

mł. kpt. mgr inż. **Arkadiusz OMAZDA**¹
Centralna Szkoła Państwowej Straży Pożarnej w Częstochowie
bryg. prof. dr hab. **Janusz RYBIŃSKI**
dr inż. **Anna SZAJEWSKA**
Szkoła Główna Służby Pożarniczej w Warszawie

BADANIE ROZWOJU POŻARU SAMOCHODU OSOBOWEGO W POMIESZCZENIU

The research of the development of a passenger car fire in a closed space

Streszczenie

Przedstawiono częstość występowania i przyczyny pożarów samochodów osobowych w dekadzie 2001-2010. Obserwuje się powolny, ale systematyczny spadek liczby pożarów w odniesieniu do liczby zarejestrowanych aut. Przedstawiono wyniki testu, w którym badano rozwój pożaru samochodu osobowego w pomieszczeniu (tunelu). W eksperymencie wykorzystano przyrządy pirometryczne do pomiaru temperatury powierzchni karoserii i wskazania ich porównano ze wskazaniami mierników termoelektrycznych. Wyniki eksperymentu porównano z wynikami wcześniej przeprowadzonych testów, w których badano rozwój pożaru samochodów osobowych na otwartym parkingu.

Summary

The frequency of occurrence as well as the reasons of passenger cars fires from 2001 to 2010 were presented in the research. Both very slow and systematic decrease of the number of fires is observed in respect of the number of registered cars. The research shows the results of the test, in which the development of a passenger car fire in a closed space was studied. In this experiment pyrometric devices were used to temperature measurement of the body surface. Then their indications were compared with the thermoelectric measurer indications. The result of the experiment was compared with the results of some tests carried earlier, in which the development of a passenger car fire in the open space was studied.

Słowa kluczowe: pożar samochodu, przyczyny pożaru, kamera termalna, pirometr podczerwieni;

Keywords: car fire, causes of fires, thermal camera, infrared pyrometer;

Wstęp

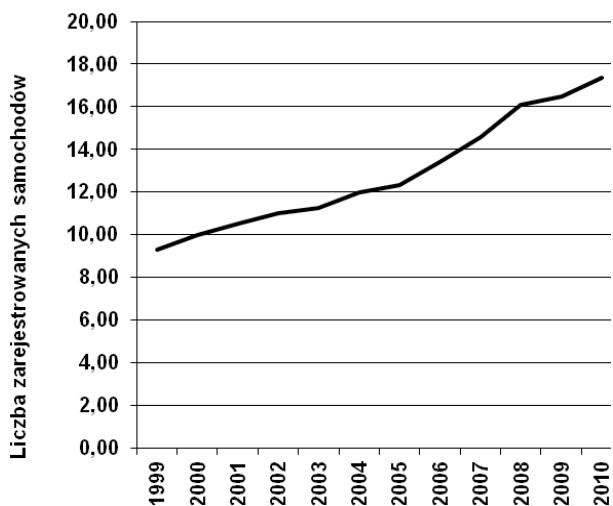
Pożary samochodów osobowych należą do niekorzystnych zjawisk obniżających poziom bezpieczeństwa obywateli. Przynoszą również straty ekonomiczne. Częstość występowania pożarów samochodów związana jest z poziomem kultury technicznej użytkowników, pracowników serwisu i producentów. Gdy już wydarzy się pożar, to uniknięcie jego tragicznych następstw oraz ograniczenie strat zależy od poziomu wiedzy i umiejętności kierowcy i pasażerów. Kierowca i pasażerowie powinni potrafić wyzwolić się z zaklinowanych pasów bezpieczeństwa, umieć opuścić samochód przy zablokowanych zamkach, wiedzieć jak należy gasić silnik i wnętrza samochodu. Na pomoc straży pożarnej można liczyć tylko w ograniczonym zakresie. Zwykle nie jest możliwe przybycie straży pożarnej na miejsce zdarzenia zanim pożar przejdzie do fazy rozwiniętego pożaru. Zatem edukacja

i kultura techniczna to klucze do obniżenia liczby pożarów samochodów osobowych i ograniczenia ich negatywnych skutków.

