



МАТЕРІАЛИ ДРУКУЮТЬСЯ УКРАЇНСЬКОЮ,
АНГЛІЙСЬКОЮ ТА ПОЛЬСЬКОЮ МОВАМИ

ЗБІРНИК НАУКОВИХ ПРАЦЬ

ПОЖЕЖНА БЕЗПЕКА

ЛДУ БЖД

№ 41, 2022

заснований у 2002 році

РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ:

Паснак І.В., *головний редактор*, к.т.н., доц., Львівський державний університет безпеки життєдіяльності, Україна; **Лавренюк О.І.**, *заступник головного редактора*, к.т.н., доц., Львівський державний університет безпеки життєдіяльності, Україна; **Яковчук Р.С.**, *заступник головного редактора*, д.т.н., доц., Львівський державний університет безпеки життєдіяльності, Україна; **Пазен О.Ю.**, *відповідальний секретар*, к.т.н., Львівський державний університет безпеки життєдіяльності, Україна; **Баланюк В.М.**, д.т.н., доц., Львівський державний університет безпеки життєдіяльності, Україна; **Башинський О.І.**, к.т.н., доц., Львівський державний університет безпеки життєдіяльності, Україна; **Вовк С.Я.**, к.т.н., доц., Львівський державний університет безпеки життєдіяльності, Україна; **Гащук П.М.**, д.т.н., проф., Львівський державний університет безпеки життєдіяльності, Україна; **Демчина Б.Г.**, д.т.н., проф., Національний університет «Львівська політехніка», Україна; **Домінік А.М.**, к.т.н., доц., Львівський державний університет безпеки життєдіяльності, Україна; **Смельяненко С.О.**, к.т.н., Львівський державний університет безпеки життєдіяльності, Україна; **Кирилів В.І.**, к.т.н., с.н.с., Фізико-механічний інститут ім. Г.В. Карпенка, Україна; **Коваленко В.В.**, к.т.н., с.н.с., Інститут державного управління та наукових досліджень з цивільного захисту, Україна; **Ковалишин В.В.**, д.т.н., проф., Львівський державний університет безпеки життєдіяльності, Україна; **Коваль М.С.**, д.пед.н., проф., Львівський державний університет безпеки життєдіяльності, Україна; **Козяр М.М.**, д.пед.н., проф., Член-кореспондент НАПН України, Львівський державний університет безпеки життєдіяльності, Україна; **Костенко В.К.**, д.т.н., проф., Донецький національний технічний університет МОН України, Україна; **Кузик А.Д.**, д.с-г.н., проф., Львівський державний університет безпеки життєдіяльності, Україна; **Лозинський Р.Я.**, к.т.н., доц., Львівський державний університет безпеки життєдіяльності, Україна; **Лоїк В.Б.**, к.т.н., доц., Львівський державний університет безпеки життєдіяльності, Україна; **Михалічко Б.М.**, д.х.н., проф., Львівський державний університет безпеки життєдіяльності, Україна; **Попович В.В.**, д.т.н., проф., Львівський державний університет безпеки життєдіяльності, Україна; **Придатко О.В.**, к.т.н., доц., Львівський державний університет безпеки життєдіяльності, Україна; **Птак Сімон**, PhD, Головна школа пожежної служби, Польща; **Ратушний Р.Т.**, д.т.н., проф., Львівський державний університет безпеки життєдіяльності, Україна; **Ренкас А.А.**, к.т.н., Львівський державний університет безпеки життєдіяльності, Україна; **Тацій Р.М.**, д.ф.-м.н., проф., Львівський державний університет безпеки життєдіяльності, Україна; **Тригуба А.М.**, д.т.н., проф., Львівський національний аграрний університет, Україна; **Шукіс Рітолдас**, PhD, доц., Вільнюський технічний університет ім. Гедиміна, Литва; **Ярош Войцех**, PhD, Головна школа пожежної служби, Варшава, Польща.

ISSN 2078-6662 (print)
ISSN 2708-1087 (online)

DOI: 10.32447/20786662.41.2022.00

ЗАСНОВНИКИ

Львівський державний університет
безпеки життєдіяльності (ЛДУ БЖД);
Український науково-дослідний інститут
цивільного захисту (УкрНДЦЗ).

ВИДАВЕЦЬ

Львівський державний університет
безпеки життєдіяльності (ЛДУ БЖД).

ЗАРЕЄСТРОВАНО

Державною реєстраційною службою України
14.07.2014 р. Серія КВ №20916-10716 ПР

**ВНЕСЕНО ДО ПЕРЕЛІКУ НАУКОВИХ ФАХОВИХ ВИДАНЬ УКРАЇНИ
ЯК ДРУКОВАНЕ ПЕРІОДИЧНЕ ВИДАННЯ КАТЕГОРІЇ «Б»**
(Наказ МОН України від 02.07. 2020 року № 886)

ВНЕСЕНО ДО БІБЛОГРАФІЧНИХ БАЗ ДАНИХ:
«*НАУКОВА ПЕРІОДИКА УКРАЇНИ*» В НАЦІОНАЛЬНІЙ БІБЛІОТЕЦІ УКРАЇНИ
ІМ. В.І. ВЕРНАДСЬКОГО, «*ULRICH'S PERIODICALS DIRECTORY*»,
«*GOOGLE SCHOLAR*»

Рекомендовано до друку рішенням Вченої ради ЛДУ БЖД
(Протокол № 5 від 14.12.2022 р.)

Літературний редактор Падик Г.М.

Технічний редактор Сорочич М.П.

Комп'ютерна верстка Беседа А.В.

Друк на різнографі Петролюк Н.І.

Відповідальний за друк Беседа А.В.

АДРЕСА РЕДАКЦІЇ: ЛДУ БЖД, вул. Клепарівська, 35, м. Львів, 79007

Контактні телефони: (032) 233-24-79, тел/факс 233-00-88

E-mail: pb_zbirnyk@ldubgd.edu.ua

Збірник наукових праць «Пожежна безпека» видається з 2002 року.
Запланована періодичність: 2 рази на рік. Тематична спрямованість: оригінальні
та оглядові праці в галузі технічних наук з напрямку «пожежна безпека» за
спеціальністю 261 – пожежна безпека.

