

Sebastian STYŁA<sup>1</sup>  
Katarzyna WRÓBEL<sup>2</sup>

### **OCENA STRAT CIEPŁA KABINY PASAŻERSKIEJ PODCZAS EKSPLOATACJI SAMOCHODU OSOBOWEGO W OKRESIE ZIMOWYM**

*W artykule przeprowadzono badania samochodów osobowych, pod kontem wyznaczenia miejsc, w krótkich występują największe straty ciepła. Pojazdy te były eksploatowane przez długi okres czasu (od kilku do kilkudziesięciu lat). W celu określenia strat ciepła, wykonano badania termowizyjne poszczególnych elementów konstrukcyjnych pojazdów. Ponadto w artykule zaprezentowano procedurę postępowania podczas badań, a także sposoby interpretacji uzyskanych wyników.*

### **THE EVALUATION OF HEAT LOSSES FOR PASSENGER CABIN IN COURSE OF PASSENGER CAR OPERATION IN WINTER PERIOD**

*The purpose of the present article is to describe the research of passenger cars carried out in order to determine their areas characterized by the highest heat losses. These vehicles were operated during a long period of time (several years or even several decades). The infrared tests have been performed for individual structural elements of the vehicles to determine the heat loss. Furthermore the article contains the presentation of the procedure applied in course of the research and methods of interpretation of the obtained results.*

#### **1. WSTĘP**

W ostatnich latach zagadnienie pomiarów termowizyjnych zdobywa coraz większe grono zainteresowanych. Systemy termowizyjne wykazują szerokie zastosowanie zarówno w budownictwie, jaki i w diagnostyce przemysłowej [3], np. wykazanie strat ciepła, miejsc o podwyższonym stopniu awaryjności, itp. Od kilku lat stosuje się je także w branży motoryzacyjnej, tj. do badania pojazdów przewożących żywność (chłodni) [7] lub przy analizie rozkładu ciepła w ogumieniu i tarczach hamulcowych pojazdów [5].

Obecnie, coraz więcej wymaga się od wyposażenia samochodów, a co za tym idzie, poświęca się dużo więcej uwagi komfortowemu podróżowaniu. „Odczuwanie komfortu”

---

<sup>1</sup>Politechnika Lubelska, Wydział Elektrotechniki i Informatyki, Katedra Inżynierii Komputerowej i Elektrycznej, 20-618 Lublin, ul. Nadbystrzycka 38a; e-mail: s.styla@pollub.pl

<sup>2</sup> e-mail: k.wrobel@wis.pol.lublin.pl

przez człowieka uwarunkowane jest wpływem wielu czynników zewnętrznych (m. in. temperatury, ciśnienia), jak również wewnętrznych, tworzących mikroklimat kabiny pasażerskiej. Wśród parametrów charakteryzujących mikroklimat można wyróżnić między innymi: temperaturę powietrza wewnątrz kabiny, temperaturę elementów wyposażenia pojazdu, prędkość ruchu powietrza wewnątrz pojazdu, ilość świeżego powietrza oraz jego wilgotność [1].

Uzyskanie odpowiedniego mikroklimatu wewnątrz pojazdu, ma decydujący wpływ na właściwości psychofizyczne kierowcy oraz pasażerów [2], szczególnie w okresie zimowym. Ważne jest utrzymanie temperatury kabiny pasażerskiej na stałym poziomie, niezależnie od panujących warunków pogodowych. Układy ogrzewania współczesnych samochodów projektowane są tak, aby spełnić powyższe kryterium. Często duże zapotrzebowanie na ciepło wewnątrz pojazdu, przyczynia się do zmniejszenia temperatury silnika, co wpływa niekorzystnie na jego pracę. Podczas mrozów oraz w przypadku szczelności kabiny pasażerskiej, straty ciepła są tak duże, że temperatura silnika spada poniżej wartości optymalnej dla jego pracy. Przyczynia się to m. in. do zwiększenia zużycia paliwa. Szybkie i sprawne usunięcie uszkodzeń i szczelności powoduje zmniejszenie kosztów eksploatacyjnych samochodu.

## 2. METODYKA BADAŃ

Metoda pomiarów termowizyjnych opiera się na zasadzie wizualizacji niewidzialnego przez oko ludzkie promieniowania podczerwonego emitowanego przez ciało, jeżeli jego temperatura jest wyższa od  $-273,15^{\circ}\text{C}$  (zera absolutnego). Każdy obiekt jest źródłem promieniowania o różnej długości fali  $\lambda$ . Zdolność ta, określana jest mianem współczynnika emisyjności. Wraz ze wzrostem temperatury ciała, ilość wypromieniowanej energii rośnie. Dzięki temu możliwy jest pomiar jego temperatury, wskutek zbadania ilość wypromieniowanej energii [4].