Statystyka i przyczyny pożarów samochodów osobowych w dekadzie 2001-2010

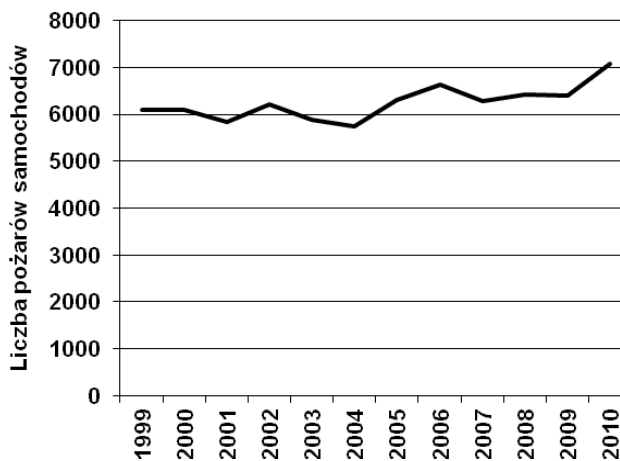
Pożary samochodów stanowią około 5% ogólnej ilości wszystkich pożarów. W końcu minionej dekady liczb ich przekroczyła 7 tysięcy rocznie. Jest to dużo, ale widok palącego się samochodu należy do rzadkości, podczas gdy z kolizjami spotykamy się na co dzień. W minionej dekadzie liczba pożarów samochodów osobowych wzrosła o około 21 % (ryc. 1). Wzrosła również (o około 65 %) liczba zarejestrowanych samochodów osobowych (ryc. 2). W efekcie liczba pożarów przypadających na milion zarejestrowanych samochodów osobowych spadła o około 27 %, od 551 w roku 2001 do 408 w roku 2010 (ryc. 3).

¹ Udział każdego współautora 33,33 %.



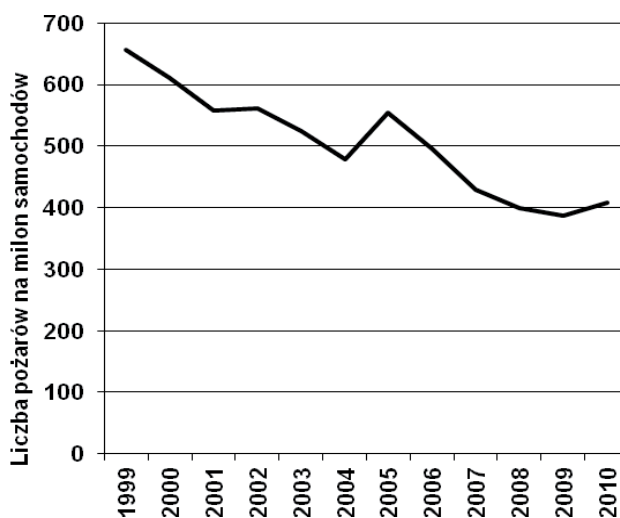
Ryc. 1. Liczba zarejestrowanych samochodów osobowych (w milionach) w latach 2001-2010.

Fig. 1. The number of registered passenger cars (in million) from 1999 to 2010.



Ryc. 2. Liczba pożarów samochodów osobowych w latach 2001-2010.

Fig. 3. The number of passenger car fires.



Ryc. 3. Liczba pożarów na milion zarejestrowanych samochodów osobowych w latach 2001-2010.

Fig. 3. The number of fires per 1 million registered passenger cars from 1999 to 2010.