Здано в набір 15.12.2022. Підписано до друку 16.12.2022.
Формат 60x84^{1/3}. Папір офсетний. Ум. друк. арк. 8,50.
Гарнітура Times New Roman. Друк на різнографі.
Наклад: 100.
Друк: ЛДУ БЖД
вул. Клепарівська, 35, м. Львів, 79007.

ЗМІСТ

CONTENTS

І. І. Адольф, В. І. Товарианський
ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ
ЗАСТОСУВАННЯ ТЕПЛОЗАХИСНИХ ПАНЕЛЕЙ
НА ПІДПРИЄМСТВАХ ШВЕЙНОЇ ПРОМИСЛО-
ВОСТІ НА ОСНОВІ FDS МОДЕЛЮВАННЯ

5

I. I. Adolf, V. I. Tovarianskyi
RESEARCH OF THE EFFICIENCY OF THE
APPLICATION OF THE HEAT-SHIELDING
PANELS AT THE ENTERPRISES OF THE SEWING
INDUSTRY ON THE BASIS OF FDS SIMULATION

**В. М. Баланюк, В. С. Мирошкін,
Ю. О. Копистинський, О. І. Гірський,
О. І. Гарасим'юк**
ПОРІВНЯННЯ ВОГНЕГАСНИХ РЕЧОВИН ДЛЯ
ГАСІННЯ ПОЖЕЖ ЛЕГКОЗАЙМИСТИХ ТА
ГОРЮЧИХ РІДИН

12

**V. M. Balanyuk, V. S. Myroshkin, Y. O. Kopystinsky,
O. I. Hirskiy, O. I. Garasimiuk**
COMPARISON OF FIRE EXTINGUISHING
SUBSTANCES FOR EXTINGUISHING FIRES OF
FLAMMABLE LIQUIDS

**Я. В. Балло, Р. С. Яковчук, О. І. Казітін,
І. Г. Стилик**
АНАЛІЗ ОСНОВНИХ МЕТОДІВ ОЦІНЮВАННЯ
ПОШИРЕННЯ ПОЖЕЖІ ПО ФАСАДАХ БУДІВЕЛЬ

20

Y. B. Ballo, R. S. Yakovchuk, O. I. Kahitin, I. G. Stylik
ANALYSIS OF THE MAIN METHODS OF ASSESSING
THE SPREAD OF FIRE THROUGH BUILDING
FACADES

Р. Б. Веселівський, Д. В. Смоляк
ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ
ВОГНЕЗАХИСНОЇ ЗДАТНОСТІ
ВОГНЕЗАХИСНОГО ПОКРИТТЯ НА ОСНОВІ
ПОЛІСИЛОКСАНУ ТА АЛЮМІНІЮ ОКСИДУ ДЛЯ
СТАЛЕВИХ БУДІВЕЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ

31

R. B. Veselivskyy, D. V. Smolyak
EXPERIMENTAL STUDIES OF THE FIRE
PROTECTION ABILITY OF FIRE PROTECTION
COATING BASED ON POLYSILOXANE AND
ALUMINUM OXIDE FOR STEEL BUILDING
STRUCTURES

С. Я. Вовк, О. Ю. Пазен, В. В. Придатко, Н. О. Ференц
ВОГНЕЗАХИСНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ПОКРИТТІВ
ДЛЯ ДЕРЕВ'ЯНИХ КОНСТРУКЦІЙ НА ОСНОВІ
СИЛКАТУ НАТРИЮ

38

S. YA. Vovk, O. U. Pazen, V. V. Pridatko, N. O. Ferents
FIRE PROTECTION EFFECTIVENESS OF COATINGS
FOR WOODEN STRUCTURES BASED ON SODIUM
SILICATE

А. Ф. Гаврилюк, Р. С. Яковчук, А. В. Субота
АНАЛІЗ ПОЖЕЖНОЇ НЕБЕЗПЕКИ ВИТОКУ
ВОДНЮ З ЕЛЕКТРОМОБІЛІВ НА ПАЛИВНИХ
ЕЛЕМЕНТАХ

47

A. F. Gavrilyuk, R. S. Yakovchuk, A. V. Subota
RESEARCH THE FIRE HAZARD OF HYDROGEN
LEAK FROM FUEL CELL ELECTRIC VEHICLES

**А. І. Ковальов, Ю. А. Отрош, Р. Р. Пурденко,
В. І. Томенко**
ДОСЛІДЖЕННЯ ВОГНЕСТІЙКОСТІ ЗАХИЩЕНИХ
РЕАКТИВНОЮ ВОГНЕЗАХИСНОЮ РЕЧОВИНОЮ
СТАЛЕВИХ БУДІВЕЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ

57

**A.I. Kovalov, Yu.A. Otrosh, R.R. Purdenko,
V.I. Tomenko**
RESEARCH OF FIRE RESISTANCE OF FIREPROOF
STEEL BUILDING STRUCTURES

А. Д. Кузык, В. І. Товарианський
ДОСЛІДЖЕННЯ ПОЖЕЖ ЗЕРНОВИХ КУЛЬТУР З
ВИКОРИСТАННЯМ КОМП'ЮТЕРНОГО
МОДЕЛЮВАННЯ

67

A. D. Kuzyk, V. I. Tovarianskyi
RESEARCH OF FIRES IN GRAIN CROPS USING
COMPUTER SIMULATION

А. П. Кушнір, Б. Л. Копчак, С. Я. Вовк
АПРОКСИМАЦІЯ ДИНАМІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК
ПОЖЕЖІ НЕЙРОННОЮ МЕРЕЖЕЮ ДЛЯ РОЗРОБКИ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ ПОЖЕЖНИХ СПОВІЩУВАЧІВ
З СЕНСОРАМИ ДИМУ ТА ТЕПЛА

73

A. P. Kushnir, B. L. Kopchak, S. Ya. Vovk
APPROXIMATION OF FIRE DYNAMIC
CHARACTERISTICS BY A NEURAL NETWORK FOR
THE DEVELOPMENT OF INTELLIGENT FIRE
DETECTORS WITH SMOKE AND HEAT SENSORS

