

mł. kpt. mgr inż. **Łukasz ŁACIOK**¹
bryg. prof. dr hab. **Janusz RYBIŃSKI**²
dr inż. **Anna SZAJEWSKA**²

WYKORZYSTANIE KAMERY TERMOWIZYJNEJ PODCZAS GASZENIA POŻARU ZAKŁADU PRODUKCYJNEGO³

Exploitation of thermo-visual cameras during fire incidents in production centres

Streszczenie

W artykule przedstawiono częstotliwość i sposoby wykorzystania kamer termowizyjnych w akcjach ratowniczych. Opisano przebieg akcji gaszenia pożarów z użyciem kamery termowizyjnej w dwóch zakładach produkcyjnych. Zamieszczono termogramy i fotografie dokumentujące działania straży pożarnej. Oceniono przydatność kamer termowizyjnych w poszczególnych elementach działań.

W opisanych poniżej akcjach strażacy dysponowali obserwacyjną kamerą termowizyjną z możliwością pomiaru temperatury w jednym punkcie. Kamera zaprojektowana została do pracy w warunkach pożarowych.

Kamerę wykorzystano w akcji gaszenia pożaru w fabryce w Czechowicach-Dziedzicach, w 2011 roku. Użyto jej do pomiaru temperatury wewnątrz pieca hartowniczego, w którym wybuchł pożar. Kamery użyto do kontroli przewodów kominowych. Zaobserwowano spadek temperatury, podawanie środków gaśniczych nie było konieczne. Kamerą termowizyjną zastosowano również do kontroli przewodów wentylacyjnych. W celu wykluczenia powstania pożaru wtórnego lub pożaru sąsiedniej części hali produkcyjnej przeprowadzono pomiary temperatury ciągów tych przewodów. Następny pożar, w którym użyto kamery, miał miejsce w zakładzie przetwórstwa mięsnego w Bielsku-Białej w 2011 roku. Po sprawieniu drabiny mechanicznej przeprowadzono z niej ogląd dachu kamerą termowizyjną w celu lokalizacji źródła pożaru. Gęsta konstrukcja więźby dachowej, duże zadymienie oraz znaczne ilości wytwarzającej się pary wodnej utrudniały lokalizację źródeł ognia. Strażak obserwujący obraz w kamerze termowizyjnej z łatwością lokalizuje miejsca mocno nagrzane, żarzące się i palące.

Pomiary z użyciem kamery wykonano również wewnątrz hali zakładu. Kamera termowizyjna pomogła sprawnie i szybko przeprowadzić akcję gaśniczą. Bez niej zużyłoby więcej środków gaśniczych, strażacy musieliby niepotrzebnie wybijać otwory w ścianach i stropach. W rezultacie czas akcji byłby dłuższy, a straty większe.

Termowizja jest pomocna w ocenie sytuacji pożarowej. Pomaga w lokalizacji źródeł pożaru, gaszeniu pożarów ukrytych w niedostępnych przestrzeniach, w kontroli pogorzeliska. Umożliwia pomiar temperatury trudno dostępnych elementów obiektu, przewodów kominowych, kanałów wentylacyjnych, rozdzielni elektrycznych, instalacji, maszyn i urządzeń. Znajomość temperatury obiektu pozwala ograniczyć straty do minimum. Kamera termowizyjna pozwala prowadzić akcje szybko i sprawnie przy zużyciu minimalnej ilości środków gaśniczych oraz ogranicza straty do minimum.

Summary

The paper presents the frequency and ways of using thermovision cameras in rescue actions. It includes a report on firefighting actions with thermovision cameras performed in two production plants. The work includes also thermograms and pictures presenting a documentation of Fire Service actions. The usefulness of thermovision cameras in particular action elements was estimated. The paper includes authors' comments on demands that should be met by thermovision cameras used in Fire Service actions.

In the actions described below, the firefighters could use a thermovision camera with the ability of measuring the temperature in one point. The camera itself is very convenient and designed for work in fire environment.