Pożar samochodu osobowego jest groźnym zjawiskiem dla kierowcy i pasażerów. Szczególnie, gdy wystąpi w niekorzystnych okolicznościach, podczas kolizji, w czasie jazdy, w tunelu. Zapalają się zarówno auta stare, szczególnie przerabiane lub niewłaściwie serwisowane jak i nowe, posiadające wady fabryczne. Najczęstszymi przyczynami pożarów samochodów osobowych są: wycieki płynów łatwopalnych, nieszczelności w przewodzie gazu (w samochodach zasilanych LPG), defekty instalacji elektrycznej, defekty silnika i osprzętu a ponadto umyślne podpalenia, defekty układowego wydechowego, zapalenie materiałów wygłuszających, zaproszenie ognia przez nieuwagę. Wymienione przyczyny są konsekwencją wszelkiego rodzaju przeróbek w układzie paliwowym, w układzie elektrycznym, montowania dodatkowych urządzeń elektrycznych i elektronicznych przeciążających fabryczną instalację. Wynikają również z wad fabrycznych, ze stosowania niewłaściwych materiałów [6].

Do powstawania większości pożarów samochodów przyczyniają się ich użytkownicy, którzy wykonują przeróbki poza profesjonalnym serwisem naprawy. Względne zmniejszanie się liczby pożarów samochodów osobowych wynika prawdopodobnie ze zmniejszenia się liczby majsterkowiczów, gdyż na drogach jeździ coraz więcej nowoczesnych samochodów, których nie da się naprawiać poza profesjonalnym warsztatem. Również fabryki samochodów prowadzą szeroko zakrojone badania nad wyeliminowaniem czynników sprzyjającym powstaniu pożaru. Dotyczą one zachowanie się materiałów, mechanizmów i elementów wyposażenia samochodów. Tego rodzaju badania prowadzone są na Uniwersytecie Technicznym w Żylinie na Słowacji [2, 5]. Sąsiadująca z Uniwersytetem fabryka samochodów KIA dostarczyła nowe samochody do testów pożarowych. Udało się dzięki temu wykryć i wyeliminować wady technologiczne stwarzające zagrożenie pożarowe.

Cel badań

Badania rozwoju pożaru samochodu osobowego prowadzone są w Szkole Głównej Służby Pożarniczej w Warszawie. Oprócz celu dydaktycznego mają one przyczynić się do poznania wszystkich aspektów pożaru samochodu, aby wyeliminować przyczyny pożarów i zoptymalizować sposoby prowadzenia akcji gaśniczej. Równoległym celem jest określenie warunków, które muszą być spełnione, aby w testach pożarowych można było mierzyć temperaturę metodami pirometrycznymi (za pomocą pirometru podczerwieni i kamery termalnej). Prezentowana praca jest prowadzona w ramach szerszego tematu pt.: „Zastosowania techniki podczerwieni w inżynierii bezpieczeństwa”. W realizacji tego tematu uczestniczą studenci wykonujący prace dyplomowe w SGSP. W ramach tematu wykonano kilkanaście testów pożarowych.

Dotychczasowe wyniki eksperymentów podważają sensowność stosowania pirometrów podczerwieni i w pewnej mierze kamer termalnych do pomiaru tempe-

ratury karoserii samochodu [3, 4]. Główne przyczyny błędów pomiaru temperatury to:

- nieznaną wartość współczynnika emisyjności powierzchni karoserii (zmieniającego wraz się ze wzrostem temperatury i zmianami powierzchni blachy spowodowanymi pożarem,
- trudności z określeniem pola pomiarowego na powierzchni karoserii i jego zmian spowodowanych różnymi czynnikami związanymi z rozwojem pożaru (wystąpieniem opony, wypadnięciem szyby),
- niestabilność zadymienia.

Jako wiarygodne można przyjąć wyniki pomiarów temperatury wewnątrz pojazdu, otrzymane za pomocą termopar. Panują tam warunki, w których termopary znajdują się w równowadze termodynamicznej z lokalnym otoczeniem. W literaturze brak jest dokładnych danych na temat wartości współczynnika emisyjności powierzchni polakierowanej blachy samochodowej znajdującej się w wysokiej temperaturze, o wartości kilkuset stopni Celsjusza. W tej sytuacji przyjęto dla współczynnika emisyjności powierzchni polakierowanej blachy karoserii wartość 0,95, opierając się na doświadczeniach wielu badaczy [1, 7].