О. В. Лазаренко, В.-П. О. Пархоменко, В. В. Мухін
ОСОБЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ПОЖЕЖНОГО
ТЕПЛОВІЗОРА В УМОВАХ ПРОВЕДЕННЯ
ПОШУКОВО-РЯТУВАЛЬНИХ РОБІТ

87

O. V. Lazarenko, V. -P. O. Parkhomenko, V. V. Mukhin
FEATURES OF THE USE OF THE FIRE
THERMAL IMAGING CAMERA IN THE
CONDITIONS OF SEARCH AND RESCUE
WORK

І. А. Оношко, В. В. Ковалишин
АНАЛІЗ МЕТОДОЛОГІЇ ОЦІНЮВАННЯ
ПОЖЕЖНИХ РИЗИКІВ

*М. І. Пашечко Т. Г. Бережанський, М. З. Пелешко,
О. І. Башинський*
ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ НАНЕСЕНИХ
РЕГЕНЕРАЦІЙНИХ ПОКРИТТІВ ДЛЯ ВУЗЛІВ
ПРОТИПОЖЕЖНОЇ ТЕХНІКИ ТА ОБЛАДНАННЯ

Д.Г. Трегубов
КОНЦЕНТРАЦІЙНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ
ВИНИКНЕННЯ ГОРІННЯ НА ПІДСТАВІ
ПЕРОКСИДНОЇ ТЕОРІЇ

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ

94

I. A. Onoshko, V. V. Kovalyshyn
ANALYSIS OF FIRE RISK ASSESSMENT
METHODOLOGY

103

*M. I. Pashechko, T. G. Berezhanskyi, M. Z. Peleshko,
O. I. Bashynskyi*
X-RAY TOMOGRAPHY OF DEPOSITION QUALITY
AND RESEARCH OF THE EFFICIENCY OF
DEPOSED REGENERATION COATINGS FOR FIRE
MACHINERY AND FIRE EQUIPMENT

110

D. G. Tregubov
COMBUSTION CONCENTRATION
CHARACTERISTICS ON THE PEROXIDE
THEORY BASIS

121

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS



О. В. Лазаренко, В. -П. О. Пархоменко, В. В. Мухін

Львівський державний університет безпеки життєдіяльності, м. Львів, Україна

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0500-0598> – О. В. Лазаренко

<https://orcid.org/0000-0001-7431-4801> – В. -П. О. Пархоменко

<https://orcid.org/0000-0002-0304-3036> – В. В. Мухін



lazarenkoalexandr@gmail.com.

ОСОБЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ПОЖЕЖНОГО ТЕПЛОВІЗОРА В УМОВАХ ПРОВЕДЕННЯ ПОШУКОВО-РЯТУВАЛЬНИХ РОБІТ

Вступ. Використання сучасних технологічних рішень під час проведення аварійно-рятувальних та інших невідкладних робіт під час ліквідації наслідків небезпечних подій та надзвичайних ситуацій суттєво впливає на успіх проведення зазначених операцій. Так, завдячуючи залученню сучасних цифрових пристроїв для пошуку постраждалих, визначенню осередку займання тощо, можна суттєво скоротити час на ліквідацію надзвичайної ситуації або врятувати не одне людське життя. Серед різноманіття сучасних пристроїв особливої уваги заслуговують пожежні тепловізори.

Мета та задачі дослідження. Враховуючи різноманіття пожежних тепловізорів за своїми тактико-технічними показниками та відносно малий досвід застосування подібних приладів у випадку проведення пошуково-рятувальних та аварійно-рятувальних робіт виникає необхідність проведення додаткових порівняльних тестів їх роботи за різних умов. Отож, метою роботи є проведення практичних порівняльних тестів роботи тепловізорів 3MScott V206 і 3MScott X380 для їх використання під час пошуково-рятувальних та інших невідкладних робіт. Для досягнення поставленої мети було проведено аналіз можливих та обрано декілька найбільш поширених типів матеріалів на яких людина може залишити свій тепловий слід у транспорті та приміщеннях будівель різного призначення, що у свою чергу, допоможе здійснити пошуково-рятувальні роботи. Відповідно до визначеного переліку найбільш поширених типів матеріалів було проведено практичні експериментальні дослідження та порівняння показників зазначених зразків тепловізорів.

Методи. Відповідно для досягнення поставленої мети та задачі досліджень було використано аналітичний метод обробки даних та проведено низку експериментальних досліджень з визначення часу ідентифікації теплового відбитка залежно від часу теплового навантаження джерела випромінювання на різних типах поверхонь.

Результати. За результатами аналізу можливого застосування пожежного тепловізора було встановлено, що можливості пожежного тепловізора дають змогу виявити «тепловий відбиток» на поверхні меблів та матеріалів. Також використання пожежного тепловізора дає можливість знайти джерела витоку газових сумішей та рівень заповнення ємностей з різного матеріалу. Застосування пожежного тепловізора для проведення пошуково-рятувальних робіт, виявлення необхідних ознак присутності людей та небезпечних речовин можливе як за умови повної темноти в приміщенні так і на свіжому повітрі, але за умови відсутності поряд високотемпературних джерел теплового випромінювання.

Висновки. Практичні експериментальні дослідження показали, що час ідентифікації теплового відбитку з використанням пожежного тепловізора значно залежить від матеріалу, на якому його залишили, і в середньому становить від 2 до 4 хвилин (3MScott V206) та від 4-8 хвилин часу (3MScott X380) для ламінованої ДСП поверхні. Однак для тканинного офісного крісла цей показник є нижчим і в середньому становить від 1 до 3 хвилин (3MScott V206) та від 4-6 хвилин часу (3MScott X380). Тепловий відбиток на ламінованій ДСП поверхні в проміжку від 30 секунд до 3 хвилини часу теплового навантаження залишається видимим для пожежного тепловізора практично однаковий проміжок часу. Однак після більш тривалого часу теплового навантаження час ідентифікації теплового відбитку знову починає повільно зростати.

Ключові слова: пожежний тепловізор, пошуково-рятувальні роботи, тепловий відбиток, 3MScott V 206, 3MScott V X380.

