

*В. І. Луц, О. В. Лазаренко, Д. П. Войтович, Н. О. Штангрет,
В. Л. Петровський, П. В. Пастухов*
Львівський державний університет безпеки життєдіяльності

ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ ПОЖЕЖНИХ ТЕПЛОВІЗОРІВ У ВОГНЕВОМУ МОДУЛІ

Питання вибору та оцінки параметрів пожежних тепловізорів є новим для особового складу підрозділів ОРС ЦЗ ДСНС України, оскільки в останні роки підрозділи почали отримувати їх на оснащення та застосовувати в процесі гасіння пожеж, рятування людей та проведення аварійно-рятувальних робіт. Серед різноманіття марок та виробників пожежних тепловізорів досить важко визначитися та прийняти правильне рішення «який саме вибрати?», особливо зважаючи на те, що всі вони досить схожі за своїми характеристиками та перебувають в одному ціновому діапазоні, а про їхні слабкі сторони представники виробників не говорять, і особливо, не наголошують на чому саме необхідно зосередити увагу та у яких умовах слід їх використовувати.

Метою нашої роботи було оцінити залежність ефективності проведення розвідки з виявлення осередку пожежі та пошуково-рятувальних робіт від технічних параметрів та марок пожежних тепловізорів. Згідно з методикою оцінки параметрів пожежних тепловізорів, яка була розроблена у Львівському державному університеті безпеки життєдіяльності, проведено порівняльну оцінку показників роботи пожежних тепловізорів, якими оснащені підрозділи ОРС ЦЗ ДСНС України. Для проведення досліджень було обрано пожежні тепловізори таких марок: FLIR K2, 3M SCOTT V206, FLIR K33, 3M SCOTT V320, LEADER TIC3, 3M SCOTT X380 TIC3. Відповідно до їхніх тактико-технічних характеристик, представлені пожежні тепловізори розподілили на три групи, по два в кожній. Для отримання кількісної оцінки візуальної якості відображення показників, які досліджуються, прийнята чотирибальна шкала оцінювання: 5 – відмінне відображення; 4 – добре відображення; 3 – посереднє відображення; 2 – незадовільне відображення.

За підсумками проведених досліджень та виставленою сумою балів, які враховували всі серії дослідів, найкращий результат у своїх групах показали: I група – 3M SCOTT V206, II група – FLIR K33, III група – 3M SCOTT X380. На підставі експериментальних досліджень можна стверджувати, що актуальними параметрами (тактико-технічними характеристиками), які впливають на вибір пожежних тепловізорів є: розмір матриці, частота оновлення кадрів, температурний діапазон та температурна чутливість. Саме ці параметри є визначальними під час проведення розвідки ланками ГДЗС в загазованих та задимлених середовищах щодо вирішення складних тактичних задач, як пошук постраждалого або прихованого осередку горіння та інших завдань за призначенням.

Ключові слова: пожежний тепловізор, оцінка параметрів, дим, висока температура, вогневий модуль.

V. I. Lushch, O. V. Lazarenko, D. P. Voytovych, N. O. Shtanhret, V. L. Petrovskiy, P. V. Pastukhov
Lviv State University of Life Safety

EFFICIENCY EVALUATION OF FIRE THERMAL IMAGING CAMERAS IN THE FIRE MODULE

The issue of selection and evaluation of fire thermal imaging cameras (TICs) is new for the personnel of the State Emergency Service of Ukraine (SES of Ukraine) units, as in the recent years the units began to receive them and use during firefighting and rescue operations. Among the variety of brands and manufacturers of TICs, it is quite difficult to determine and make the right decision "which one to choose?", especially considering that they are all quite similar in their characteristics and are in the same price range. Moreover, sellers are not mentioned about their weaknesses, and especially do not emphasize what exactly you need to focus on and under what conditions properly they should be used.