Podczas pożaru wydzielala się duża ilość dymu. Dym pochłania i rozprasza promieniowanie podczerwone. Jego obecność powoduje zaniżanie wskazań pirometru. To samo odnosi się do kamery termalnej, ale w przypadku kamery znane jest miejsce pomiaru. Zmienne warunki pogodowe w testach prowadzonych na parkingu powodowały dużą niestabilność zadymienia. Postanowiono przeprowadzić testy w pomieszczeniu, gdzie fluktuacje gęstości zadymienia powinny być mniejsze.

Test pożarowy

Test przeprowadzono w Centralnej Szkole Państwowej Straży Pożarnej w Częstochowie. Badania przeprowadzono w otwartym tunelu o wymiarach: 5,5 m x 20,0 m x 4,25 m, wymurowanym z cegły, o stopnie łukowym samonośnym. Temperaturę mierzono termoparami typu K, pirometrem podczerwieni firmy Raytek typu Fluke 572 i kamerą termowizyjną typu K1000 Elite o rozdzielczości 320x240 pikseli.

Podczas eksperymentu panowała ładna, prawie bezwietrzna ustabilizowana pogoda z prądami wznoszącymi. Niebo lekko zachmurzone, temperatura powietrza od 23 °C do 25 °C. W tunelu był łagodny ciąg powietrza w kierunku obserwacji. Dzięki temu dym nie zasłaniał samochodu.

Do testu wybrano samochód osobowy Daewoo Lanos. Samochód posiadał pełne wyposażenie wnętrza i wszystkie szyby. Z samochodu zdemontowano instalację autogaz, a w miejsce zbiornika włożono koło zapasowe. Pożar zainicjowano w schowku deski rozdzielczej, przy użyciu 20 ml nafty świetlnej (ryc. 4).



Ryc. 4. Miejsce zainicjowania pożaru.
Fig.4. The place of the fire initiating.