FEATURES OF THE USE OF THE FIRE THERMAL IMAGING CAMERA IN THE CONDITIONS OF SEARCH AND RESCUE WORK

Introduction. The use of modern technological solutions during emergency rescue and other non-urgent operations during the liquidation of the consequences of dangerous events and emergency situations significantly affects the success of these operations. Thus, thanks to the involvement of modern digital devices for searching for victims, determining the source of ignition, etc., it is possible to significantly reduce the time to eliminate an emergency situation or save more than one human life. Among the variety of modern devices, fire thermal imagers deserve special attention.

The purpose and objectives of the study. Taking into account the variety of fire thermal imagers in their tactical and technical characteristics and the relatively small experience of using similar devices in the case of search and rescue and emergency rescue operations, there is a need to conduct additional comparative tests of their operation under different conditions. Thus, the purpose of the work is to conduct practical comparative tests of the 3MScott V206 and 3MScott X380 thermal imagers for the purpose of search and rescue and other emergency operations. To achieve the goal, an analysis of possible scenarios and cases where the use of a fire thermal imager would be appropriate and help to carry out search and rescue operations was carried out. In accordance with the defined list of usage scenarios, practical experimental studies and comparison of the indicators of the specified samples of thermal imagers were conducted.

Methods. Accordingly, analytical and experimental approaches were used to achieve the set goal and task of research.

Results. According to the results of the analysis of the possible use of the fire thermal imager, it was established that the capabilities of the fire thermal imager allow the detection of "thermal imprint" on the surface of furniture and materials. Also, the use of a fire thermal imager allows you to search for sources of leakage of gas mixtures and the level of filling from containers of various materials. The use of a fire thermal imager for search and rescue operations and the detection of the necessary signs of the presence of people and dangerous substances is possible both in complete darkness in the room and in the fresh air, but on the condition that there are no high-temperature sources of heat radiation nearby.

Conclusions. Practical experimental studies have shown that the time to identify a thermal imprint using a fire thermal imager strongly depends on the material on which it was left and on average is from 2 to 4 minutes (3MScott V206) and from 4 to 8 minutes of time (3MScott X380) for a laminated chipboard surface. However, for a fabric office chair, this figure is lower and averages from 1 to 3 minutes (3MScott V206) and from 4 to 6 minutes of time (3MScott X380). The thermal imprint on the laminated chipboard surface in the interval from 30 seconds to 3 minutes of the time of thermal load remains visible for the fire thermal imager for almost the same period of time. However, after a longer thermal loading time, the thermal fingerprint identification time begins to slowly increase again.

Keywords: fire thermal imaging camera, search and rescue operations, thermal imprint, 3MScott V 206, 3MScott V X380.

Вступ. Сучасний закордонний досвід та новітнє пожежно-технічне обладнання дають можливість підвищити якість та швидкість реагування оперативно-рятувальних підрозділів на надзвичайні ситуації різноманітного характеру. Залучення сучасних цифрових технологій дозволяє здійснювати одночасний контроль декількох підрозділів, ланок газодимозахисної служби на значній площі. Використання дронів, квадрокоптерів та інших роботизованих засобів дає змогу провести розвідку на місцевості у важкодоступних місцях, зокрема у завалах, осередках сильного теплового випромінювання тощо.

Одним з інноваційних технічних приладів, які швидко набувають популярність серед оперативно-рятувальних підрозділів України та світу, є пожежний тепловізор [1-3, 9-13]. Ним сьогодні масово користуються аварійно-рятувальні підрозділи США, країни Європейського союзу та інші.

Постановка проблеми. Пожежний тепловізор в його сучасному виконанні дає змогу здійснювати пошуково-рятувальні роботи в умовах сильного задимлення і практично нульової

видимості та за умов підвищеної зовнішньої температури ($\approx 50-100$ °C та більше), що суттєво покращує швидкість та якість проведення пошуково-рятувальних та інших робіт під час ліквідації надзвичайної ситуації, пожеж. Однак, як будь який технічний засіб, для правильного використання пожежного тепловізора необхідно досконало знати його тактико-технічні характеристики, особливості будови, розуміти та правильно трактувати («читати») зображення, яке він виводить на свій дисплей [2-4].

В переважній більшості пожежні тепловізори використовуються аварійно-рятувальними підрозділами для виявлення осередків займання в палаючій будівлі чи на транспорті, пошуку постраждалих в палаючій будівлі та виявлення шляхів евакуації [4-8]. Однак, їхнє застосування не обмежується лише аварійно-рятувальними роботами під час пожежогогасіння, одночасно з тим їх можливо застосовувати для проведення пошуково-рятувальних робіт як на свіжому повітрі, так і в приміщеннях за відсутності будь-якого освітлення.

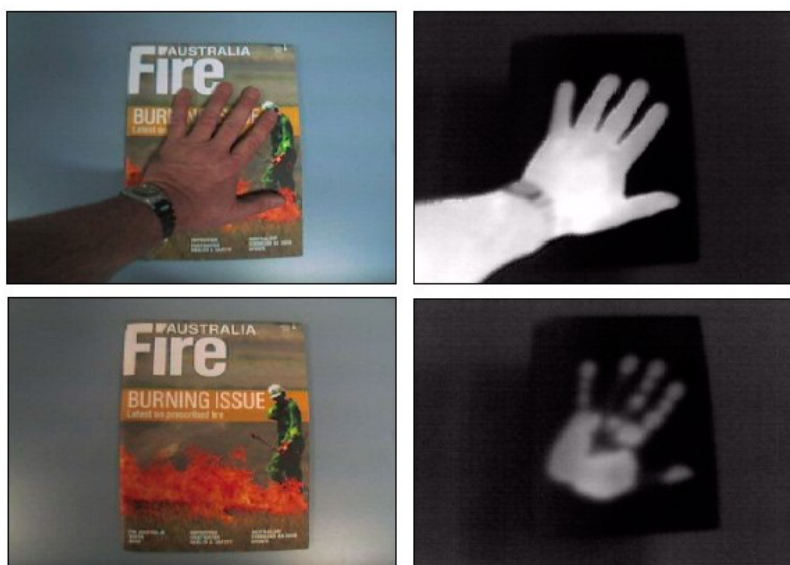


Рисунок 1 – Демонстрація виявлення «теплового відбитка» використовуючи пожежний тепловізор

Зокрема, однією з цікавих можливостей пожежного тепловізора є можливість здійснювати відображення так званого «теплового відбитка», що залишається після контакту об'єкта, який випромінює інфрачервоне випромінювання, з іншим неживим об'єктом (рис.1). Цікавим та невизначеним залишається питання: як довго може залишатися подібний тепловий слід на поверхні іншого об'єкта та що може впливати на його тривалість. Отримання подібної інформації дозволить доповнити знання з використання пожежних тепловізорів під час пошуково-рятувальних робіт оскільки дасть змогу кількісно оцінити імовірний час можливого перебування людини в приміщенні чи автомобілі при знаходженні подібного «теплового відбитка».

