

Janusz RYBIŃSKI, Arkadiusz OMAZDA, Anna SZAJEWSKA

SZKOŁA GŁÓWNA SŁUŻBY POŻARNICZEJ W WARSZAWIE,
ul. Słowackiego 52/54, 01-629 Warszawa

Badanie rozwoju pożaru samochodu osobowego z wykorzystaniem termowizji

Dr hab. Janusz RYBIŃSKI

Profesor Szkoły Głównej Służby Pożarniczej w Warszawie. W latach 2005 – 2010 dziekan Wydziału Inżynierii Bezpieczeństwa Pożarowego, brygadier Państwowej Straży Pożarnej. Absolwent Wydziału Fizyki Uniwersytetu Warszawskiego. Zainteresowania naukowe: zastosowania optoelektroniki w inżynierii bezpieczeństwa.



e-mail: j.rybinski@interia.pl

Kpt. mgr inż. Arkadiusz OMAZDA

Wykładowca Centralnej Szkoły Państwowej Straży Pożarnej, Wydział Kształcenia, Absolwent Szkoły Głównej Służby Pożarniczej w Warszawie.



e-mail: omazdaa@cspsp.pl

Dr inż. Anna SZAJEWSKA

Adiunkt Szkoły Głównej Służby Pożarniczej w Warszawie, Wydział Inżynierii Bezpieczeństwa Pożarowego. Zainteresowania naukowe: badanie rozwoju pożarów, komputerowe przetwarzanie obrazów, technologia podczerwieni.



e-mail: ania.szajewska@gmail.com

Streszczenie

W artykule opisano przebieg testowego pożaru samochodu osobowego. Podczas eksperymentu mierzono temperaturę w wybranych miejscach samochodu za pomocą termopar i kamery termowizyjnej. Przebieg eksperymentu rejestrowano w podczerwieni i świetle widzialnym. Wyodrębniono i scharakteryzowano fazy tego pożaru. W szczelnie zamkniętym pojeździe pożar rozwijał się powoli. Gwałtowny wzrost jego dynamiki następuje po rozszczelnieniu okien. W ciągu kilku minut temperatura w kabinie wzrasta do ponad 1000°C. Na rys. 3 i rys. 5 zamieszczono wykresy, na których przedstawiono zależność temperatury od czasu dla wybranych miejsc wnętrza samochodu i powierzchni karoserii. Temperaturę powierzchni karoserii mierzono kamerą termowizyjną i równocześnie termoparą w celu porównania wskazań tych przyrządów. Przedstawiono trudności związane z pomiarem temperatury karoserii za pomocą kamery termowizyjnej wynikające z nieznanymi emisyjności powierzchni obiektu i niestabilnych warunków zadymienia.

Słowa kluczowe: kamera termowizyjna, strażak, przyczyny pożaru, zadymienie, fazy pożaru.

Research on development of fire in a passenger car with usage of thermovision

Abstract

The Main School of Fire Service carries out a full scale research on development of fire in a passenger car. The research is aimed at improving the security of both car users and rescuers. Thermal cameras are used in such experiments in order to obtain visualization of the object surface and measure the temperature. Similar researches are conducted at the University in Zilina (Slovakia). The paper presents the process of test fire of a passenger car Opel Ascona. During the experiment the temperature was measured using thermocouples and a thermal camera in specific car parts. The experiment was recorded in IR and the visible light. The fire was developing slowly in the tightly closed car. A rapid increase in its dynamics was recorded after unsealing windows and was caused by high temperature. Within a couple of minutes the temperature in the car increased to over 1000°C. Fig. 3 shows the graphs of the temperature dependence on time for specific inside parts of the car and its bodyshell surface. The temperature

of the bodyshell surface was measured simultaneously by the thermal camera and the thermocouple in order to compare their indications. The precise temperature measurement made by the thermal camera was hampered due to lack of knowledge of the object surface emissivity and unstable smoky conditions.

Keywords: thermal camera, fireman, smoky condition, phases of the fire.