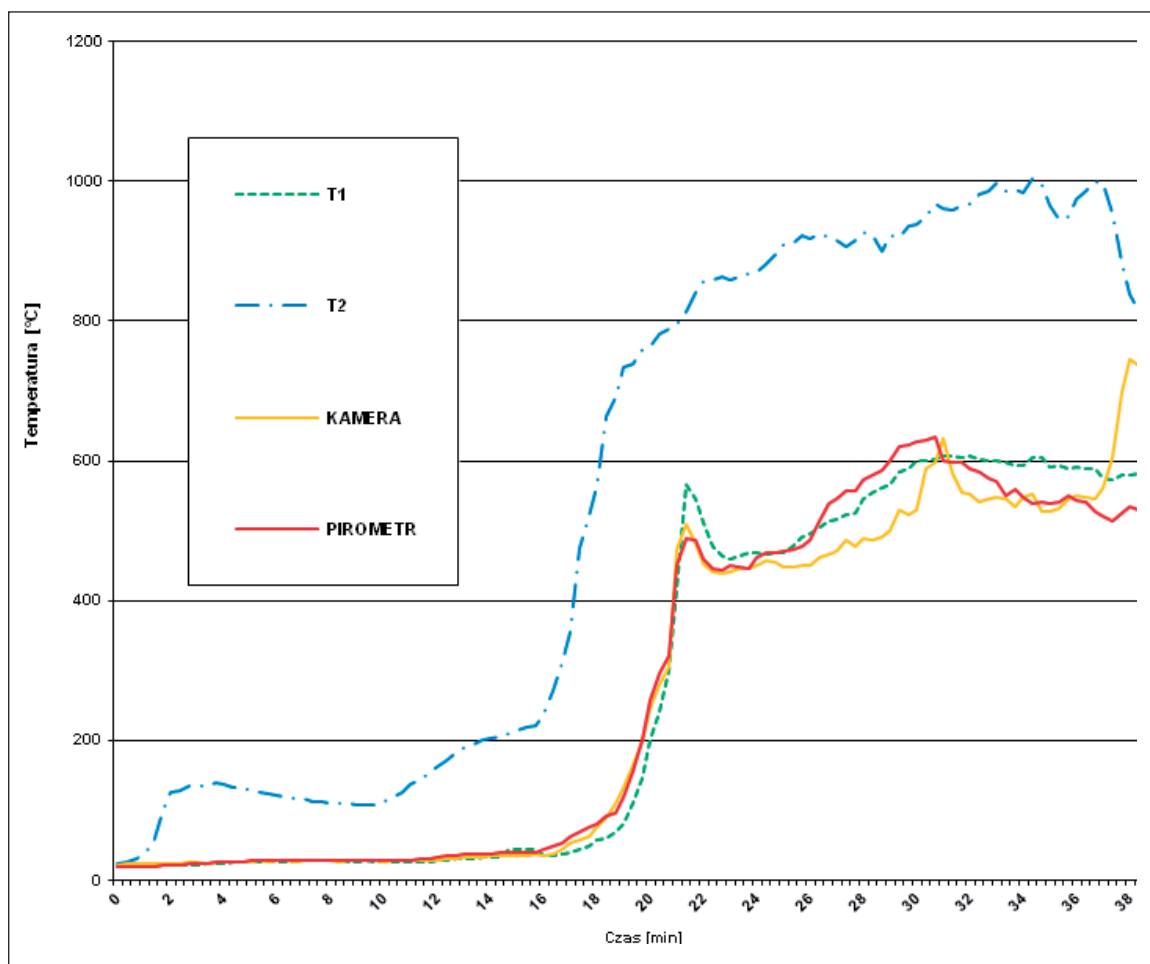


Rys. 5. Termogramu i fotografia samochodu w 27. minucie eksperymentu. Na termogramie krzyżem zaznaczone jest miejsce pomiaru temperatury.

Fig. 5. Thermogram and the photo of a car in 27th minute of exsperiment. The cross marks the place of temperature on thermogram.

Dokonano wyboru specjalnego obszaru pomiarowego na zewnętrznej powierzchni przednich drzwi od strony kierowcy, pod szybą, w którym temperaturę mierzono równocześnie pirometrem podczerwieni, kamerą termowizyjną i termoparą T1 (ryc.5). Termoparę T1 wprowadzono do środka drzwi bocznych i umieszczono ją w wykonanym wcześniej nacięciu. Termoelement przylegał do poszycia blaszanego od strony zewnętrznej. Przebiegi temperatury przedstawiono na ryc. 6.

Pozostałe termopary rozmieszczono w różnych miejscach samochodu i tunelu. Termoparę T2 umieszczono w części podsufitowej samochodu. Termoelement przylegał do welurowego wykończenia sufitu samochodu. Termoparę T3 wprowadzono do środka drzwi bocznych i umieszczono ją w ich dolnej części, w wykonanym wcześniej nacięciu. Termoelement przylegał do poszycia blaszanego od strony zewnętrznej. Termoparę T4 umieszczono na podłodze samochodu. Termoelement spoczywał na tunelu skrzyni biegów między fotelami przednimi a kanapą tylnią. Termoparę T5 umieszczono w komorze bagażnika samochodu bezpośrednio nad kołem zapasowym samochodu. Termoparę T6 umieszczono w komorze silnika samochodu, nad silnikiem. Termoparę T7 umieszczono w górnej części tunelu bezpośrednio nad dachem samochodu. Odległość termopary od dachu samochodu około 2,20 m.



Ryc. 6. Zależność temperatury od czasu spalania, mierzonej kamerą termalną, pirometrem podczerwieni, termoparą T1 (w wybranym polu pomiarowym) i termoparą T2 (wewnątrz samochodu, przy suficie kabiny).

Fig. 6. The temperature dependence on the fire duration, measured by thermal camera, infrared pyrometer, thermocouple T1 (in selected measurement area) and by thermocouple T2 (inside the car, at its ceiling bottom).