Також є можливим здійснювати пошук витoku газових сумішей під високим тиском та визначати рівень заповнення ємностей з рідинами чи газами для оцінки імовірної небезпеки під час проведення пошуково-рятувальних та інших невідкладних робіт [6, 8].

Враховуючи різноманіття пожежних тепловізорів за своїми тактико-технічними показниками та відносно малий досвід застосування подібних приладів у випадку проведення пошуково-рятувальних та аварійно-рятувальних робіт виникає необхідність проведення додаткових порівняльних тестів їх роботи за різних умов.

Метою роботи є провести практичних тести роботи тепловізорів 3MScott V 206, 3MScott V X380, щоб покращити пошуково-рятувальні та інші невідкладні роботи для виявлення ознак перебування людей чи оцінки небезпеки.

Для досягнення поставленої мети необхідно:

- провести аналіз та обрати декілька найбільш поширених типів матеріалів, на яких

людина може залишити свій тепловий слід, у транспорті та приміщеннях різного призначення, що у свою чергу, допоможе здійснити пошуково-рятувальні роботи;

- визначити марки та моделі пожежних тепловізорів, які будуть задіяні в практичних експериментах;

- відповідно до визначеного переліку найбільш поширених типів матеріалів, провести практичні експериментальні дослідження та порівняти отримані показники теплового сліду людини із використанням пожежних тепловізорів.

Виклад основного матеріалу. Як зазначалося, пожежні тепловізори можуть виявляти теплові сліди перебування людини в приміщенні чи іншому місці, наприклад автомобілі. Однак, в літературних джерелах відсутня інформація щодо часу, протягом якого можливо здійснити це виявлення. Також залишається не визначеним питання: як тактико-технічні характеристики пожежного тепловізора впливатимуть на якість, тривалість виявлення цього теплового відбитка. Саме тому, з метою виявлення вищезазначених залежностей та закономірностей, необхідно провести практичні експериментальні дослідження.

Для проведення експериментальних досліджень ми обрали пожежний тепловізор 3MScott V206, 3MScott X380 [5]. Цілком очевидним є той факт, що на тривалість існування теплового відбитка безпосередньо буде впливати час контакту джерела випромінювання з поверхнею. По-друге на час залишку теплового відбитка має впливати і матеріал, який буде сприймати теплове навантаження, залишене теплом людського тіла.

Експериментальні дослідження проводилися на двох найбільш розповсюджених видах матеріалу:

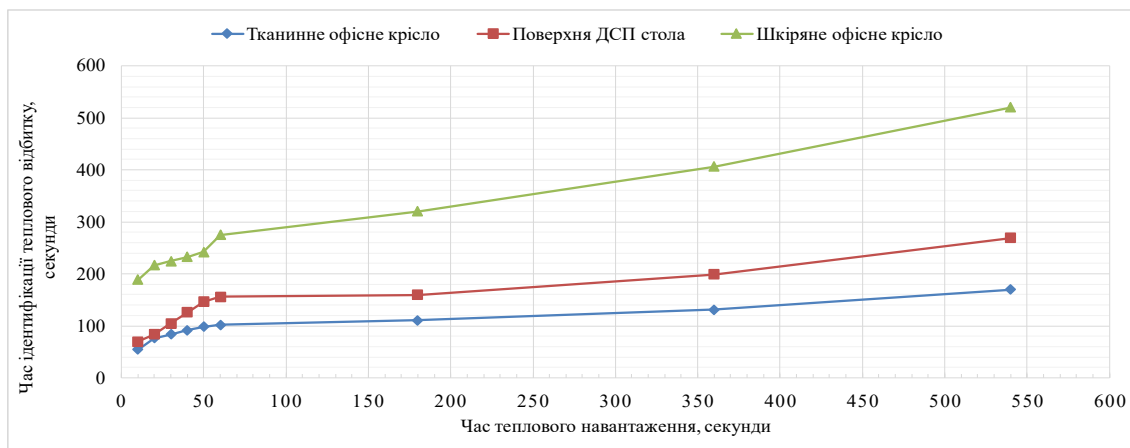
поверхня стола, виготовленого з ламінованої ДСП; тканинне офісне крісло; шкіряне офісне крісло.

Тепловий вплив на поверхню здійснювався: до хвилини часу з кроком 10 секунд (10, 20, 30, 40, 50, 60); після першої хвилини, починаючи з третьої, з кроком 3 хвилини (3, 6, 9 хвилин).

З метою зменшення похибки вимірювання кожна серія дослідів повторювалася тричі а

показники усереднювалися. Одночасно з визначенням часових проміжків здійснювалася фіксація температурних показників з моменту виявлення теплового відбитка і до завершення можливості його фіксації з використанням пожежного тепловізора.

Початкова температура в приміщенні за показниками пожежного тепловізора становила 21-22 °С.



