 2 с), точність вимірювання вологості – $\pm 2\%$ RH, точність вимірювання температури – $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$.

Блок обробки інформації вимірювального комплексу (плати драйвера дисплею та слоту sd карти) складається з пластикового корпусу, дисплею 2.2 TFT Colorful Display та мікроконтролеру типу STM32F303CCT6.

2.2 TFT Colorful Display відображає якісну картинку з 18 біт кольору (262144 відтінків) за обробку відповідає контролер ILI9341, а підсвічування здійснюється за допомогою чотирьох LED діодів з підтримкою ШІМ. Напруга живлення становить 3,3 В. Споживання струму засноване на використанні світлодіодного підсвічування: при повному підсвічуванні споживання становить 90 мА. Робоча температура –20 °С...60 °С. Додатково на модулі дисплея встановлено роз'єм для SD-картки, який використовується для зберігання та завантаження зображень на дисплей. Висновки для підключення картки SD безпосередньо до мікроконтролера виведені окремо, на протилежну від основних контактів сторону. Також дисплей має вбудовану мікросхему SPI Flash пам'яті для зберігання графічних елементів.

Мікроконтролер загального призначення STM32F303CCT6 на інтерфейсній платі. Максимальна частота роботи 72 МГц, 32-біт ядро Cortex-M4F, об'єми flash до 256 Кб, SRAM до 48 Кб 12 каналів DMA контролера 32-біт, до 4-х швидких АЦП (0,2 мкс), до 39 каналів, до 7 аналогових компараторів, до 4-х ОУ з програмованим коефіцієнтом підсилення. Інтерфейси USB 2.0 FS, CAN 2.0, HDMI до 5 USART, до 3 SPI, 2×I2S, 2×I2C, HDMI (CEC), до 17 таймерів 16/32 – біта, апаратні годинники реального часу (RTC), напруга живлення від 2 до 3,6 В.

Інформація з датчиків, щодо вимірювань показників вологості та температури зберігається на карті пам'яті типу Kingston microSDHC 32GB Canvas Select Plus Class 10 UHS-I U1 V10 A1 + SD-адаптер (SDCS2/32GB). Перед використанням карти пам'яті необхідно здійснити її форматування в файлової системі FAT32 з розміром кластеру 4096. При ініціалізації пристрій рахує кількість файлів вже записаних на карту та якщо їх кількість не досягла максимальної (256 файлів) створюється файл назва якого продовжує їх нумерацію.

Живлення вимірювального комплексу здійснюється від ноутбуку або повербанку, який підключається до блоку обробки інформації за допомогою кабелю USB Type A – USB Type C.

Обчислення та опрацювання результатів вимірювання здійснюється за допомогою обчислювальної техніки (ноутбуку, планшету, тощо) із заздалегідь встановленим офісним пакетом програмного забезпечення WPS Office або Microsoft Office.

Проведення експериментальних досліджень, щодо застосування вимірювального комплексу здійснюються за принциповою схемою, що наведена на рис. 3.

Проведення досліджень здійснюється в наступній послідовності. Збирається конструкція з поліпропіленових труб діаметром 32 мм відповідно до рис. 3. При цьому загальна довжина конструкції складає 6 м, що містить три труби (6) по 2,0 м на якій розташовані датчики для вимірювання вологості та температури (5) у кількості 5 штук на відстані 1,5 м один від одного, що підключені до блоку обробки інформації (3) за допомогою комплектного кабелю (4), який знаходиться в середині, а труби (7) в конструкції дозволяють змінювати розміщення датчиків в приміщенні (8) за висотою 1,0 м, 1,5 м та 2 м, що дозволяє здійснити вимірювання в різних точках приміщення. Конструкція з труб з інтегруванням датчиків збирається в приміщенні, а вимірювальний комплекс знаходиться ззовні. Ствол технічного засобу пожежогасіння тонкорозпиленою водою (10) знаходиться в приміщенні та при запуску вимірювального комплексу здійснюється подача водяного струменя ТРВ (11) при цьому розташування конструкції запобігає попаданню крапель струменя ТРВ на датчики (5).

