

dr inż. Anna Szajewska

dr inż. Waldemar Jaskółowski

Wydział Inżynierii Bezpieczeństwa Pożarowego

Szkoła Główna Służby Pożarniczej

Rozwój pożaru samochodu osobowego podpalonego „koktajlem Mołotowa”

Abstrakt

W artykule przedstawiono zagrożenia, jakie dla pasażerów samochodu osobowego wynikają z ataku „koktajlem Mołotowa”. Przeprowadzono test pożarowy, w którym pożar zainicjowano, oblewając karoserię mieszaniną palną i podpalając pochodnią. Przedstawiono przebieg temperatury w kabinie osobowej podczas testowego pożaru. Określono czas, po którym strefa spalania przechodzi do kabiny osobowej, oraz po którym następują wycieki i zapalenie benzyny oraz gazu LPG.

Słowa kluczowe: pożar samochodu, inicjacja pożaru, mieszanina palna, umyślne podpalenia, pożar LPG

The Development of Passenger Car Fire Initiated by the ‘Molotov cocktail’

Abstract

The paper presents the hazard level for the travelers going by the car attacked by the ‘Molotov cocktail’. The results of experimental research on the development of a passenger car fire at full scale are presented. The fire test was conducted where the fire was initiated by pouring the combustible mixture on the car and setting the fire using a torch. It was presented the course of the temperature in the passenger cabin during the test fire. The time after which the combustion zone passes into the passenger cabin and the time after which the leakage and ignition of gasoline and LPG occur have been determined.

Keywords: car fire, fire initiation, combustible mixture, deliberate arson, LPG fire

1. Wstęp

Jadąc samochodem przez miasto, możemy przypadkowo znaleźć się w strefie rozruchów ulicznych. Nasz samochód może zostać oblatany palną cieczą i podpalony. Czy w takim przypadku powinniśmy natychmiast opuścić samochód, narażając się na atak demonstrantów? Czy może uciekać płonącym samochodem poza strefę rozruchów? Aby odpowiedzieć na te pytania, przeprowadzono próby pożarowe w pełnej skali, w których badano rozwój pożaru samochodu podpalonego „koktajlem Mołotowa”.

2. Legenda „koktajlu Mołotowa”

Według legendy nazwa „koktajl Mołotowa” powstała podczas drugiej wojny światowej. Po ataku ZSRR na Finlandię Minister Spraw Zagranicznych Mołotow oświadczył, że dla uczczenia urodzin Stalina, które niebawem wypadały, wypiją koktajl w zdobytych Helsinkach. Ośmieszył się tym stwierdzeniem, bo Finowie dzielnie bronili się przed najazdem Armii Czerwonej, stosując proste środki obrony, w tym butelki napełnione benzyną lub alkoholem. Niewielka armia fińska, doskonale przygotowana do obrony i doskonale dowodzona, zadała szereg dotkliwych klęsk potężnej Armii Czerwonej. W rezultacie koktajl musiano wypić na Kremlu.

„Koktajli Mołotowa” używali żołnierze Armii Krajowej w Powstaniu Warszawskim, ale również Ukraińcy na Majdanie w Kijowie, w 2014 r. Są one powszechnie stosowane w walkach partyzanckich i demonstracjach ulicznych. Butelki łatwo rozbijają się przy uderzeniu o mur, stalowe poszycie pojazdu opancerzonego czy sztywną karoserię pojazdu ciężarowego. Używa się ich dlatego, że można je łatwo wytworzyć z tego, co jest „pod ręką”. Zwykle stosuje się mieszaninę benzyny z dowolnym olejem w stosunku około 2:3. Ale może to być inny płyn łatwopalny. Butelkę napełnia się w $\frac{3}{4}$ objętości i zaopatruje w szmatę nasączoną palną mieszaniną, która stanowi lont zapalający. Zapala się go przed rzutem w cel.

3. Pożary samochodów w Polsce

Pożary samochodów przynoszą wymierne straty materialne. Stanowią zagrożenie dla życia i zdrowia użytkowników, ratowników i osób postronnych.