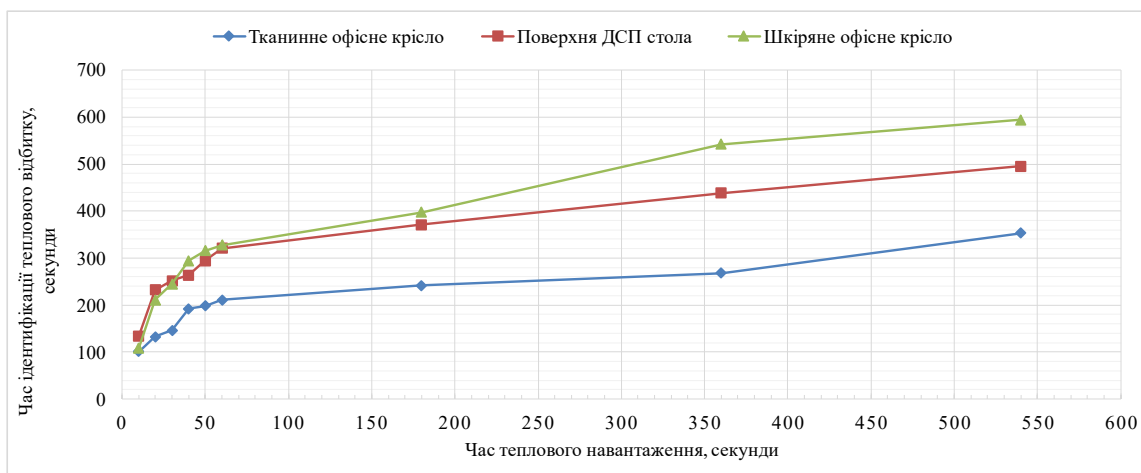
Рисунки 2 – Зведений графік результатів експериментального дослідження з визначення часу ідентифікації теплового відбитка залежно від часу теплового навантаження джерела випромінювання (людини) та матеріалу для тепловізора 3MScott V206

За результатами експериментальних досліджень було отримано графічні залежності, рис.2.

За результатами експериментальних досліджень та відповідно до наведених графічних залежностей можна стверджувати, що час ідентифікації теплового відбитка, цілком прогнозовано, буде залежати від матеріалу поверхні, на якому його залишатимуть. Відповідно ламінована ДСП поверхня порівняно з натуральними (шкіра) та синтетичними матеріалами (тканинне крісло) набагато довше утримує тепловий слід, залишений

людиною на її поверхні. За умов теплового навантаження на ламіновану ДСП від 30 до 240 секунд тепловий відбиток ідентифікується практично протягом однакового часу – 140-160 с. Однак, при тепловому навантаженні від 240 до 540 секунд час ідентифікації зростає практично вдвічі і становить 200-270 секунд.

Необхідно зазначити, що температура поверхні від моменту ідентифікації теплового відбитка до його зникнення коливалася в межах від 28-29 °С до 26-27 °С, таким чином різниця температурних показників коливалася в межах 2-3 °С.



Рисунки 3 – Зведений графік результатів експериментального дослідження з визначення часу ідентифікації теплового відбитка залежно від часу теплового навантаження джерела випромінювання (людини) та матеріалу для тепловізора 3MScott X380

На протывагу експериментальним результатам зображеним на рис. 2, використання пожежного тепловізора 3MScott X380 за тих самих експериментальних умов показали цілком інші результати. Так, час ідентифікації теплового відбитка на ламінованій поверхні ДСП становить від 230 до 310 секунд за умови теплового навантаження від 30 до 240 секунд. При збільшенні часу теплового навантаження від 240 до 540 секунд час ідентифікації теплового відбитка зростає від 390 до 500 секунд відповідно.

Аналогічно попередній серії дослідів також відбувалася фіксація температурних

показників. Таким чином встановлено, що початкова температура виявлення теплового відбитка на ламінованій ДСП становила в межах 28-31 °С, а його зникнення фіксувалося за температури 22-24 °С.

Отримавши низку експериментальних результатів за цілком ідентичних лабораторних умов, але з використанням різних за своїми характеристиками пожежних тепловізорів, порівняємо результати експериментальних досліджень, на прикладі теплового відбитку на ламінованій ДСП (рис.4).

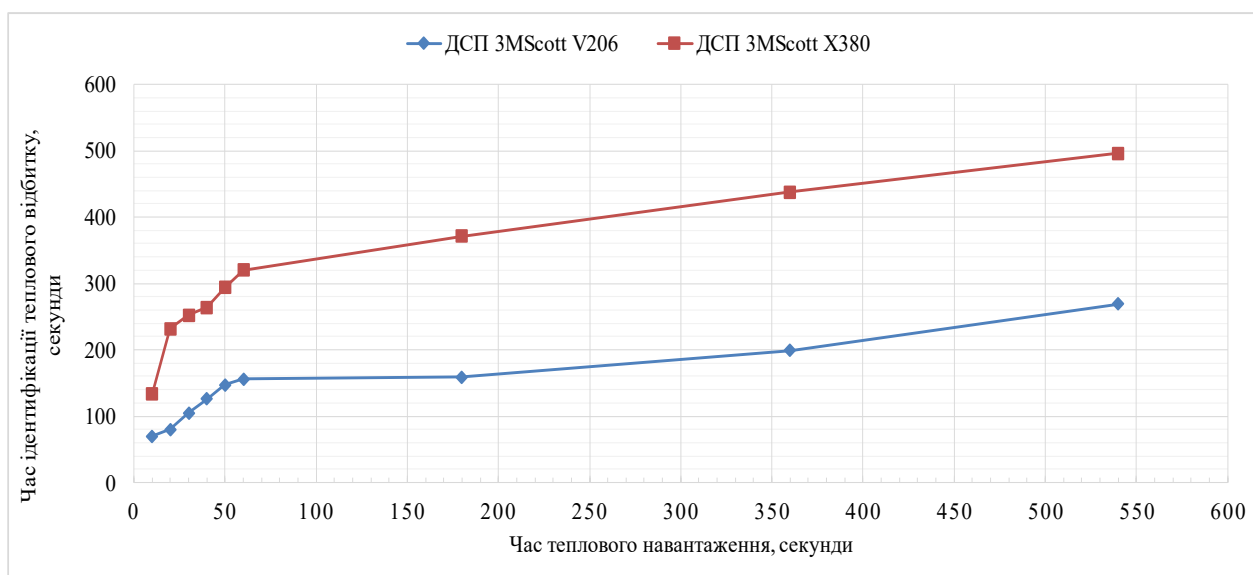


Рисунок 4 – Порівняльний графік результатів експериментального дослідження з визначення часу ідентифікації теплового відбитка залежно від часу теплового навантаження джерела випромінювання (людини) та матеріалу на поверхні з ДСП

На прикладі рис.4 можна однозначно стверджувати, що характер виявлення теплового відбитка за умови різної тривалості теплового навантаження є практично однаковим. Так за умови теплового навантаження від 30 до 240 секунд тривалість виявлення теплового відбитка буде практично в одних часових межах. Однак, на час ідентифікації суттєво впливатимуть характеристики та якість пожежного тепловізора. У випадку використання пожежних тепловізорів 3MScott X380 та 3MScott V206 час ідентифікації теплового відбитка відрізняється майже вдвічі. Аналогічні

результати ми отримаємо також якщо порівняємо температурні показники під час проведення експериментальних досліджень, для прикладу 3MScott X380 фіксував тепловий відбиток при різниці початкової та кінцевої температури 5-6 °С, 3MScott V206 – при різниці 2-3 °С.