The purpose of the work is to assess the dependence of the effectiveness of fire detection and rescue operations considering the technical parameters and brands of fire thermal imagers. According to the method of estimating the parameters of TICs, which was developed at the Lviv State University of Life Safety, a comparative evaluation of the performance of TICs, which are used by units of SES of Ukraine. TICs of the following brands were selected for research: FLIR K2, 3M SCOTT V206, FLIR K33, 3M SCOTT V320, LEADER TIC3, 3M SCOTT X380 TIC3. According to their

tactical and technical characteristics, the presented TICs were divided into three groups, two in each. To obtain a quantitative assessment of the visual quality of the display of the indicators under study, a four-point rating scale was adopted: 5 - excellent reflection; 4 - good reflection; 3 - mediocre reflection; 2 - unsatisfactory reflection.

According to the results of the research and the set amount of points, which took into account all series of experiments, the best result in their groups showed: Group I - 3M SCOTT V206, Group II - FLIR K33, Group III - 3M SCOTT X380. Based on experimental studies, it can be argued that the current parameters (tactical and technical characteristics) that influence the choice of TICs are: the size of the matrix, the refresh rate, temperature range and temperature sensitivity. These parameters are decisive during the reconnaissance of the SCBA (Self Contained Breathing Apparatus) units in gassed and smoky environments to solve complex tactical tasks, such as searching for a victim or hidden combustion centre and other tasks for their intended purpose.

Keywords: thermal imaging camera (TIC), assessment technique, smoke, high temperature, fire module.

Постановка проблеми. Питання вибору та оцінки параметрів пожежних тепловізорів є новим для особового складу підрозділів ДСНС України, оскільки в останні роки підрозділи почали отримувати їх на оснащення та застосовувати під час гасіння пожеж, рятування людей та проведення аварійно-рятувальних робіт [1]. Серед різноманіття марок та виробників пожежних тепловізорів досить важко визначитися та прийняти правильне рішення «який саме вибрати?», особливо зважаючи на те, що всі вони досить схожі за своїми характеристиками та перебувають в одному ціновому діапазоні, а про їхні слабкі сторони представники виробників не говорять, і особливо, не наголошують на чому саме необхідно зосередити увагу та при яких умовах слід їх використовувати. Саме ці фактори досить часто призводять до того, що отримавши пожежний тепловізор особовий склад починає нарікати на його працездатність, якість та ефективність використання в реальних умовах.

Зрозуміло, що кожен технічний прилад, а особливо пожежний тепловізор, має свої критичні показники при яких якість відображення та доцільність їх використання буде не ефективною, а різниця в ціні буде впливати на умови їхнього використання. Цілком логічно припустити, що чим дешевший пожежний тепловізор тим вужче коло його можливостей. Однак, що буде якщо порівняти тепловізори різних виробників, але з однаковими технічними показниками і в одному ціновому діапазоні?

Мета роботи. Оцінити залежність ефективності проведення розвідки з виявлення осередку пожежі та пошуково-рятувальних робіт від технічних параметрів та марок пожежних тепловізорів які пропонуються для оперативно-рятувальних підрозділів ДСНС України.

Згідно з методикою оцінки параметрів пожежних тепловізорів [2], яка була розроблена у Львівському державному університеті безпеки життєдіяльності, провести порівняльну оцінку показників роботи пожежних тепловізорів, які є на оснащенні підрозділів ОРС ЦЗ ДСНС України.

Науково-матеріальна база ЛДУ БЖД (науково-дослідна лабораторія, навчально-тренувальний полігон з вогневим модулем) цілком задовольняє необхідні умови та дає змогу провести відповідні дослідження, порівняти та оцінити параметри роботи пожежних тепловізорів.