A thermovision camera was used in a firefighting action during a fire in a factory in Czechowice-Dziedzice, in 2011. The camera was used to measure the temperature inside the hardening furnace, where the fire started.

After that, the thermovision camera was used to control the flue ducts. Due to decrease of the temperature applying of the extinguishing media was not necessary. A thermovision camera was also used to control the ventilation ducts. The

¹ Komenda Miejska Państwowej Straży Pożarnej w Bielsku-Białej, ul. Leszczyńska 43, 43-300 Bielsko-Biała, Polska; lacioklukasz@gmail.com;

² Szkoła Główna Służby Pożarniczej w Warszawie, ul. Słowackiego 52/54, 01-629 Warszawa, Polska;

³ Każdy ze współautorów wniósł równy wkład merytoryczny w powstanie artykułu (po 33%);

measurements of temperature in ventilation ducts was conducted to eliminate a secondary fire or a fire in a neighbouring part of the production hall.

Next fire where the thermovision camera was used, took place in a meat processing plant, in Bielsko-Biała, in 2011. After checking the mechanical ladder, it was used to localize the fire source. The roof was examined with a thermovision camera. Thick structure of rafter framing, big smoke and a lot of water steam significantly inhibited the location of fire sources. Firefighter who was observing the picture in thermovision camera, could easily localize places that were strongly heated, embers and fire.

Measurements taken by the camera were conducted inside the plant hall as well. Thermovision camera helped to run the firefighting action fast and smoothly. More extinguishing media would have been used without such a camera and the firefighters would have to make unnecessary holes in walls and ceilings. As a result the action would have lasted longer, the losses would have been bigger.

Thermovision is helpful in estimating the fire situation. It helps in localizing sources of fire, extinguishing fires hidden in unapproachable spaces and inspecting sites of the fire. It also enables to measure temperature of difficult to access elements, chimney ducts, ventilation ducts, electrical switchboards, systems, machines and devices. Knowing the temperature of an object lets minimize the losses. The camera enabled to perform the actions fast and efficiently with minimum extinguishing media and minimizing any losses.

Słowa kluczowe: kamera termowizyjna, pożar, akcja gaśnicza, termogram, strażak;

Keywords: thermal camera, firefighting, thermographs;

Wprowadzenie

W Szkole Głównej Służby Pożarniczej prowadzone są prace naukowo-badawcze dotyczące zastosowań termowizji w pożarnictwie. W pracach uczestniczą studenci wykonujący prace magisterskie. Studenci przeprowadzili kilkanaście testów pożarowych w pełnej skali, w których badano rozwój pożaru samochodu osobowego oraz testy pożaru traw. W testach korzystano z kamer termowizyjnych [2-6].

Studenci studiów niestacjonarnych SGSP, zatrudnieni w PSP w podziale bojowym, zbierają informacje o akcjach z użyciem kamery termowizyjnej. W akcjach, w których osobiście uczestniczą, rejestrują obrazy termiczne obiektów i jednocześnie fotografują te obiekty. W ten sposób powstaje dokumentacja użycia kamery, która pozwala przeprowadzić analizę jej przydatności. Powstaje wartościowy, pochodzący z pierwszej ręki materiał, dotyczący sposobów wykorzystania kamer, ich zalet i wad.

1. Sposoby wykorzystania kamer termowizyjnych

W programie meldunkowym SWD ST nie odnotowuje się faktu użycia kamery termowizyjnej. Dlatego bardzo trudno jest sporządzić statystykę wykorzystania kamer termowizyjnych w akcjach ratowniczo-gaśniczych. Z analizy dokumentacji tworzonej przez Państwową Straż Pożarną, a także z relacji strażaków wynika, że kamery termowizyjne wykorzystywane są na wiele sposobów w zależności od sytuacji. Wykorzystywane są głównie do:

- oceny pożarowej miejsca akcji,
- przeszukiwania zadymionych pomieszczeń,
- lokalizacji źródeł ognia w wolnych przestrzeniach między stropami lub ścianami,
- kontroli temperatury schładzanych elementów budynku,

- lokalizacji źródeł ognia w zsykach,
- poszukiwania osób zaginionych w terenie.