Зовсім інші характеристики показує шкіра. Завдяки своїм теплофізичним властивостям різниця часу виявлення теплового відбитка за умови використання різних пожежних тепловізорів практично однакова (рис.5).

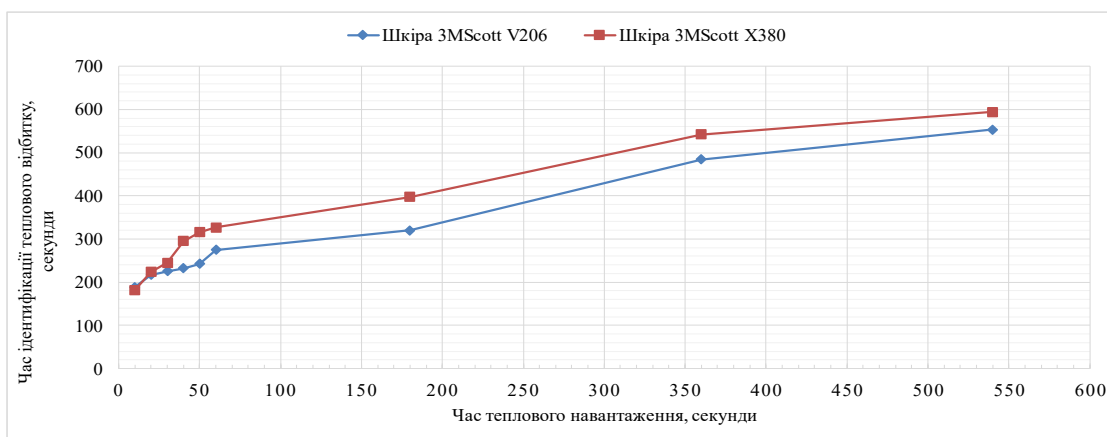


Рисунок 5 – Порівняльний графік результатів експериментального дослідження з визначення часу ідентифікації теплового відбитка залежно від часу теплового навантаження джерела випромінювання (людини) та матеріалу на поверхні шкіряного крісла

Порівняння отриманих експериментальних результатів (рис.5) засвідчує, що тривалість виявлення теплового відбитка є практично ідентичною та не відрізняється так сильно як у випадку з ламінованою ДСП поверхнею. Однак загалом час виявлення теплового відбитка завдяки використанню більш якісного пожежного тепловізора 3MScott X380 є більшим.

Загалом з трьох досліджуваних видів поверхні шкіра найбільше часу утримує тепловий відбиток на противагу тканині, де цей часовий проміжок є найменшим. Отримані результати цілком очевидно пояснюються якістю тепловізійної матриці тепловізора та її температурною чутливістю. Цілком логічно припустити, що час ідентифікації теплового відбитка від тіла людини на будь якій поверхні поступово зведеться до єдиного значення та перестане зростати, оскільки загальна температура людини не зростає і лімітована єдиним значенням (36,6 °C), що вплине на температуру прогріву матеріалу.

Висновок. Представлені експериментальні дослідження виявили такі закономірності:

- час ідентифікації теплового відбитка з використанням пожежного тепловізора сильно залежить від матеріалу, на якому його залишили, і в середньому становить від 2 до 4 хвилин (3MScott V206) та від 4-8 хвилин часу (3MScott X380) для ламінованої ДСП поверхні. Однак для тканинного офісного крісла цей показник є нижчим і в середньому становить від 1 до 3 хвилин (3MScott V206) та від 4-6 хвилин часу (3MScott X380). Шкіра, на противагу всім досліджуваним матеріалам, показала найдовший час зберігання теплового відбитка і результат виявлення є практично ідентичними для двох типів пожежних тепловізорів та становить від 5 до 9 хвилин;

- час ідентифікації теплового відбитка на різних поверхнях з використанням пожежного

тепловізора насамперед залежатиме від його тактико-технічних характеристик. Пожежний тепловізор з якіснішою та чутливішою тепловізійною матрицею збільшить імовірність виявлення теплового відбитка у два рази.

Надалі цікаво порівняти ефективність використання різних пожежних тепловізорів для виявлення місць витoku газових сумішей з резервуарів під тиском, рівня заповнення резервуарів тощо.

Список літератури:

1. A. Szajewska Development of the Thermal Imaging Camera (TIC) Technology Procedia Engineering 172 (2017) 1067 – 1072. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.02.164>
2. F. Amon, A. Hamins, N. Bryner, J. Rowe Meaningful performance evaluation conditions for fire service thermal imaging cameras, Fire Safety Journal, 2008, Volume. 43, Issue 8, pp. 541-550. <https://doi.org/10.1016/j.firesaf.2007.12.006>
3. Suzuki T., Tsuruda T., Yamaguchi K., Ino Y., Honjo M., Miura D.: Experiments on Using Thermal Imaging Camera for Fire Fighting Activity. Fire Safety Science Digital Archive of the Asia- Oceania Symposium on Fire Science and Technology, AOFST Symposiums 2007, pp. 114.
4. Луц В.І. Оцінка ефективності роботи пожежних тепловізорів у вогневому модулі / В.І. Луц, О.В. Лазаренко, Д.П. Войтович, Н.О Штангрет, Р.Ю. В.Л. Петровський, П.В. Пастухов // Пожежна безпека: зб. наук. пр. – 2020. – № 36. – С. 66-74. <https://doi.org/10.32447/20786662.36.2020.07>
5. Мухін В.В., Лазаренко О.В. Дослідження особливостей використання пожежного тепловізора в умовах проведення пошуково-рятувальних робіт / Матеріали XVII Міжнародної науково-практичної конференції молодих вчених, курсантів та студентів «Проблеми та перспективи розвитку системи безпеки життєдіяльності». Львів 2022, с.157-16.
6. Лазаренко О.В., Пархоменко В.-П.О., Сукач Р.Ю., Білоножко Б.В., Кусковець А.С.