Виклад основного матеріалу. Відповідно до методики проведення дослідження [2], було обрано пожежні тепловізори FLIR K2 (виробництва США), 3M SCOTT V206 (виробництва США), FLIR K33 (виробництва США), 3M SCOTT V320 (виробництва США), LEADER TIC3 (виробництва Франції), 3M SCOTT X380 TIC3 (виробництва Великобританії) для визначення параметрів їх роботи в умовах пожежі в огороженні. Було обрано саме ці пожежні тепловізори оскільки вони є найбільш поширеними на внутрішньому ринку та в підрозділах ОРС ЦЗ ДСНС України.

За тактико-технічними характеристиками представлені пожежні тепловізори було розділено на три групи, по два в кожній (табл. 1, 2, 3). Основними показниками, які бралися до уваги під час розподілу пожежних тепловізорів, були: роздільна здатність (розширення) матриці, частота оновлення кадрів, температурний діапазон та їх цінова категорія.



На момент проведення досліджень температура повітря на навчально-тренувальному полігоні ЛДУБЖД становила 5°C, атмосферний тиск 71,7 кПа, відносна вологість 70%.

Для отримання кількісної оцінки візуальної якості відображення показників, які досліджуються, приймається чотирибальна шкала оцінювання: 5 – відмінне відображення; 4 – добре відображення; 3 – посереднє відображення; 2 – незадовільне відображення.

Кожна серія дослідів проводилася по три рази, після чого виставлялася загальна усереднена оцінка кожному досліді окремо та загалом усієї серії дослідів. Крайшим тепловізором у своїй групі, вважатиметься той, який набрав найбільшу кількість балів.



Таблиця 1

Перша група пожежних тепловізорів, яка випробовується



	Марка тепловізора	
		
	Тепловізор FLIR K2	Тепловізор 3MSCOTT V206
Назва характеристики	Значення	Значення
Технологія виконання дисплея	LCD	
Розмір дисплея (діагональ)	7,6 сантиметрів	9 сантиметрів
Роздільна здатність дисплея	320 × 240 пікселів	
ІЧ роздільна здатність матриці	160 × 120 пікселів	206 × 156 пікселів
Частота кадрів	9 Гц	
Спектральна чутливість	від 7,5 до 13 μm	від 7,5 до 14 μm
Температурна чутливість (NETD)	< 100 mK при робочій температурі 30 °C	< 70 mK при робочій температурі 37 °C
Поле огляду (FOV)	47°×35°	36°×27°
Динамічний діапазон	-20°C до 150°C, 0°C до 500°C	-20°C до 500°C
Точність вимірювання температури	±4°C або ±4% при навколишній температурі, 10°C до 35°C	±5°C або ±5% при навколишній температурі, 25°C до 500°C
Тривалість роботи	до 4 годин	до 8 годин (дві батареї)
Вага	0,7 кг	1 кг

Таблиця 2

Друга група пожежних тепловізорів, яка випробовується

	Марка тепловізора	
		
	Тепловізор 3M SCOTT V320	Тепловізор FLIR K33
Назва характеристики	Значення	Значення
Технологія виконання дисплея	LCD	
Розмір дисплея (діагональ)	9 сантиметрів	10,1 сантиметрів
Роздільна здатність дисплея	320 × 240 пікселів	
ІЧ роздільна здатність матриці	320 × 240 пікселів	240 × 180 пікселів
Частота кадрів	25 Гц	60 Гц
Спектральна чутливість	від 7,5 до 14 μm	від 7,5 до 13 μm
Температурна чутливість (NETD)	< 70 mK при робочій температурі 37 °C	< 40 mK при робочій температурі 30 °C
Поле огляду (FOV)	55°×42°	51°×38°
Динамічний діапазон	-20°C до 650°C	-20°C до 150°C, 0°C до 650°C
Точність вимірювання температури	±5°C або ±5% при навколишній температурі, 25°C до 500°C	±4°C або ±4% при навколишній температурі, 10°C до 35°C
Тривалість роботи	до 8 годин (дві батареї)	до 8 годин
Вага	1 кг	1,1 кг