Termowizja najczęściej wykorzystywana jest podczas gaszenia pożarów. Ułatwia orientację i poruszanie się ratowników w strefach silnie zadymionych, gdzie widoczność spada nawet do zera, jak również we mgle i w ciemnościach. Pozwala zlokalizować znajdujące się tam osoby i udzielić im pomocy.

System meldunkowy SWD ST nie wymaga rejestracji faktu użycia kamery termowizyjnej podczas działań podmiotów Krajowego Systemu Ratowniczo-Gaśniczego. Niemożliwe jest więc sporządzenie szczegółowej statystyki wykorzystania kamer termowizyjnych podczas działań ratowniczo-gaśniczych. Fakt użycia kamery jest jedynie odnotowany w części opisowej meldunku ze zdarzenia, lecz nie w każdym przypadku. To od dowódcy akcji zależy, czy zamieści ten fakt w meldunku. Z programu SWD ST wysegregowano zdarzenia na terenie województwa śląskiego, które w części opisowej zawierały termin „kamera termowizyjna”. Takich zdarzeń w roku 2011 było 66. Jest to niewiele w porównaniu do ogólnej liczby interwencji, których było 53813. Kamery termowizyjne używane były zaledwie w 0,12% wszystkich zdarzeń w województwie w 2011 roku. Faktyczny udział procentowy działań z kamerą termowizyjną był z pewnością znacznie większy, bo nie wszystkie przypadki zostały odnotowane.

Podobne zestawienie przeprowadzono dla KM PSP Gdańsk, na obszarze której działa pięć JRG. Komenda wyposażona jest w dwie kamery termowizyjne. W ciągu trzech ostatnich lat z kamery korzystano w około 0,5% interwencji, przy czym prawie wyłącznie w gaszeniu pożarów – sporadycznie tylko podczas miejscowych zagrożeń. Zgromadzono obszerny materiał dotyczący akcji gaśniczych z wy-

korzystaniem termowizji. Wybrano z niego i przedstawiono poniżej przykłady akcji gaśniczych, w których kamera termowizyjna okazała się bardzo pomocna. Te przykłady mają udowodnić przydatność kamer i zachęcić do częstszego korzystania z nich.

W opisanych poniżej akcjach strażacy dysponowali obserwacyjną kamerą termowizyjną z możliwością pomiaru temperatury w jednym punkcie (ryc. 1). Współczynnik emisyjności ustawiony jest na stałe, dlatego wyświetlana wartość temperatury może być obciążona znacznym błędem [1, 7]. Kamera zawiera matrycę mikrobolometryczną o rozdzielczości 320x240 detektorów. Temperatura obiektu zobrażowana jest w skali barw lub w skali szarości. Kamera jest poręczna. Można nią operować nawet jedną ręką. Jest prosta w obsłudze. Obraz wyświetlany jest na małym ekranie ciekłokrystalicznym. Kamera zaprojektowana została do pracy w warunkach pożarowych. Operator obsługuje wszystkie funkcje kamery za pomocą trzech przycisków. Kamera wraz z osprzętem przechowywana jest w poręcznej, trwałej i wodoszczelnej walizce. Nie wymaga szczególnych czynności konserwacyjnych. W pełni naładowane akumulatory zapewniają działanie na czas około trzech godzin. Można przyjąć, że kamera spełnia oczekiwania strażaków.



Ryc. 1. Kamera termowizyjna używana w akcjach gaśniczych

Fig. 1. A thermivision camera used in firefighting actions

2. Opis akcji gaśniczych z użyciem kamery termowizyjnej

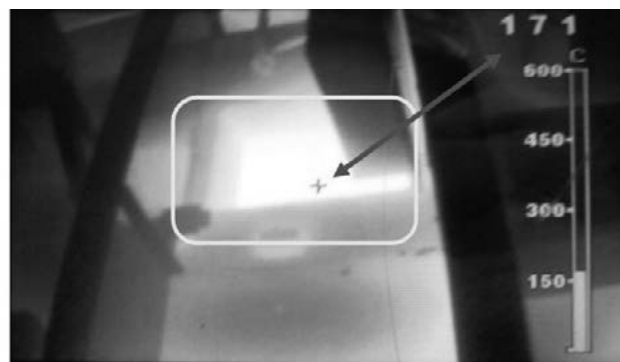
Poniżej przedstawiono przykłady użycia kamer termowizyjnych w dwóch wybranych akcjach gaśniczych. Termogramy i fotografie wykonywał strażak uczestniczący w akcji. Był on obciążony wielokilogramowym strażackim ubraniem specjalnym