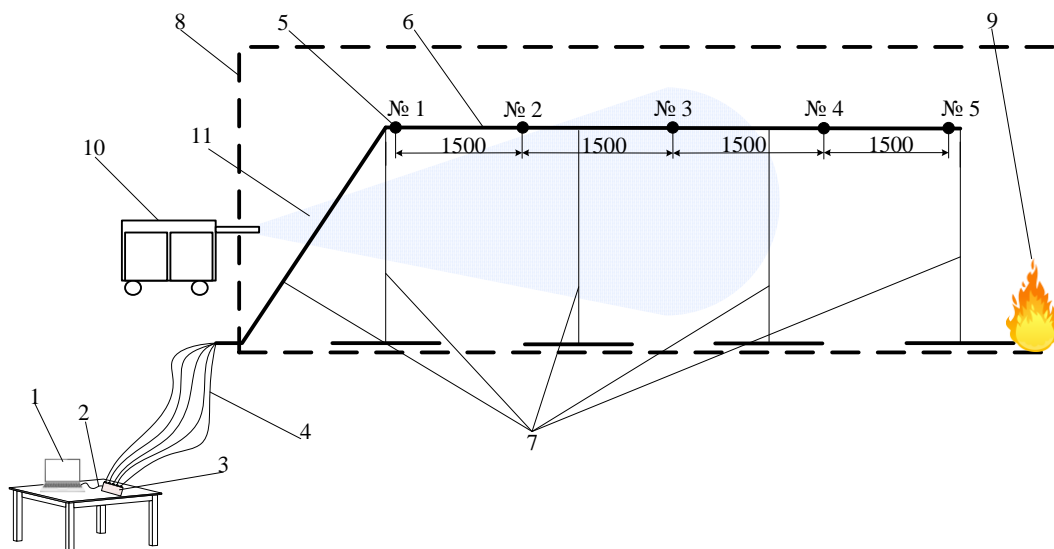


Рис. 3. Принципова схема для проведення експериментального дослідження за допомогою вимірювального комплексу: 1 – ноутбук (повербанк); 2 – кабель USB Type A – USB Type C; 3 – блок обробки інформації; 4 – комплектний кабель; 5 – датчики для вимірювання вологості та температури; 6 – конструкція з пластикових труб довжиною 2,0 м; 7 – конструкція з пластикових труб довжиною 1,0; 1,5 та 2,0 м; 8 – приміщення; 9 – осередок горіння; 10 – технічний засіб пожежогасіння ТРВ; 11 – струмінь ТРВ

Включення вимірювального комплексу при проведенні досліджень здійснюється в наступній послідовності. Датчики для вимірювання вологості та температури (5) інтегровані в збірну конструкцію з поліпропіленових труб та підключені комплектним кабелем (4) до блоку обробки інформації (3), при цьому підготовлена карта пам'яті (форматована) вставлена в отвір блоку обробки інформації (3), який підключено до ноутбука (повербанку) 1 за допомогою кабелю USB Type A – USB Type C (2). Після чого здійснюємо підпалювання модельного осередку пожежі (9) та включаємо ноутбук (1) і починаємо здійснювати подачу водяного струменя ТРВ (11) з технічного засобу пожежогасіння (10) в середину приміщення і в залежності від етапу вимірювання повторюємо у такій послідовності. Після завершення досліджень припиняємо подачу водяного струменя ТРВ та вимикаємо блок обробки інформації від'єднуючи від джерела живлення. Карту пам'яті з інформацією з результатами досліджень вилучаємо з блоку обробки інформації та підключаємо карту пам'яті до ноутбука та здійснюємо подальше опрацювання та обчислення збережених файлів з результатами досліджень.