1. Wstęp

W Polsce odnotowuje się około 7 tysięcy pożarów samochodów osobowych rocznie. Stanowi to około 5% ogólnej liczby wszystkich pożarów. W ostatniej dekadzie zaobserwowano powolny, ale systematyczny spadek liczby pożarów w stosunku do liczby zarejestrowanych samochodów. Można przyjąć, że wynika on z poprawy stanu technicznego pojazdów, kultury technicznej użytkowników i serwisu. W tym czasie wzrosła liczba samochodów nowej generacji, których nie można naprawiać poza wyspecjalizowanym warsztatem. Mniej osób dokonuje napraw i przeróbek samochodów samodzielnie. W latach dziewięćdziesiątych ubiegłego wieku przeróbki importowanych samochodów były powodem wielu pożarów [1].

Najczęstszymi przyczynami pożarów samochodów osobowych są nieszczelności w układzie zasilania i zwarcia instalacji elektrycznej [2]. Wnikają one głównie z niewłaściwej konserwacji samochodu oraz przeróbek w układzie paliwowym i elektrycznym. Często użytkownicy poza warsztatem montują dodatkowe urządzenia elektryczne i elektroniczne przeciążające fabryczną instalację i powodujące jej zwarcie. Około 600 pożarów rocznie powstaje w wyniku celowego podpalenia z zemsty albo w celu wyłudzenia odszkodowania.

Pożar samochodu stanowi poważne zagrożenie dla kierowcy i pasażerów. Opuszczenie pojazdu mogą utrudniać zakleszczone pasy bezpieczeństwa lub zablokowane drzwi. Nóż do przecinania pasów bezpieczeństwa wożą tylko nieliczni. Kierowcy nie potrafią korzystać z podręcznej gaśnicy. Zdarza się, że próbując ugasić pożar silnika nieświadomie otwierają pokrywę silnika i w ten sposób zapewniają dopływ powietrza do źródła pożaru. Przekreśla to szanse na ugaszenie pożaru w początkowej fazie.

W Szkole Głównej Służby Pożarniczej prowadzone są badania rozwoju samochodu osobowego w pełnej skali. Przeprowadzono kilkanaście eksperymentów, w których badano rozwój pożaru w różnych warunkach. Celem ich jest poprawa bezpieczeństwa użytkowników i ratowników. W badaniach wykorzystywane są kamery termowizyjne do wizualizacji pola temperatur powierzchni obiektu. Podobne badania prowadzono na Uniwersytecie w Żylinie na Słowacji [3].

2. Próby zapalenia siedziska

Zdarzają się przypadki zaproszenia ognia od papierosa, zapalki lub zapalniczki. Znane jest zdarzenie, w którym dziecko bawiące się zapalniczką podpaliło pokrycie fotela. Matka zostawiła je na chwilę w zamkniętym samochodzie, który stał się dla niego pułapką. Postanowiono sprawdzić możliwości zaproszenia ognia na pokryciu fotela samochodu osobowego.

Wykonano kilka prób. W pierwszej zapalano siedzisko zapalką rzucając ją na fotel. W samochodach, których obicia siedzeń wykonane były z tworzyw sztucznych niemal każdorazowo dochodziło do zapalenia fotela, gdy zapalka padała przy oparciu (rys. 1). Podobnie było, gdy zapalka padała w taki sposób, że nie przylegała w całości do powierzchni siedziska fotela i dzięki temu mogła spalać do końca. Gdy zapalka padała płasko, nie zapalała tkaniny fotela. Sprawdzono również możliwość zapalenia fotela od papierosa. Rzucano niedopałek na fotel. W żadnej z tych prób nie doszło do zapalenia tkaniny fotela. W kolejnym eksperymencie do zapalenia fotela użyto gazety, którą zmięto, podpalamo i rzucono na fotel. W tym przypadku następowało zapalenie tkaniny i ogień szybko rozprzestrzenił się na cały fotel. Ale tylko przy otwartych drzwiach. W szczelnie zamkniętym samochodzie ogień był tłumiony, następowało okopcenie szyb i pożar zanikał lub rozwijał się bardzo powoli, aż do zmięczenia uszczelnień uszczelniających szyby.