i uzbrojeniem osobistym oraz pracował w pośpiechu i stresie, w trudnych warunkach pożarowych. Dlatego jakość termogramów i fotografii nie zawsze jest zadowalająca.

2.1. Pożar w fabryce w Czechowicach-Dziedzicach przy ul. Bestwińskiej, w dniu 4 kwietnia 2011 roku

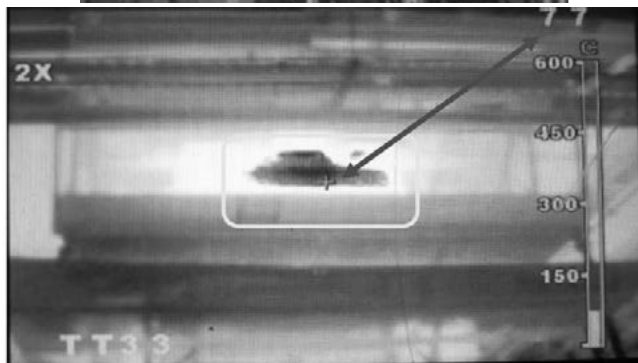
W działaniach brało udział 5 zastępów Państwowej Straży Pożarnej (16 ratowników). Pożar powstał w piecu hartowniczym i uruchomił stałe urządzenie gaśnicze. Zadaniem straży pożarnej było zabezpieczenie miejsca pożaru, potwierdzenie 100-proc. ewakuacji pracowników oraz skontrolowanie pieca hartowniczego i systemu kanałów kominowych spalinyowych oraz wentylacyjnych. Kamera termowizyjna okazała się bardzo użyteczna w tych działaniach.

Kamerę użyto do pomiaru temperatury wewnątrz pieca hartowniczego, w którym wybuchł pożar. Temperatura wewnątrz pieca hartowniczego wynosiła 171°C (ryc. 2). Była to ważna informacja dla strażaków.



Ryc. 2. Kontrola pieca hartowniczego
Fig. 2. Inspection of the hardening furnace

Następnie przy użyciu kamery termowizyjnej przeprowadzono kontrolę kanałów kominowych (ryc. 3). Zmierzoną temperaturę zewnętrznej powierzchni kanału. Początkowo temperatura wynosiła 77°C. Po odczekaniu 5 minut ponownie wykonano pomiar. Ponieważ zaobserwowano spadek temperatury, podawanie środków gaśniczych nie było konieczne.



Ryc. 3. Kontrola kanału kominowego nad piecem hartowniczym. Obwódka zaznaczona miejsce pomiaru. Kolor fioletowy na termogramie obrazuje najwyższą temperaturę

Fig. 3 Inspection of the flue duct above the hardening furnace. The point of the measurement is marked with yellow rectangle. Spots marked in purple on the thermogram represent the highest temperature

Kamerę termowizyjną zastosowano również do kontroli przewodów wentylacyjnych. W celu wykluczenia powstania pożaru wtórnego lub pożaru sąsiedniej części hali produkcyjnej przeprowadzono pomiary temperatury ciągów wentylacyjnych (ryc. 4). Pomiary wykazały, że temperatura nie przekracza 44°C, co uznano za bezpieczne pod względem pożarowym.