Aby zminimalizować straty, należy posiadać dużą wiedzę w zakresie dynamiki pożaru. Strażacy nie tylko gaszą pożary. Przygotowują również ekspertyzy dla organów dochodzeniowych. Aby wskazać sprawcę przestępstwa, organy ścigania muszą posiadać szeroką wiedzę o wszystkich najdrobniejszych aspektach rozwoju pożaru, wykraczającą ponad wiedzę, która wystarcza strażakom do prowadzenia akcji gaśniczej. Dlatego w Szkole Głównej Służby Pożarniczej podjęto badania rozwoju pożaru samochodu w pełnej skali.

W Polsce odnotowuje się około 7000 pożarów samochodów osobowych rocznie [5]. Liczba ta utrzymuje się w przybliżeniu na stałym poziomie od kilkunastu lat. Ponieważ liczba zarejestrowanych samochodów systematycznie rośnie, to spada liczba pożarów przypadająca na jeden milion samochodów. W większości przypadków pożary wynikają z niewłaściwej eksploatacji oraz niefachowych napraw i przeróbek. Spadek liczby pożarów w odniesieniu do liczby zarejestrowanych samochodów osobowych świadczy o podnoszeniu się kultury technicznej użytkowników samochodów i personelu warsztatów naprawczych. Wynika również stąd, że samochody nowej generacji wyposażone są w złożone układy elektroniczne. Trudno je naprawić poza specjalizowanymi warsztatami, co zniechęca majsterkowiczów do samodzielnych napraw i przeróbek.

Znaczna liczba pożarów samochodów powstaje w wyniku umyślnego podpalenia [1, 2, 4]. W Polsce odnotowuje się około 600 umyślnych podpażeń rocznie. Podpalenia umyślne są motywowane następującymi czynnikami:

- chęcią wyłudzenia odszkodowania od towarzystw ubezpieczeniowych,
- zatarcia śladów przestępstwa,
- zemsty,
- zastraszenia współobywateli,
- rozładowania frustracji,
- działań terrorystycznych.

W Polsce nie zdarzyły się dotychczas podpalenia samochodów związane z międzynarodowym terroryzmem. Było jednak kilka nagłośnionych przez media przypadków podpażeń o podłożu chuligańskim. W ciągu jednej nocy sprawcy potrafilo spalić kilkanaście samochodów zaparkowanych na ulicach.

4. Inicjacja pożaru

Samochód łatwo jest zapalić, wrzucając do środka płonąca pochodnię lub szmatę nasączoną benzyną. Natomiast trudno zapalić auto od zewnątrz. Można

spotkać wojenne filmy propagandowe pokazujące z jaką łatwością żołnierze podpalają czołgi, obrzucając je butelkami z benzyną. Butelka z cieczą rozbija się przy uderzeniu o płytę pancerną lub o mur. Trudno jednak rozbić ją o blachę karoserii samochodu osobowego. Powodują to dwa czynniki: sprężystość blachy i wysoka wytrzymałość butelki szklanej na stłuczenie. Obecnie używa się butelek wytworzonych z nietłukących się tworzyw sztucznych lub ze szkła odpornego na stłuczenie. Trudno znaleźć łatwo tłukącą się butelkę. Stanowi to utrudnienie dla demonstrantów, szczególnie, że „koktajl Mołotowa” sporządza się doraźnie z tego, co jest łatwo dostępne.

W przeprowadzonym teście pożarowym wykonano kilka prób rozbicia butelki z benzyną o dach samochodu. Nawet przy bardzo silnych uderzeniach butelki nie tłukły się (rys. 1). Aby wyeliminować sprężystość, położono na dachu cegłę i o nią rozbijano butelkę. Wtedy nie było problemów z rozbiciem. Obrzucano również szyby samochodu. Przy uderzeniu skośnym, butelki z płynem odbijały się od szyb, nie rozbijając się.