Конструктивні особливості та небезпека автомобілів на водневому паливі. Пожежна безпека: зб. наук. праць. Львів: ЛДУ БЖД, 2020. №37. С. 52-57. <https://doi.org/10.32447/20786662.37.2020.08>

7. Лазаренко О.В., Пархоменко В.-П.О., Шкарапута О.В. Розроблення моделей ліквідації надзвичайних ситуацій на транспортних засобах з альтернативними видами пального. Пожежна безпека: зб. наук. праць. Львів: ЛДУ БЖД, 2021. №38. С. 4-11. doi.org/10.32447/20786662.38.2021.01

8. Лазаренко О.В., Пархоменко В.-П.О. Небезпека та особливості гасіння транспортних засобів на альтернативних джерелах енергії» Навчальний посібник / О.В. Лазаренко, В.-П.О. Пархоменко – Львів: Видавництво ЛДУ БЖД. 2021. – 143 с.

9. Ivan Nikolov, Jinsong Liu, Thomas Moeslund Imitating Emergencies: Generating Thermal Surveillance Fall Data Using Low-Cost Human-like Dolls. *Sensors* 2022, 22, 825. doi.org/10.3390/s22030825

10. Michael Whitty Maximising thermal imaging use in the emergency services. *LFF Mick Whitty*, 2010. P. 25.

11. Pei-Fen Tsai, Chia-Hung Liao, Shyan-Ming Yuan Using Deep Learning with Thermal Imaging for Human Detection in Heavy Smoke Scenarios. *Sensors* 2022, 22, 5351. <https://doi.org/10.3390/s22145351>

12. Andy Starnes Common misconceptions of thermal imaging use – Myths versus Facts. *Journal “International Firefighter”*. 10.12.2018. Режим доступу: iffmag.mdmpublishing.com/commonmisconceptions-of-thermal-imaging-use-myths-versus-facts/

13. Andrew Starnes Thermal Imaging Cameras in the Fire Service: Asset or Detriment? You Decide. *Journal “Fire Apparatus & Emergency Equipment”*. 04.03.2018. URL: fireapparatusmagazine.com/technology/thermalimaging-cameras-in-the-fire-service-asset-or-detriment-you-decide/#gref

References:

1. A. Szajewska Development of the Thermal Imaging Camera (TIC) Technology *Procedia Engineering* 172 (2017) 1067 – 1072. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.02.164>

2. F. Amon, A. Hamins, N. Bryner, J. Rowe Meaningful performance evaluation conditions for fire service thermal imaging cameras, *Fire Safety Journal*, 2008, Volume. 43, Issue 8, pp. 541-550. <https://doi.org/10.1016/j.firesaf.2007.12.006>

3. Suzuki T., Tsuruda T., Yamaguchi K., Ino Y., Honjo M., Miura D.: Experiments on Using Thermal Imaging Camera for Fire Fighting Activity. *Fire Safety Science Digital Archive of the Asia- Oceania*

Symposium on Fire Science and Technology, AOFST Symposiums 2007, pp. 114.

4. V. Lushch Efficiency evaluation of fire thermal imaging cameras in the fire module / V. Lushch, O. Lazarenko, D. Voytovych, N. Shtanhret, V. Petrovskyi, P. Pastukhov B.I. // *Fire Safety – 2020. – № 36. – p. 66-74.* <https://doi.org/10.32447/20786662.36.2020.07>

5. Mukhin V.V., Lazarenko O.V. (2022) Study of the peculiarities of the use of a fire thermal imager in the conditions of search and rescue operations XVIII International scientific and practical conference of young scientists, cadets and students “Problems and prospects of development of life safety system”. *Lviv*, p.157-16.

6. O. Lazarenko Design features and hazards of hydrogen fuel cell cars / O. Lazarenko, V.-P. Parkhomenko, R. Sukach, B. Bilonozhko, A. Kuskovets // *Fire Safety*, 2020. № 37. p. 52-57. <https://doi.org/10.32447/20786662.37.2020.08>

7. O. Lazarenko Development of models for elimination of emergencies on vehicles with alternative fuels / O. Lazarenko, V.-P. Parkhomenko, O. Shkaraputa // *Fire Safety*, 2021. № 38. p. 4-11. <https://doi.org/10.32447/20786662.38.2021.01>

8. O. Lazarenko The danger and peculiarities of extinguishing vehicles on alternative energy sources / O. Lazarenko, V.-P. Parkhomenko. *Tutorial. LSU of LS* (2021). P. 143.

9. I. Nikolov, J. Liu, T. Moeslund Imitating Emergencies: Generating Thermal Surveillance Fall Data Using Low-Cost Human-like Dolls. *Sensors* (2022), Volume 22. P. 825. doi.org/10.3390/s22030825

10. M. Whitty Maximising thermal imaging use in the emergency services. *LFF Mick Whitty* (2010). P. 25.

11. Pei-Fen Tsai, Chia-Hung Liao, Shyan-Ming Yuan Using Deep Learning with Thermal Imaging for Human Detection in Heavy Smoke Scenarios. *Sensors* 2022, 22, 5351. <https://doi.org/10.3390/s22145351>

12. Andy Starnes Common misconceptions of thermal imaging use – Myths versus Facts. *Journal “International Firefighter”*. 10.12.2018. Режим доступу: iffmag.mdmpublishing.com/commonmisconceptions-of-thermal-imaging-use-myths-versus-facts/

13. Andrew Starnes Thermal Imaging Cameras in the Fire Service: Asset or Detriment? You Decide. *Journal “Fire Apparatus & Emergency Equipment”*. 04.03.2018.

URL: fireapparatusmagazine.com/technology/thermal-imaging-cameras-in-the-fire-service-asset-or-detriment-you-decide/#gref

© О. В. Лазаренко, В. -П. О. Пархоменко, В. В. Мухін, 2022.

Науково-методична стаття.

Надійшла до редакції 12.10.2022.

Прийнято до публікації 12.12.2022.