Ryc. 4. Kontrola temperatury przewodów wentylacyjnych. Kolor fioletowy na termogramie obrazuje najwyższą temperaturę. W punkcie pomiarowym temperatura wynosi 44°C

Fig. 4. Inspection of the temperature of the ventilation ducts. The highest temperature on the thermogram is marked in purple. Temperature in the measurement point is 44°C

Dzięki użyciu kamery można było stwierdzić, które butle stałego urządzenia gaśniczego CO₂ zostały rozładowane. Na ryc. 5 przedstawiono fotografię i termogram baterii butli CO₂. Podczas rozładowania następuje oziębienie butli. Dwie zimniejsze butle zobrazowane na termogramie w ciemniejszym odcieniu zostały rozładowane.



Fotografia

Termogram

Ryc. 5. Bateria butli stałego urządzenia gaśniczego CO₂. Butle o najciemniejszym odcieniu są najzimniejsze. Świadczy to o tym, że dwie butle po prawej stronie zostały rozładowane

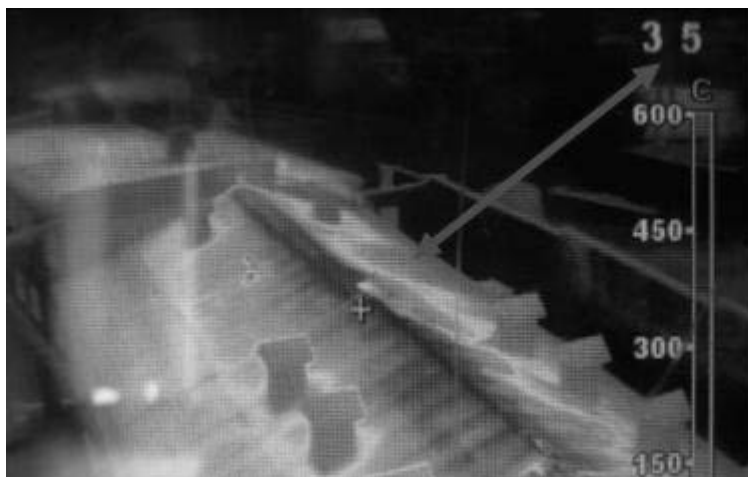
Fig. 5. Cylinders of fixed CO₂ fire extinguishing system. Cylinders marked in the darkest shades are the coolest. It means that two cylinders on the right have been unloaded

2.2. Pożar zakładu przetwórstwa mięsnego przy ulicy Nad Potokiem w Bielsku-Białej 19 kwietnia 2011 roku

W działaniach brało udział 12 zastępów (37 ratowników). Po przybyciu na miejsce zdarzenia pożarem objęte było poddasze nad częścią produkcyjną zakładu. Przeprowadzono ewakuację pracowników oraz wartościowego mienia, podano 4 prądy w natarciu oraz dwa w obronie na sąsiednie pomieszczenia. Po sprawieniu drabiny mechanicznej przeprowadzono z niej ogląd dachu kamerą termowizyjną w celu lokalizacji źródła pożaru (ryc. 6).

Po częściowej rozbiórce pokrycia dachu strażacy dostali się na nieużytkowe poddasze hali produkcyjnej. Konstrukcja poddasza była wykonana przede wszystkim z elementów drewnianych. Strażacy w sprzęcie ochrony dróg oddechowych dogaszali poddasze, lokalizując miejsca o podwyższonej temperaturze za pomocą kamery termowizyjnej. Gęsta konstrukcja więźby dachowej, duże zadymienie oraz znaczne ilości wytwarzającej się pary wodnej bardzo utrudniały lokalizację źródeł ognia. Strażak obserwujący obraz w kamerze termowizyjnej z łatwością lokalizuje miejsca mocno nagrzane, żarzące się i palące.

Pomiary kamerą wykonano również wewnątrz hali zakładu. Poszczególne pomieszczenia w zakładzie oddzielone były od siebie ścianami warstwo-



Ryc. 6. Dach hali produkcyjnej. Kolor fioletowy na termogramie obrazuje najwyższą temperaturę. W punkcie pomiarowym temperatura wynosi 35°C

Fig. 6. Roof of the production hall. Purple on the thermogram represents the highest temperature. The temperature in the measurement point is 35°C



wymi z łatwopalnym wykończeniem. Sufit hali produkcyjnej wykonany był z płyt gipsowych podwieszonych na metalowej konstrukcji. Strop nie uległ zawalaniu, lecz był znacznie przegrzany. Na termogramie bardzo wyraźnie widoczne są elementy konstrukcji (ryc. 7).