Rys. 1. Sposoby podpalania fotela
Fig. 1. Ways of setting the fire to a car seat

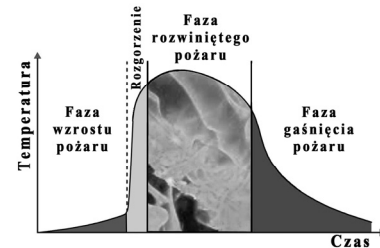
3. Pomiary temperatury

Przeprowadzono test pożarowy na samochodzie marki Opel Ascona. Podczas eksperymentu mierzono temperaturę w wybranych miejscach samochodu: wewnątrz kabiny pod sufitem (T_1) i przy podłodze (T_2), pod maską nad silnikiem (T_3), w komorze bagażnika (T_4), na powierzchni karoserii pod oknem drzwi kierowcy. Temperaturę mierzono termoparami i kamerą termowizyjną. Przebieg eksperymentu rejestrowano w podczerwieni i świetle widzialnym.

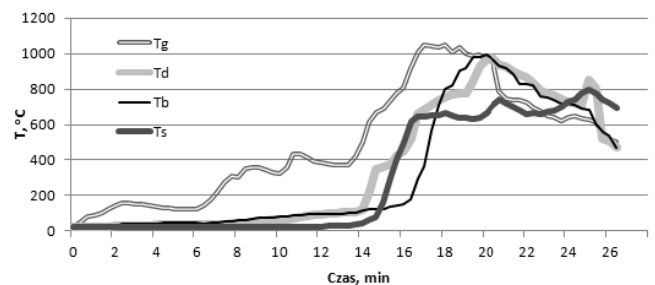
Pożar zainicjowano w schowku deski rozdzielczej, podpalając wlaną tam naftę świetlną w ilości 25 ml. Miało to symulować pożar spowodowany zwarcieniem instalacji elektrycznej. Drzwi i okna były szczelnie zamknięte.

Pożar samochodu osobowego jest typem pożaru uwarunkowanego wentylacją. Gdy drzwi i okna są zamknięte, rozwija się powoli. Można zaobserwować trzy fazy pożaru wraz z rozgorzeniem (rys. 2). Faza wzrostu pożaru trwać bardzo długo. Gdy drzwi i okna są zamknięte, pożar rozwija się powoli. Po kilku lub kilkunastu minutach może zostać stłumiony z powodu wyczerpania się tlenu. W innym wariantcie może rozwijać się kilkadziesiąt minut i poprzez rozgorzenie gwałtownie przejść do fazy rozwiniętego pożaru. Nagrzane uszczelki miękną i rozszczelniają okna. Dopływ świeżego powietrza przyspiesza spalanie. Zimne powietrze wpływające do wnętrza kabiny chwilowo obniża tempe-

raturę, aby następnie zdynamizować pożar. Efektem są wahania temperatury, które są widoczne na wykresie temperatury T_g pod-sufitowej warstwy powietrza, przedstawionym na rys. 3.



Rys. 2. Fazy pożaru wewnętrznego
Fig. 2. Phases of the inner fire



Rys. 3. Zależność temperatury od czasu dla eksperymentalnego pożaru samochodu marki Opel Ascona: T_g - temperatura wewnątrz kabiny pod sufitem, (T_d) - temperatura wewnątrz kabiny i przy podłodze, (T_s) - temperatura pod maską nad silnikiem, (T_b) - temperatura w komorze bagażnika

Fig. 3. Temperature dependence on time for the experimental fire of a passenger car Opel Ascona: T_g - temperature inside the cabin, measured below the ceiling, (T_d) - temperature inside the cabin measured near the floor, (T_s) - temperature under the hood above the engine, (T_b) - temperature inside the car trunk

W pierwszej fazie pożaru temperatura wzrastała powoli. Szyby uległy całkowitemu okopceniu. Przez nieszczelności w samochodzie wydobywa się niewielka ilość dymu. Słychać było pęknięcie szyb. Najwyższa temperatura panowała w górnej części kabiny i tam następowało rozszczelnianie okien. Na dole, przy podłodze, temperatura powietrza nie przekraczała 100°C i nie miała wpływu na rozwój pożaru. Porównywalną wartość miała temperatura w komorze bagażnika. Pod maską temperatura nie podniosła się. Kabina pasażerska jest odgródzona od komory silnika, aby utrudnić przedostanie się ognia do kabiny w przypadku pożaru silnika.