Rys. 1. Fotografia strażaka próbującego rozbić bez powodzenia butelkę z benzyną
Źródło: opracowanie własne

5. Przebieg spalania

Przeprowadzono próbę pożarową, w której poddano spaleni samochód osobowy marki Nissan Primera z nadwoziem typu sedan. Eksperyment wykonano z dala od zabudowań. Wymagane zabezpieczenie przeciwpożarowe stanowił samochód ratowniczo-gaśniczy z obsadą. Podpalenie zainicjowano, rozbijając o dach litrową butelkę napełnioną benzyną i następnie ciecz zapalono pochodnią (rys. 2). Kabina pasażerska była szczelna. Benzyna nie miała możliwości przedostania się do wnętrza.



Rys. 2. Inicjacja spalania

Źródło: opracowanie własne

Natychmiast po zapaleniu płomienie objęły dach samochodu oraz część szyby przedniej i tylnej, po których spływała benzyna. Płomienie o wysokości kilku centymetrów utrzymywały się przez około 2 min, po czym zanikły. Szyby nie popękały ani nie stopiły się. Niewielkie ogniki pozostały w zakamarkach, w których nagromadzony był brud. Na rys. 3 przedstawiono widok samochodu objętego płomieniami po 30 s od zapalenia. Zaznaczono miejsca, w których paliła się benzyna zatrzymana w zabrudzeniach nagromadzonych przy uszczelkach w ich dolnej części. Zaznaczone ogniki były potencjalnymi źródłami rozwoju pożaru. W opisywanym przypadku szybko zgasły. Próbę ponowiono dwukrotnie z takim samym, negatywnym, wynikiem.



Rys. 3. Rozwój pożaru po 20 s od zapalenia. Zarzewia ognia zaznaczono okręgami i elipsą

Źródło: opracowanie własne

Szybkie gaśnięcie zarzewi ognia jest spowodowane właściwością procesu spalania benzyny. Faza ciekła nie spala się ani nie wybucha. Jedyne nagrzewa się od płomieni i paruje, dostarczając materiału palnego do strefy spalania. Palą się tylko pary benzyny zmieszane z powietrzem. Styk blachy karoserii z gorącą strefą jest ograniczony. Benzyna szybko spływa i ogień zanika, nie wypalając powierzchni, którą obejmował. Dlatego pożar nie rozwija się.

Efektywność inicjacji pożaru ulega poprawie, gdy zamiast czystej benzyny użyjemy mieszaniny benzyny z olejem. Olej, dzięki dużej lepkości, zwiększa przyczepność płynu do karoserii. Palna ciecz dłużej utrzymuje się na powierzchni. Po szybkim, trwającym kilka minut, wypalaniu się cieczy na dachu, zarzewia ognia pozostają w miejscach, w których nagromadziła się ciecz. Znajdują się one w sąsiedztwie uszczelek w dole części karoserii (rys. 3). Płonąca ciecz rozgrzewa uszczelki i listwy, które topią się i zapalają. W opisywanym przypadku ogień objął uszczelki tylnej lampy i przez otwór techniczny dostał się do komory bagażowej. Ogień może dostać się do wnętrza auta od strony opony. Płonące krople spływające z palących się uszczelek i listew spadają na oponę i zapalają ją. Ogień rozwija się bardzo powoli, ale w ostatecznym wyniku opona ulega spaleni. Wydziela się dużo ciepła, temperatura sięga 1000°C i ogień przedostaje się do wnętrza auta. Trwa to kilkadziesiąt minut.

6. Próby pożarowe przeprowadzone na innych samochodach

W próbach pożarowych przeprowadzonych na innych samochodach ogień również rozwijał się z trudnością, ale w końcu dochodziło do zapalenia auta. Na rys. 4 przedstawiono rozwój pożaru samochodów zapalonych „koktajlem Mołotowa”. Przebieg pożaru we wszystkich eksperymentach był podobny. Zaskakujące jest to, co dzieje się z szybami. Podczas spalania samochodu szyby pękają lub spływają, w zależności od ich rodzaju. W przeprowadzonych próbach pożarowych benzyna lub mieszanina benzyny z olejem spływały po szybach i paliły się na nich. Nie powodowało to niszczenia i wypadania szyb.