6. Техніка обчислення результатів вимірювання за допомогою вимірювального комплексу

Після закінчення вимірювань вологості та температури за допомогою вимірювального комплексу, оператор вилучає з блоку обробки інформації карту пам'яті та встановлює її у слот під карту пам'яті в ноутбуці. При відкритті карти пам'яті відображаються файли з відповідною назвою, наприклад «HDT0, 1, 2...» (рис. 4).

Відкривши файл «HDT0» з'являється інформація, що отримана за результатами вимірювань (рис. 5). Горизонтально відображена інформація стосовно показників вимірювання, таких як «Milliseconds From Startup – мілісекунди», «RH (Humidity) – вологість», «T (temperature) – температура», «S_1...5 – датчики», а вертикально наведені значення вимірювання вологості та температури в залежності від часу вимірювання з усіх 5-ти датчиків.

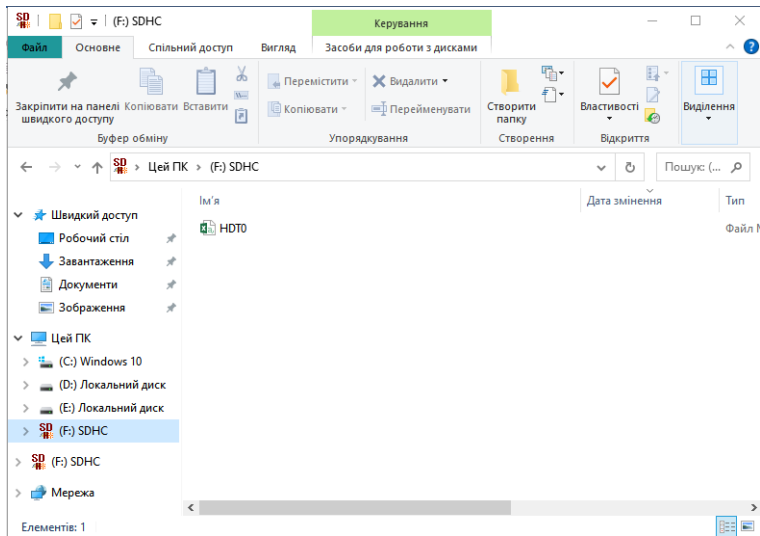


Рис. 4. Збережений файл на карті пам'яті за результатами вимірювання

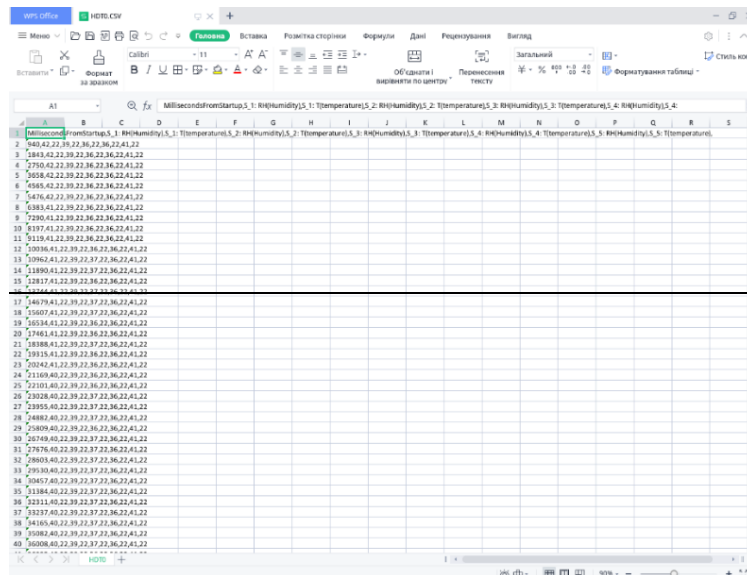


Рис. 5. Отримані результати вимірювання показників вологості та температури з 5-ти датчиків файлі в залежності від часу

Отримані значення вологості та температури опрацьовуємо за допомогою офісного пакету програмного забезпечення WPS Office або Microsoft Office у вигляді побудови графіків та діаграм. На рис. 6 побудовано графік отриманих значень вологості в залежності від часу з 5-ти датчиків з кроком вимірювання 1 с, де кожне вимірювання з датчику виділено відповідним кольором.