W 12. minucie szyba przednich drzwi od strony kierowcy rozszczelniła się i wpadła do wnętrza samochodu. Swobodny dopływ powietrza spowodował rozgorzenie.

W 27. minucie eksperymentu pożarem objęty został cały samochód a tunel w całej swojej objętości był wypełniony dymem. Temperatura wewnątrz samochodu wynosiła około 920 °C (ryc. 6).

W 33. minucie nastąpiło rozszczelnienie koła zapasowego w bagażniku samochodu oraz niewielkie przesunięcie pola pomiarowego pirometru kamery. W 39. minucie nastąpiło gwałtowne rozerwanie opony tylnej. Towarzyszyła temu kula ognia o promieniu około 0.5 m. od samochodu. Karoseria samochodu obniżyła się i nastąpiło znaczne przesunięcie pola pomiarowego pirometru i kamery. W 42. minucie trwania eksperymentu rozpoczęto gaszenie samochodu.

Podsumowanie i wnioski

Z analizy wykresów temperatury mierzonej w tym samym miejscu różnymi przyrządami wynika, że wskazania ich są zbliżone. Świadczy to, że przy zachowaniu stabilnych warunków eksperymentu, co miało miejsce w po-

mieszczeniu, pomiary pirometryczne temperatury pożaru mogą być wiarygodne. Ale jest wiele problemów, które są do rozwiązania. Zasygnalizowano je w pracy.

Pożar samochodu osobowego uwarunkowany jest wentylacją. W zamkniętym samochodzie rozwija się powoli. Dopiero po rozszczelnieniu szyb lub otwarciu drzwi nabiera gwałtowności. Długi czas powolnego rozwijania się pożaru daje ewentualnemu podpalaczowi możliwość oddalenia się z miejsca przestępstwa. Ten fakt powinien być uwzględniany w ekspertyzach sporządzanych dla organów dochodzeniowych.

W przeprowadzonym teście temperatura wewnątrz auta, pod sufitem, osiągnęła maksymalną około 1000 °C. W testowych pożarach samochodów osobowych na parkingach maksymalna temperatura w kabinie wynosiła również około 1000 °C. Temperatura przy podłodze była wyraźnie niższa. Dopiero pod koniec fazy rozwiniętego pożaru osiągnęła wartość około 900 °C.

Powietrze nad samochodem, przy suficie tunelu, osiągnęło temperaturę 650 °C. W końcowej fazie pożar przeniósł się pod maskę silnika osiągając temperaturę 700 °C i do komory bagażnika, w której temperatura osiągnęła wartość 650 °C.

Literatura

1. Minkina W., Praca zbiorowa *Pomiary Termowizyjne w praktyce*, Agencja Wydawnicza PAKu, Warszawa 2004;
2. Polednak P., *Experimentalne overenie poziarov osobnych motorowych vozidiel*, 4. medzinarodna vedecka konferencija *Ochrana pred poziarmi zachlanne služby*, 2-3.06.2010, Žylina;
3. Rybiński J., Jakubowski I., Szajewska A., *Fires of passenger cars in Poland*, Zeszyty Naukowe SGSP, nr 43, w druku, Warszawa 2012;
4. Rybiński J., Szajewska A., *Wykorzystanie termowizji w Państwowej Straży Pożarnej*, Pomiary Automatyka Kontrola, vol.57, nr 10/2011, str.1260-1263;
5. Slimonowa M., Polednak P., *Findigs from experimental verification of passanger motor car fires in closed space*, Int. Conf. Pożarni ochrana 2010, Ostrava 8-9. zari 2010;
6. 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;
7. Więcek B., De Mey G.: *Termowizja w podczzerwieni podstawy*, Wydawnictwo PAK, Warszawa 2011.

ml. kpt. mgr inż. Arkadiusz Omazda

starszy specjalista w Centralnej Szkole PSP w Częstochowie, wykładowca przedmiotu „Wyposażenie Techniczne”.
e-mail: omazdaa@cspsp.pl

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.

Recenzenci

dr inż. **Norbert Tuśnio**
ing. **Jozef Světlik, PhD**