Rys. 4. Fotografie samochodów oblanych „koktajlem Mołotowa”

Źródło: opracowanie własne

Temperatura płomieni jest bardzo wysoka. Nie dotyczy to jednak temperatury warstwy cieczy. Ciepło wydzielane podczas spalania jest zużywane na odparowanie cieczy. W przypadku benzyny wartość ciepła parowania jest wysokie, zawiera się w granicach 315–350 kJ/kg, w zależności od składu [8]. W rezultacie warstwa cieczy nie nagrzewa się tak, aby uszkodzić szybę. Z zastrzeżeniem, że nie trwa to zbyt długo. Benzyna jest mieszaniną ciekłych węglowodorów o różnym składzie chemicznym. Wrze w temperaturze od 35°C do 230°C. Zgodnie z prawami fizyki, temperatura wewnątrz warstwy benzyny nie może przekraczać temperatury wrzenia. Warstwa benzyny izoluje zatem szybę od płomieni i chroni przed uszkodzeniem. Groźnie wyglądające płomienie ogarniające przednią szybę nie powodują jej zniszczenia.

7. Omówienie wyników badań

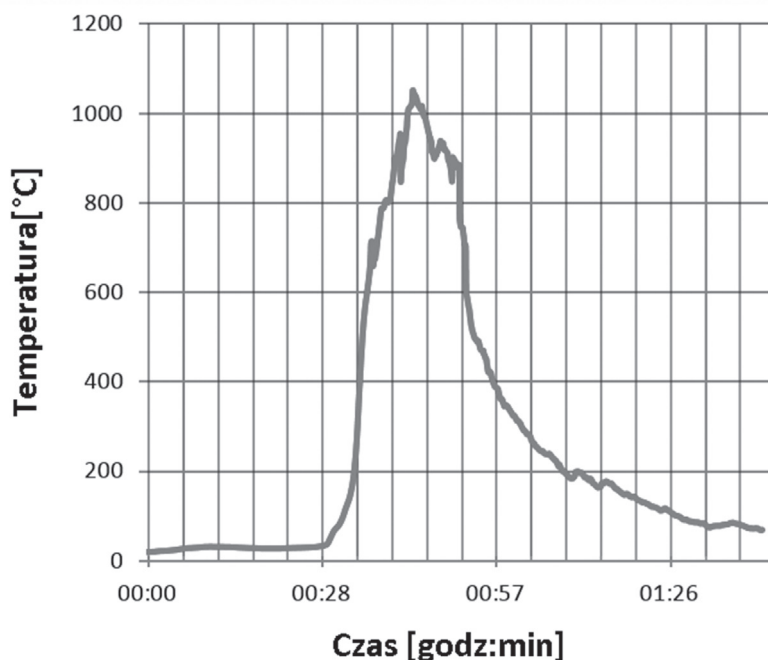
Z przeprowadzonych eksperymentów wynikają następujące wnioski:

- ciecz palna szybko spływa z dachu samochodu, utrudniając podpalenie auta,
- zdecydowanie efektywniejsza jest mieszanina zawierająca olej,
- płomienie kilkucentymetrowej wysokości obejmują dach i przednią szybę,
- płomienie nie powodują pęknięcia ani stopienia szyby,
- po czasie 2–3 min płomienie gasną,
- dłużej pali się ciecz zatrzymana w dolnych częściach uszczelki i zabrudzeniach,
- jeśli niewielkie płomyki nie zostaną zdmuchnięte, to ogień przedostaje się do wnętrza i samochód zostanie spalony.
- rozwój pożaru jest bardzo powolny, może trwać nawet ponad pół godziny.