З рис. 6 видно зміну значень вологості за часом, де температура на 5-ти датчиках залишається постійною та складає 22 °С, при цьому мінімальне значення вологості складає 28 %, максимальне – 84 %, це обумовлено, насамперед, розташуванням датчиків в різних місцях приміщення. При використанні вимірювального комплексу при розвитку внутрішньої пожежі значення з 5-ти датчиків за температурою та вологістю будуть суттєво відрізнятися, так як вони будуть розміщені між собою на визначеній відстані відповідно до рис. 3. За отриманими результатами вимірювань можна дослідити залежність температури та вологості від часу, що дозволить оцінити ефективність технічних засобів пожежогасіння тонкорозпиленою водою при розвитку внутрішньої пожежі.

7. Обговорення результатів досліджень, отриманих при використанні вимірювального комплексу

Проведені дослідження дозволили обґрунтувати конструктивні особливості та параметри роботи вимірювального комплексу. Порівнюючи роботу вимірювального комплексу, наприклад з тепловізором, який дозволяє фіксувати температуру тільки в визначеному місці, з сучасними засобами вимірювання (термопара, газоаналізатор, ультразвуковий витратомір, анемометр тощо) то тут постає одне важливе питання, як висока вартість. З рахуванням цього вимірювальний комплекс дозволяє визначити комплексно зміну вологості та температури під час розвитку внутрішньої пожежі. Але застосування вимірювального комплексу обмежується технічними характеристиками датчиків DHT22 Temperature and Humidity sensor, а саме максимальною температурою, яка складає 125 °С, але ця технічна складова вирішується за рахунок використання інших датчиків. В подальшому в конструкцію вимірювального комплексу необхідно внести технічні зміни щодо вимірювання складу газового середовища при розвитку пожежі.