Третя група пожежних тепловізорів, яка випробовується

	Марка тепловізора	
		
	Тепловізор LEADER TIC3	Тепловізор 3M SCOTT X380
Назва характеристики	Значення	Значення
Технологія виконання дисплея	LCD	
Розмір дисплея (діагональ)	9 сантиметрів	
Роздільна здатність дисплея	320 × 240 пікселів	320 × 240 пікселів
ІЧ роздільна здатність матриці	384 × 288 пікселів	384 × 288 пікселів
Частота кадрів	60 Гц	50 Гц
Спектральна чутливість	від 7,5 до 14 μm	від 8 до 14 μm
Температурна чутливість (NETD)	< 50 mK (<0,05 °C)	
Поле огляду (FOV)	51°×40°	55°×42°
Динамічний діапазон	-40°C до 1150°C	-40°C до 1100°C
Точність вимірювання температури	-	±5°C (0°C до 100°C) або ±10°C (100°C до 1000°C)
Тривалість роботи	до 8 годин (дві батареї)	до 4 годин
Вага	0,835 кг	0,95 кг

Згідно з [2], дослідження проводилися у такій послідовності:

1. Дослідження з виявлення постраждалого (людина навпроти осередку горіння). Результати дослідження показали, що в цілому всі представлені марки тепловізорів досить якісно і чітко

визначають розміщення постраждалого навпроти осередку горіння, відповідно до своїх тактико-технічних показників. Найгірший результат порівняно з усіма іншими показав тепловізор FLIR K2, на якому відображення постраждалого було нечітким та розмитим (рис. 1).



FLIR K2



3M SCOTT V206

Рисунок 1 – Зображення постраждалого на дисплеї тепловізора (людина навпроти осередку, стрілкою вказане місце розташування людини)

2. Дослідження з виявлення постраждалого (людина по іншу сторону від осередку горіння). Дослідження показали, що в цілому всі представлені марки тепловізорів досить якісно і чітко визначають розміщення постраждалого навпроти осередку горіння, відповідно до своїх тактико-технічних показників.

FLIR K2 знову показав найгірший результат,

порівняно з усіма іншими тепловізорами, відображення постраждалого на тепловізорі FLIR K2 було нечітким та розмитим. Також необхідно відзначити, що лише тепловізори фірми 3M SCOTT та LEADER TIC3 одночасно з відображенням постраждалого давали змогу ідентифікувати осередок займання, коли інші тепловізори такого відображення не давали (рис. 2).



LEADER TIC3



3M SCOTT X380

Рисунок 2 – Зображення з виявлення постраждалого (людина по іншу сторону від осередку, стрілкою вказано місце розташування людини)

3. Дослідження з визначення якості відображення об'єктів в умовах пожежі. Дослідження

показали аналогічний результат з дослідженням № 2 (рис. 3).



FLIR K33



3M SCOTT V320

Рисунок 3 – Зображення з визначення якості відображення об'єктів в умовах пожежі (стрілкою вказано місце розташування об'єкта)

4. Дослідження з виявлення прихованого осередку горіння (на відстані 8, 4, 1 м). Дослідження показали, що в цілому всі представлені марки тепловізорів не змогли повною мірою визначити

прихований осередок горіння на відстані 8 м. FLIR K2 показав найгірший результат, порівняно з усіма іншими тепловізорами, відображення прихованого осередку горіння (об'єкта) на

тепловізори було найгіршим. FLIR K33 та 3M SCOTT X380 показали найкращі результати – завдяки зображенню можна було ідентифікувати сам об'єкт та опираючись на температурну шкалу

визначити, що це може бути прихованим осередком горіння. Також, зазначені тепловізори досить якісно відобразили загальний розподіл продуктів згорання та їх температурний розподіл (рис. 4).