Na rys. 5 przedstawiono wykres temperatury wewnątrz kabiny osobowej podczas spalania samochodu Nissan Primera. Wykres odzwierciedla przebieg pożaru kabiny osobowej w poszczególnych fazach pożaru. Faza wstępna trwała bardzo długo, bo aż 30 min. Ogień powoli rozwijał się na zewnątrz auta i z trudem przedostawał się do wnętrza. Faza w pełni rozwiniętego pożaru trwała około 20 min. Temperatura gazów na wysokości zagłówka kierowcy osiągnęła maksymalną wartość 1053°C. Tak wysoka temperatura powoduje zatarcie większości dowodów ewentualnego przestępstwa. Faza gaśnięcia trwała ponad godzinę. Benzyna wyciekła z baku i zapaliła się dopiero w dziesiątej minucie od rozgorzenia. Do tego czasu zdążyła spalić się

większość materiałów wyposażeniowych kabiny osobowej. Przebieg pożaru w przeprowadzonej próbie pożarowej był zbliżony do opisanych przez innych autorów [3, 6, 7].

Silnik palonego samochodu zasilany był benzyną i gazem LPG. Wielozawór zabezpieczający instalację LPG przed nadmiernym wzrostem ciśnienia otworzył się w dwunastej minucie od momentu rozgorzenia. Wypływający gaz natychmiast się zapalił.



Rys. 5. Wykres temperatury wewnątrz kabiny osobowej

Źródło: opracowanie własne

8. Wnioski

Pożar zamkniętego samochodu, który podpalono z zewnątrz – rozwija się powoli. Rozwijający się ogień w fazie wzrostu pożaru może być niezauważony. Dobrze widoczny staje się dopiero w momencie rozgorzenia, a więc po kilkudziesięciu minutach od podpalenia. W tym czasie sprawca może już przebywać w zupełnie innym miejscu.

Samochód osobowy obrzucony „koktajlem Mołotowa” niekoniecznie musi się spalić. Groźnie wyglądające płomienie na karoserii znikają po 2–3 min, nie wyrządzając szkody. Ogień znika, gdyż ciecz szybko wypala się. Pożar może rozwijać się w dolnej części karoserii. Kierowca ma kilka minut, podczas których może nie opuszczać pojazdu i bezpiecznie oddalić się z miejsca zdarzenia. Po tym czasie powinien dokonać oglądu samochodu. Może nie obawiać się zapalenia benzyny, a tym bardziej jej wybuchu. W tym czasie nie grozi powstanie pożaru strumieniowego gazu LPG. W kilkunastu próbach pożarowych, przeprowadzonych przez autorów, wyciek ze zbiornika paliwa następował dopiero po kilkunastu minutach od rozgorzenia. Gaz LPG uwalniany był w chwili, gdy wypaliła się już większość materiałów w komorze bagażowej.

Odpowiedź na pytanie postawione we wstępie jest następująca: kierowca powinien uciekać samochodem, nie zważając, że auto jest w płomieniach.

Literatura

- [1] Guzewski P., Rosak M., Wybrane zagadnienia z problematyki dochodzeń popożarowych, Wydawnictwo Centralnego Laboratorium Kryminalistycznego Policji, Warszawa 2011.
- [2] Miś W., Podpalenia jako przyczyna powstawania pożarów, [w:] P. Guzewski (red.), Badanie przyczyn powstawania pożarów, Poznań 2000, s. 155–156.
- [3] Okamoto K., Watanbe N., Hagimoto Y., Chigira T., Masano R., Miura H., Ochiai S., Satoh H., Tamura Y., Hayano K., Maeda Y., Suzuki J., Burning behavior of sedan passenger cars, *Fire Safety Journal* 2009, vol.44, s. 301–310.
- [4] Ościłowska B., Kotulek G., Baranowski D., Analiza śladów wskazujących na możliwość podpalenia pojazdu na wybranych przykładach, *Logistyka* 2014, nr 3, s. 4916–4923.
- [5] Rybiński J., Szajewska A., Jakubowski I., Fires of passengercars in Poland, *Zeszyty Naukowe SGSP* 2012 nr 43, s. 37–47.
- [6] Szajewska A., Dynamika pożaru samochodu osobowego, *Logistyka* 2014, nr 3, s. 6097–6103, CD1.
- [7] Szajewska A., Rybiński J., Próby pożarowe zbiorników instalacji LPG, *Logistyka* 2015, nr 4, s. 8366–8372.
- [8] <https://cng.auto.pl/ekologia-cng/> (dostęp: 09.04.2017).