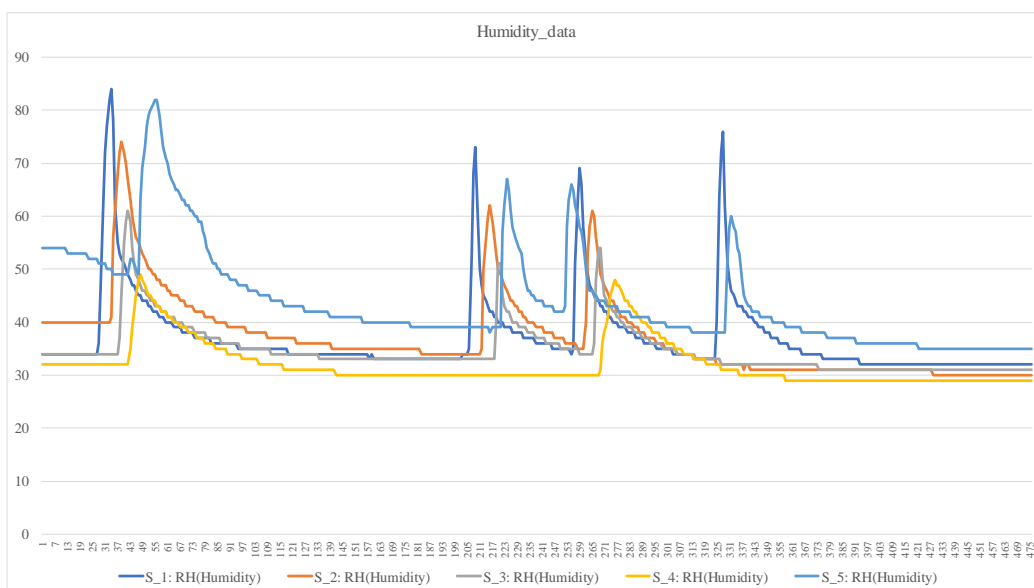


Рис. 6. Графік вологості RH (Humidity) вимірювальним комплексом

Отримані результати дослідження дозволяють оцінити кожний технічний засіб пожежогасіння в залежності від таких показників, як інтенсивність подавання вогнегасної речовини, клас пожежі, дисперсність або розмір крапель води. В якості технічних засобів пожежогасіння тонкорозпиленою водою можуть використовуватися установки та системи пожежогасіння високого тиску – при тиску 34,5 бар або більше [10]; середнього тиску – при тиску більше 12,1 бар, але менше 34,5 бар [10]; низького тиску – при тиску 12,1 бар або менш [10]; пожежні ручні стволи високого тиску, що подають вогнегасну речовину від пожежно-рятувальних автомобілів [11, 12]; мобільні установки та засоби пожежогасіння [13–15]. Проведені дослідження є основним етапом для підтвердження попередніх чисельних досліджень, математичного моделювання та випробування технічних засобів пожежогасіння перед початком їх експлуатації.

8. Висновки

1. Обґрунтовано конструктивні особливості та параметри роботи вимірювального комплексу для визначення ефективності технічних засобів Fire safety. DOI: 10.52363/2524-0226-2024-40-12

пожежогасіння тонкорозпиленою водою. Встановлено, що в приладі для визначення показників вологості та температури в залежності від часу є датчики типу DHT22 Temperature and Humidity sensor, що підключені до блоку обробки інформації (плати драйвера дисплею та слоту sd карти), який складається з дисплею 2.2 TFT Colorful Display, мікроконтролеру типу STM32F303CCT6 та здійснює отримання та зберігання інформації у вигляді файлу на карту пам'яті, при цьому живлення вимірювального комплексу здійснюється від ноутбуку або повербанку.

2. Обчислення та опрацювання отриманих результатів вимірювання вологості та температури здійснюється за допомогою офісного пакету програмного забезпечення WPS Office або Microsoft Office у вигляді побудови графіків та діаграм. Так на побудованому рис. 6 видно зміну значень вологості за часом, де температура на 5-ти датчиках залишається постійною та складає 22 °С, при цьому мінімальне значення вологості складає 28 %, максимальне – 84 %, це обумовлено, насамперед, розташуванням датчиків в різних місцях приміщення. За отриманими результатами вимірювань можна дослідити залежність температури та вологості від часу, що дозволить оцінити ефективність технічних засобів пожежогасіння тонкорозпиленою водою при розвитку внутрішньої пожежі.

Література

1. Дубінін Д. П. Дослідження вимог до перспективних засобів пожежогасіння тонкорозпиленою водою. Проблеми надзвичайних ситуацій. 2021. № 33. С. 15–29. doi: 10.52363/2524-0226-2021-33-2
2. Liu Y., Wang X., Liu T., Ma J., Li G., Zhao Z. Preliminary study on extinguishing shielded fire with water mist. *Process Safety and Environmental Protection*. 2020. 141. P. 344–354. doi: 10.1016/j.psep.2020.05.043
3. Liu Y., Fu Z., Zheng G., Chen P. Study on the effect of mist flux on water mist fire extinguishing. *Fire Safety Journal*. 2022. 130. P. 103601. doi: 10.1016/j.firesaf.2022.103601
4. Дубінін Д. П., Коритченко К. В., Криворучко Є. М., Рагімов С. Ю., Тригуб В. В. Особливості процесу заповнення водою ствола установки пожежогасіння періодично-імпульсної дії. Проблеми надзвичайних ситуацій. 2023. № 38. С. 69–79. doi: 10.52363/2524-0226-2023-38-5
5. Dubinin D., Korytchenko K., Krivoruchko Y., Tryfonov O., Sakun O., Ragimov S., Tryhub V. Numerical studies of the breakup of the water jet by a shock wave in the barrel of the fire extinguishing installation. *Sigurnost*. 2024. 66 (2). P. 139–150. doi: 10.31306/s.66.2.4
6. Liu W.-Y., Chen C.-H., Shu Y.-L., Chen W.-T., Shu C.-M. Fire suppression performance of water mist under diverse desmoking and ventilation conditions. *Process Safety and Environmental Protection*. 2020. 133. P. 230–242. doi: 10.1016/j.psep.2019.10.019
7. Santangelo P. E., Tartarini P. Full-scale experiments of fire suppression in high-hazard storages: A temperature-based analysis of water-mist systems. *Applied Thermal Engineering*. 2012. 45–46. P. 99–107. doi: 10.1016/j.applthermaleng.2012.04.011
8. Santangelo P. E., Jacobs B. C., Ren N., Sheffel J. A., Corn M. L., Marshall A. W. Full-scale experiments of fire suppression in high-hazard storages: Suppression effectiveness of water-mist sprays on accelerated wood-crib fires. *Fire Safety Journal*. 2014. 70. P. 98–111. doi: 10.1016/j.firesaf.2014.08.012