LEADER TIC3



3M SCOTT X380

Рисунок 4 – Зображення з виявлення прихованого осередку горіння (на відстані 8 м, стрілкою вказане місце розташування об'єкта)

На відстані 4 м ситуація кардинально не змінилася, однак зображення на всіх тепловізорах було наба-

гато чіткішим і візуально «читався» температурний розподіл на прихованому осередку горіння (рис.5).



FLIR K33



3M SCOTT V320

Рисунок 5 – Зображення з виявлення прихованого осередку горіння (на відстані 4 м)

На відстані 1 м від прихованого осередку горіння всі тепловізори показали гарну та чітку картинку цього осередку, окрім FLIR K2,

який не показав детального візуального розподілу температури порівняно з усіма іншими (рис. 6).



FLIR K2

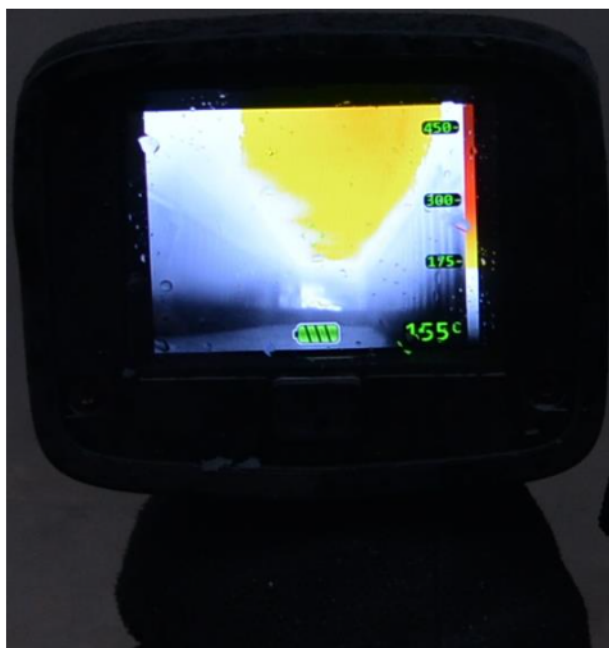


3M SCOTT V206

Рисунок 6 – Зображення з виявлення прихованого осередку горіння (на відстані 1 м)

5. Дослідження температури пожежі, напрямків її розповсюдження та стану будівельних конструкцій. Дослідження показали, що тепловізори FLIR K2 та 3M SCOTT V206 не чітко показали температурний розподіл всередині вогневого модуля, зображення зазначених тепловізорів було

монохромним та не давало чіткого уявлення про умови всередині вогневого модуля. Всі інші тепловізори показали досить чітку та зрозумілу картинку. Найкраще зображення було представлено на тепловізорах FLIR K33 та 3M SCOTT X380 (рис. 7).



3M SCOTT V320



FLIR K33

Рисунок 7 – Зображення з визначення температури пожежі, напрямків її розповсюдження та стану будівельних конструкцій

За результатами досліджень представлені до таблиці 4. тепловізори отримали певні бали, які занесено

Таблиця 4

Загальна оцінка параметрів пожежних тепловізорів за підсумками проведених досліджень

ГРУПИ	Марки пожежних тепловізорів	Загальна кількість набраних балів у своїй групі
I	FLIR K2	22
	3M SCOTT V206	27
II	FLIR K33	31
	3M SCOTT V320	28
III	LEADER TIC3	29
	3M SCOTT X380	35

Висновок. За підсумками проведених досліджень та сумою виставлених балів, яка враховувала всі серії дослідів, найкращий результат у своїх групах показали: I група – 3M SCOTT V206, II група – FLIR K33, III група – 3M SCOTT X380. На підставі експериментальних досліджень можна стверджувати, що актуальними параметрами (тактико-технічними характеристиками), які впливають на вибір пожежних тепловізорів є: розмір матриці, частота оновлення кадрів, температурний діапазон та температурна чутливість. Саме ці параметри є визначальними для проведення розвідки ланками ГДЗС в загазованих та задимлених середовищах під час вирішення таких складних тактичних задач, як виявлення постраждалого або прихованого осередку горіння та інших завдань за призначенням.