Ryc. 7. Termogram sufitu podwieszanego. Jasny odcień obrazuje podwyższoną temperaturę

Fig. 7. The thermogram of a suspended ceiling. Light shadows represent increased temperature

We wstępnym rozpoznaniu pomieszczenie z kotłem centralnego ogrzewania nie zostało zakwalifikowane jako objęte pożarem. Nie znaleziono tam wówczas źródła pożaru. Dopiero po obserwacji z użyciem kamery termowizyjnej zauważono przegrzane miejsce nad przewodem kominowym kotła, w którym temperatura miała wartość 412°C (ryc. 8). Doprowadziło to do wykrycia pożaru kanału kominowego oraz pożaru w części podsufitowej pomieszczenia.

Kamery termowizyjne są bardzo często wykorzystywane podczas małych pożarów kominów. Umożliwiają obserwację rozkładu temperatury na powierzchni przewodu kominowego na całej jego długości, a tym samym ocenę temperatury wewnątrz przewodu, nie ingerując w konstrukcję.



Ryc. 8. Termogram górnej powierzchni przewodu kominowego kotła. Jaśniejszy odcień obrazuje wyższą temperaturę

Fig. 8. The thermogram of a top surface of a boiler flue. Lighter shadow represents higher temperature

3. Podsumowanie i wnioski

Obecnie kamera termowizyjna zalicza się do standardowego wyposażenia Państwowej Straży Pożarnej. Jej zalety i możliwości zyskują coraz większe uznanie wśród strażaków. W wielu przypadkach ułatwia prowadzenie działań ratowniczych, ogranicza koszty akcji i straty materialne spowodowane działaniami straży pożarnej. W stosunku do państw z naszego sąsiedztwa, takich jak Czechy, Serbia, Słowacja, Węgry, Ukraina, Białoruś, Litwa, ilość kamer termowizyjnych będących w dyspozycji straży pożarnej jest imponująco duża.

Termowizja jest pomocna w ocenie sytuacji pożarowej. Pomaga w lokalizacji źródeł pożaru, gaszeniu pożarów ukrytych w niedostępnych przestrzeniach, kontroli pogorzeliska. Umożliwia pomiar temperatury trudno dostępnych elementów obiektu, przewodów kominowych, kanałów wentylacyjnych, rozdzielni elektrycznych, instalacji, maszyn i urządzeń. Znajomość temperatury obiektu pozwala ograniczyć do minimum podawanie środków ga-

śniczych, uniknąć wybijania otworów, prac rozbiórkowych itp.

Kamery termowizyjne znajdujące się na wyposażeniu JRG spełniają obecne oczekiwania ratowników. Są lekkie, poręczne, proste w obsłudze, odporne na wodę, zanieczyszczenia i wstrząsy oraz właściwie przystosowane do pracy w środowisku pożarowym. Bardzo przydatna okazała się opcja pomiaru temperatury. Znajomość wartości temperatury w niektórych przypadkach jest konieczna. Znając temperaturę przewodów kominowych, przewodów wentylacyjnych, instalacji elektrycznych oraz obserwując temperatury obiektu w czasie, łatwiej można podjąć decyzję o zakończeniu działań lub o ich kontynuacji. Świadczą o tym opisane powyżej przebiegi akcji.

Utrudnieniem podczas pracy z kamerą termowizyjną jest konieczność trzymania jej w ręku. Na rynku można znaleźć kamery zintegrowane z hełmem, zapewniające całkowitą swobodę ruchu, ale nie znalazły one uznania ratowników. Niektóre kamery wyposażone są w moduł transmisji radiowej umożliwiający przekazywanie w czasie rzeczywistym obrazu z kamery do stanowiska dowodzenia. Jednak te dostępne w sprzedaży nie spełniają wszystkich oczekiwań odbiorców.