9. Hamzhepour A., Verda V., Borchiellini R. Experimental study of extinguishing shielded fires by a low-pressure multi-orifice water mist nozzle. *Fire Safety Journal*. 2024. 146. P. 104175. doi: 10.1016/j.firesaf.2024.104175
10. NFPA 750. Standard on Water Mist Fire Protection Systems, 2023.
11. Rosenbauer International AG. URL: <https://www.rosenbauer.com>
12. AWG Fittings GmbH. URL: <https://awg-fittings.com>
13. Dubinin D., Korytchenko K., Lisnyak A., Hrytsyna I., Trigub V. Improving the installation for fire extinguishing with finely-dispersed water. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2018. 2/10(92). P. 8–43. doi: 10.15587/1729-4061.2018.127865
14. Korytchenko K., Sakun O., Dubinin D., Khilko Y., Slepuzhnikov E., Nikorchuk A., Tsebriuk I. Experimental investigation of the fire-extinguishing system with a gasdetonation charge for fluid acceleration. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2018. 3/5(93). P. 47–54. doi: 10.15587/1729-4061.2018.134193
15. IFEX GmbH. URL: <https://www.ifex3000.com>

*D. Dubinin, PhD, Associate Professor, Associate Professor of the Department
National University of Civil Protection of Ukraine, Cherkasy, Ukraine*

MEASURING COMPLEX FOR DETERMINING THE EFFICIENCY OF FIRE EXTINGUISHING EQUIPMENT WITH FINE SPRAY WATER

The work presents and substantiates the design and operation mode of the measuring complex for determining the effectiveness of technical means of fire extinguishing with finely sprayed water. The measuring complex consists of 5 integrated humidity and temperature sensors, an information processing unit with a memory card and a power supply unit. The sensors are connected to the information processing unit (display driver board and sd card slot), which allows you to process and record the received information on a memory card. The measuring complex is powered by a laptop or power bank connected to the information processing unit. Processing of measurement results is carried out using computing equipment (laptop, tablet, etc.) with the pre-installed WPS Office or Microsoft Office program. Information is read from the sensors every second, and the total measurement time is limited by the memory card. The error of humidity and temperature measurements by the developed complex is determined based on the measurement error of the sensors used. For measurements, a scheme is proposed where the sensors are placed at different heights and distances from the center of the internal fire. Due to the use of the measuring complex, temperature and humidity indicators are measured when determining the effectiveness of modern technical means of fire extinguishing with fine spray, which ensure minimal consumption of extinguishing agent, mobility and have a simple design. By evaluating the efficiency of technical means of fire extinguishing with finely sprayed water, their scope of use is determined, and due to their mobility and autonomy, the level of safety of the personnel of fire and rescue units during fire extinguishing, including in the conditions of combat operations, will be increased.