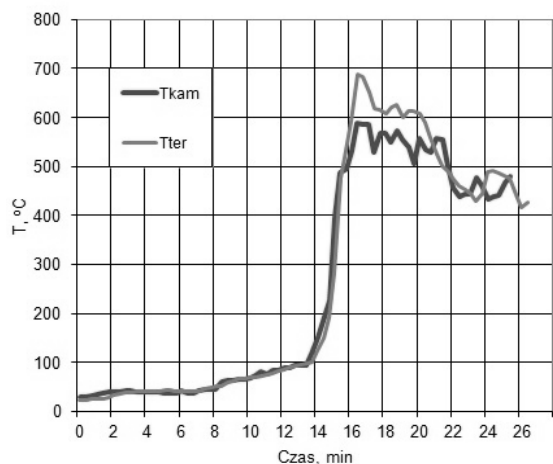
W dziesiątej minucie zaczęła się topić przednia szyba samochodu. Płomień pojawił się na zewnątrz samochodu. Przez wytopiony otwór w szybie wydostawało się dym. Pięć minut później zaczęły wypadać szyby w samochodzie i kłapie bagażnika. Kamera termowizyjna zarejestrowała uplastycznianie się i zwiżanie do środka samochodu bocznej szyby od strony kierowcy (rys. 4). Obserwacja tego zjawiska w świetle widzialnym była utrudniona z powodu silnego zadymienia. Nastąpiło przejście do fazy rozwiniętego pożaru. W ciągu kilku minut pożar objął komorę silnika i bagażnika. Maksymalna temperatura zarejestrowana w kabinie pod sufitem wynosiła 1030°C , a na poziomie podłogi 1000°C . W komorze bagażnika temperatura osiągnęła wartość 1000°C , pod pokrywą silnika 800°C . Porównywalne temperatury zanotowano w innych testach pożaru samochodu osobowego [1, 4].

Wysoka temperatura spowodowała, że wszystkie materiały palne wewnątrz samochodu szybko wypalały się. Ogień wyszedł na zewnątrz obejmując opony i powodując ich rozrywanie. Towary zostały temu kule ognia świst uchodzącego powietrza. Pożar przeszedł w fazę gaśnięcia.



Rys. 4. Fotografie w podczerwieni samochodu Opel Ascona w momencie plastycznego zwijania się szyby

Fig. 4. Pictures of the Opel Ascona car taken in IR at the moment of plastic car window curling



Rys. 5. Zależność temperatury od czasu dla eksperymentalnego pożaru samochodu marki Opel Ascona: T_{ter} – temperatura mierzona termoparą, T_{kam} – temperatura mierzona kamerą termowizyjną

Fig. 5. Temperature dependence on time for the experimental fire of a passenger car Opel Ascona: T_{ter} – temperature measured by the thermocouple, T_{kam} – temperature measured by the thermal camera

4. Wykorzystanie kamery termowizyjnej w badaniach

Kamera termowizyjna służyła głównie do obserwacji przebiegu pożaru. Ze względu na silne zadymienie w niektórych momentach niemożliwa była obserwacja w świetle widzialnym. Możliwa była tylko obserwacja w podczerwieni.

Kamera termowizyjna służyła również do pomiaru temperatury. Należy przyjąć, że wskazania jej mogą być obciążone znacznym, trudnym do oszacowania błędem. Wynika on z nieznajomości emisyjności powierzchni obiektu. Emisyjność jest zależna od temperatury i struktury powierzchni [5, 6]. Wartość jej zmienia się w trakcie pożaru. Zmienia się bowiem temperatura, następuje okopcenie powierzchni, lakier odkształca się i spala. Ponadto wydzielający się dym pochłania i rozprasza promieniowanie podczerwone. Te procesy zachodzą nieregularnie i w znacznym stopniu są niepowtarzalne.