Отримані результати досліджень будуть опрацьовані та викладені у вигляді методики використання пожежних тепловізорів для особового складу пожежно-рятувальних підрозділів ОПС ЦЗ ДСНС України.

Зважаючи на результати досліджень надалі можливо експериментально визначати та описувати залежності розподілу температурних показників, що відображаються на екрані тепловізора, залежно від умов пожежі (температура, вологість, матеріал), а також заповнення ємностей з ЛЗР, ГР на свіжому повітрі тощо. Отримані результати дадуть змогу більш якісно оцінювати інформацію отриману за результатами розвідки з використанням пожежних тепловізорів.

Список літератури

1. Про затвердження Статуту дій у надзвичайних ситуаціях органів управління та підрозділів Оперативно-рятувальної служби цивільного захисту та Статуту дій органів управління та підрозділів Оперативно-рятувальної служби цивільного захисту під час гасіння пожеж: наказ МВС України від 26.04.2018 № 340.

2. Луц В.І., Войтович Д.П., Лазаренко О.В., Штангрет Н.О. Розроблення методики оцінки параметрів пожежних тепловізорів. *Пожежна безпека*.

Львів, 2019. № 35. С. 41-48.

3. A. Szajewska Development of the Thermal Imaging Camera (TIC) Technology, *Procedia Engineering*, 2017, №172, pp. 1067 – 1072 .

4. 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.

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

6. Ковалишин В.В., Луц В.І., Пархоменко Р.В. Основи підготовки газодимозахисника: навчальний посібник. Львів: ЛДУ БЖД, 2015. 379 с.

7. NFPA (National fire protection association) 1801 (2018) Standard on Thermal Imagers for the Fire Service.

8. Інструкція по застосуванню тепловізорів фірми Flir Systems, Bullard, 3M Scott.

9. Коротинський П.А. та ін. Довідник керівника гасіння пожежі. К.: ТОВ «Літера-Друк», 2016. 320 с.

References

1. Order of the Ministry of Internal Affairs of Ukraine from April 26, 2018 №340 « Order of the Ministry of Internal Affairs of Ukraine from April 26, 2018, №340 «On Approval of the Statute of Actions during emergencies governing bodies and subdivisions of Operations and Rescue Service of Civil protection during Fire Fighting». Retrieved from <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0801-18>.

2. Lushch V.I. (2019). « Development of the assessment technique of thermal imaging cameras for firefighters», *Pozhezhna bezpeka. Zbirnyk naukovykh prats*, №. 35, pp. 41-48.

3. A. Szajewska (2017), Development of the Thermal Imaging Camera (TIC) Technology, *Procedia Engineering* №172, pp. 1067 – 1072 .

4. F. Amon, A. Hamins, N. Bryner, J. Rowe (2008), Meaningful performance evaluation conditions for fire service thermal imaging cameras, *Fire Safety*

Journal V. 43, Issue 8, pp. 541-550.

5. Order of the Ministry of Emergency Situations of Ukraine from December 16, 2011 №1342 An instruction to organize use SCBA in the units of the Rescue Service of Civil Protection of the Ministry of Emergencies of Ukraine. Retrieved from <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v1342735-11>.

6. Kovalyshyn V. V. (2015), *Osnovy pidhotovky hazodymozakhysnyka* [Fundamentals of training firefighters in SCBA]. Lviv State University of Life Safety,

L'viv, Ukraine.

7. NFPA 1801(2018) Standard on Thermal Imagers for the Fire Service.

8. Instructions for use of thermal imagers of the company Flir Systems, Bullard, 3M Scott.

9. Korotynskyi P.A. (2016) *Dovidnyk kerivnyka hasinnia pozhezhi* [Fire Extinguisher's Guide].Kyiv. Litera-Druk.

* **Оглядова стаття**