Keywords: measuring complex, finely sprayed water, internal fire, efficiency, technical means of fire extinguishing

References

1. Dubinin, D. (2021). Doslidzhennja vymog do perspektyvnyh zasobiv pozhezhogasinnja tonkorozpylenoju vodoju. *Problemy nadzvychajnyh situacij*, 33, 15–29. doi: 10.52363/2524-0226-2021-33-2
2. Liu, Y., Wang, X., Liu, T., Ma, J., Li, G., Zhao, Z. (2020). Preliminary study on extinguishing shielded fire with water mist. *Process Safety and Environmental Protection*, 141, 344–354. doi: 10.1016/j.psep.2020.05.043
3. Liu, Y., Fu, Z., Zheng, G., Chen, P. (2022). Study on the effect of mist flux on Fire safety. DOI: 10.52363/2524-0226-2024-40-12

water mist fire extinguishing. *Fire Safety Journal*, 130, 103601. doi: 10.1016/j.firesaf.2022.103601

4. Dubinin, D., Korytchenko, K., Kryvoruchko, Je., Ragimov S., Trygub, V. (2023). Osoblyvosti procesu zapovnennja vodoju stvola ustanovky pozhezhogasinnja periodychno-impul'snoi' dii'. *Problemy nadzvyhajnyh sytuacij*, 38, 69–79. doi: 10.10.52363/2524-0226-2023-38-5

5. Dubinin, D., Korytchenko, K., Krivoruchko, Y., Tryfonov, O., Sakun, O., Ragimov, S., Tryhub, V. (2024). Numerical studies of the breakup of the water jet by a shock wave in the barrel of the fire extinguishing installation, *Sigurnost*, 66 (2), 139–150. doi: 10.31306/s.66.2.4

6. Liu, W.-Y., Chen, C.-H., Shu, Y.-L., Chen, W.-T., Shu, C.-M. (2020). Fire suppression performance of water mist under diverse desmoking and ventilation conditions, *Process Safety and Environmental Protection*, 133, 230–242. doi: 10.1016/j.psep.2019.10.019

7. Santangelo, P. E., Tartarini, P. (2012). Full-scale experiments of fire suppression in high-hazard storages: A temperature-based analysis of water-mist systems, *Applied Thermal Engineering*, 45–46, 99–107. doi: 10.1016/j.applthermaleng.2012.04.011

8. Santangelo, P. E., Jacobs, B. C., Ren, N., Sheffel, J. A., Corn, M. L., Marshall, A. W. (2014). Full-scale experiments of fire suppression in high-hazard storages: Suppression effectiveness of water-mist sprays on accelerated wood-crib fires, *Fire Safety Journal*, 70, 98–111. doi: 10.1016/j.firesaf.2014.08.012

9. Hamzehpour, A., Verda, V., Borchiellini, R. (2024). Experimental study of extinguishing shielded fires by a low-pressure multi-orifice water mist nozzle, *Fire Safety Journal*, 146, 104175. doi: 10.1016/j.firesaf.2024.104175

10. NFPA 750. (2023). Standard on Water Mist Fire Protection Systems.

11. Rosenbauer International AG. Available at: <https://www.rosenbauer.com>

12. AWG Fittings GmbH. Available at: <https://awg-fittings.com>

13. Dubinin, D., Korytchenko, K., Lisnyak, A., Hrytsyna, I., Trigub, V. (2018). Improving the installation for fire extinguishing with finely-dispersed water. *EasternEuropean Journal of Enterprise Technologies*, 2/10 (92), 8–43. doi:10.15587/1729-4061.2018.127865

14. Korytchenko, K., Sakun, O., Dubinin, D., Khilko, Y., Slepuzhnikov, E., Nikorchuk, A., Tsebriuk, I. (2018). Experimental investigation of the fire-extinguishing system with a gasdetonation charge for fluid acceleration. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 3/5(93), 47–54. doi: 10.15587/1729-4061.2018.134193

15. IFEX GmbH. Available at: <https://www.ifex3000.com>

Надійшла до редколегії: 11.10.2024

Прийнята до друку: 12.11.2024