Obecnie jednostki PSP najczęściej nabywają kamery obserwacyjne z możliwością pomiaru temperatury w jednym punkcie, przystosowane do pracy w środowisku pożarowym. Wydaje się, że w najbliższej przyszłości powinno się je zastąpić kamerami pomiarowymi. Mogą być zbudowane na takich samych matrycach detektorów (320 x 240), które zapewniają wystarczającą rozdzielczość. Tego rodzaju kamery będą użyteczne, zarówno w akcjach ratowniczych, jak i w profilaktyce, w związku z tym wzrośnie ich wykorzystanie. Z uwagi na spadek cen sprzętu termowizyjnego cena proponowanej kamery nie powinna być wyższa od ceny kamery obserwacyjnej typu Bullard T4. Z kamerą termowizyjną powinien być sprzężony cyfrowy aparat fotograficzny. Ułatwi to dokumentację przebiegu działań ratowniczych. Taka dokumentacja pozwoli osobom nieuczestniczącym w akcji na przeprowadzenie analizy działań do celów dochodzeniowych lub badawczych.

Nie w każdej akcji ratowniczej korzystanie z kamery termowizyjnej jest zasadne. W większości przypadków ratownicy obywają się bez kamery, nawet jeśli ją posiadają. Bywają jednak zdarzenia, w których kamera termowizyjna jest wyjątkowo

przydatna. Należą do nich akcje gaśnicze opisane powyżej. W akcjach tych kamera termowizyjna pomogła sprawnie i szybko przeprowadzić akcję gaśniczą. Bez niej zużyłoby więcej środków gaśniczych, strażacy musieliby niepotrzebnie wybijać otwory w ścianach i stropach. W rezultacie czas akcji byłby dłuższy, straty większe, a strażacy wracaliby z akcji bardziej utrudzeni.

Literatura

1. *Pomiary termowizyjne w praktyce*, H. Madura (red.), Agencja Wydawnicza PAK, Warszawa, 2004.
2. Rybiński J., *Nowoczesne techniki w inżynierii bezpieczeństwa – zastosowanie termowizji*, „Polski Przegląd Medycyny Lotniczej”, 15, 2 (2009), 183-191.
3. Rybiński J., *Zastosowania termowizji w inżynierii bezpieczeństwa*, „Zeszyty Naukowe SGSP”, 42, 2011, 207-216.
4. Rybiński J., Jakubowski I., Szajewska A., *The fire of the passenger cars*, „Zeszyty Naukowe SGSP”, 43, 2012.
5. Rybiński J., Szajewska A., *Wykorzystanie termowizji w Państwowej Straży Pożarnej*, „Pomiary Automatyka Kontrola”, vol. 57, 10 (2011), 1260-1263.
6. Rybiński J., Szajewska A., *Use of thermovision by the polish state fire service*. VIth International Scientific and Practical Conference *Emergency Situations: Prevention and Elimination*, Minsk (Belarus) 8-9.06.2011, Proc. Conf. pp. 216-220.
7. Więcek B., De Mey G., *Termowizja w podczernieni podstawa*, Wydawnictwo PAK, Warszawa 2011.

mł. kpt. mgr inż. Łukasz ŁACIOK jest pracownikiem Komendy Miejskiej Państwowej Straży Pożarnej w Bielsku-Białej. Od 10 lat pracuje w Jednostce Ratowniczo – Gaśniczej nr 2, obecnie zajmuje stanowisko dowódcy zmiany.

bryg. prof. dr hab. Janusz RYBIŃSKI jest profesorem Szkoły Głównej Służby Pożarniczej w Warszawie. W latach 2005–2010 pełnił funkcję Dziekana Wydziału Inżynierii Bezpieczeństwa Pożarowego. Prowadzi prace naukowo-badawcze w zakresie inżynierii bezpieczeństwa.

dr inż. Anna SZAJEWSKA jest adiunktem Szkoły Głównej Służby Pożarniczej w Warszawie. Prowadzi prace naukowo-badawcze w zakresie wymiany ciepła i modelowania rozwoju pożarów.