W przeprowadzonym eksperymencie samochód znajdował się w otwartym z dwóch stron pomieszczeniu, przypominającym tunel. W pomieszczeniu był lekki ciąg powietrza, dzięki czemu strumień dymu odchyłał się cały czas w jedną stronę zapewniając w miarę stabilne warunki pomiaru. Takie warunki nie występują na parkingu, pod gołym niebem.

Do pomiaru temperatury wybrano miejsce usytuowane na powierzchni karoserii na przednich drzwiach od strony kierowcy, pod oknem (rys. 3). W tym miejscu umieszczono termoparę dla porównania jej wskazań ze wskazaniami kamery. Wyniki przedstawiono na wykresach zamieszczonych na rys. 5. Emisyjność kamery ustawiona była na wartość 0,95. Widać z wykresu, że wskazania kamery są zaniżone względem termopary. Wyniki w przybliżeniu pokrywałyby się, gdyby założyć, że emisyjność rozgrzanej karoserii wynosi około 600°C . Przeprowadzono również testy pożarowe na parkingu. Podczas tych testów podmuchy wiatru powodowały, że nagle pojawiały się kłęby dymu i języki płomieni, wpływające na wskazania kamery.

5. Wnioski

Pożar samochodu osobowego zachodzi bardzo gwałtownie. Temperatura wewnątrz kabiny osiąga wartość przekraczającą 1000°C . Tak wysoka temperatura bywa przyczyną przeniesienia się ognia na sąsiednie obiekty. Jest to rodzaj pożaru uwarunkowanego wentylacją z uwagi na dużą ilość łatwopalnego materiału zgromadzonego w małej przestrzeni. Dlatego szybkość jego rozwoju w pierwszym rzędzie zależy od warunków umożliwiających dopływ powietrza. Gasząc samochód należy pamiętać, aby swym postępowaniem nie stwarzać warunków poprawiających wentylację.

Zapalenie tapicerki od papierosa nie jest takie łatwe jakby się wydawało. Pożar w szczelnej kabine jest silnie tłumiony brakiem dopływu powietrza. Przejście do fazy w pełni rozwiniętego pożaru może nastąpić nawet dopiero po kilkudziesięciu minutach. Jest to czas, w którym potencjalny podpalacz może spokojnie oddalić się z miejsca przestępstwa.

W badaniach pożaru samochodu pomocna jest kamera termowizyjna. Można jej używać do obserwacji przebiegu pożaru i orientacyjnej oceny rozkładu temperatury na powierzchni obiektu. Dokładny pomiar temperatury jest bardzo utrudniony ze względu na nieznajomość emisyjności powierzchni obiektu oraz niestabilne pojawianie się dymu i płomieni w czasie pożaru.

6. Literatura

- [1] Rybiński J., Szajewska A., Jakubowski I.: Fires of Passenger Cars in Poland. Zeszyty Naukowe SGSP nr. 43/2012, s. 37-47.
- [2] Starzyński E.: Przyczyny pożarów w pojazdach silnikowych na paliwo ciekłe i gazowe. Zbiór referatów z III Międzynarodowej Konferencji: Badanie przyczyn powstania pożarów, pod redakcją Piotra Guzewskiego, s. 245-257, Poznań 2007.
- [3] Slimonowa M., Polednak P.: Findigs from experimental verification of passenger motor car fires in closed space. Pozarni ochrana VSB – TU, Ostrava, 2010, s. 324-326.
- [4] Rybiński J., Skalny M., Szajewska A., Test fire of a passenger car, Technika Transportu Szybnego TTS nr. 9/2012, s. 1453-1459.
- [5] Więcek B., De Mey G.: Termowizja w podczerwieni podstawy. Wydawnictwo PAK, Warszawa 2011.
- [6] Minkina W., Praca zbiorowa: Pomiary Termowizyjne w praktyce. Agencja Wydawnicza PAKu, Warszawa 2004.

otrzymano / received: 19.06.2013

przyjęto do druku / accepted: 01.08.2013

artykuł recenzowany / revised paper