Zdolność emisyjności ciała podczas pomiarów termowizyjnych można określić, jako dużą (dobrze mierzalna) lub małą (trudno mierzalna) w przypadku wartości współczynnika bliskiej zera. Wartość współczynnika emisyjności zależy od właściwości fizyko – chemicznych obiektu tj. jego temperatury, rodzaju materiału, rodzaju powierzchni, długość fali promieniowania  $\lambda$ , kąta obserwacji [5].

W przeprowadzonych badaniach wykorzystano kamerę termowizyjną ThermaCAM E45 firmy FLIR. Ze względu na brak dokładnych informacji, co do rodzaju materiału karoserii badanych obiektów, każdorazowo wyznaczano dla nich współczynnik emisyjności, wykorzystując w tym celu, naklejaną na badany obiekt czarną taśmę o znanej emisyjności.

Wiadome jest, że podczas eksploatacji pojazdu następuje jego stopniowe zużycie. W celu zbadania elementów konstrukcyjnych narażonych na starzenie się lub uszkodzenie mechaniczne wykonano pomiary termowizyjne. Do badań wykorzystano samochody osobowe marki: Skoda Fabia rok produkcji 2001, Nissan Primera rok produkcji 1997, Volvo 440 rok produkcji 1990, które były eksploatowane przez długi okres czasu w różnych warunkach klimatycznych.

W przypadku przeprowadzania badań na otwartych przestrzeniach dużą rolę w dokładności otrzymanych wyników ogrywiają warunki środowiskowe. Do przeprowadzenia badań, wybrano dni, w których przez 2-3 dni przed badaniem, nie zaobserwowano znacznej zmiany warunków meteorologicznych, tj. zmiany prędkości i kierunku wiatru, temperatury

powietrza, opadów, zachmurzenia. Mogłoby to znacząco wpłynąć na otrzymane wyniki. Dodatkowo, pomiary odbywały się w nocy przy pełnym zachmurzeniu nieba oraz z dala od miejsc oświetlonych. Aby ujednolicić kryteria oceny, samochody poddawane badaniom były każdorazowo odpowiednio przygotowane. Posiadały wcześniej włączone układy ogrzewania kabiny pasażerskiej oraz były wykonywane pomiary temperatury zarówno wewnątrz jak i na zewnątrz kabiny. Podczas badań różnica między powyższymi temperaturami wynosiła około 30 °C. Miało to na celu uzyskanie obiektywnych informacji na temat miejsc wystąpienia utraty ciepła w danym pojeździe.

### 3. WYNIKI BADAŃ

Jak już wspomniano wcześniej, na komfort podróżowania decydujący wpływ ma mikroklimat panujący w pojeździe. Poszycie wewnętrzne samochodu powinno nie tylko zapewniać odczucia estetyczne, ale przede wszystkim ma za zadanie izolować ciepło i różnego rodzaju hałasy. Wykorzystywane są w tym celu różnego rodzaju bitumiczne pasty gładzące, tworzywa piankowe, wójłok oraz specjalne kartony izolacyjne. Wszystko osłonięte jest elementami z tworzyw sztucznych lub drewna [6].

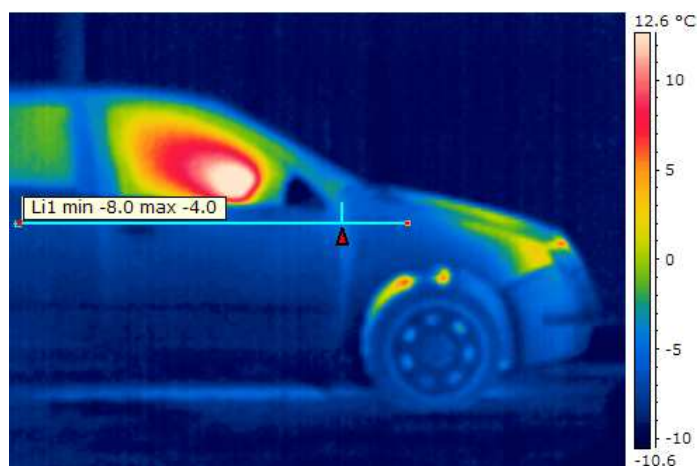
Współczesne samochody osobowe posiadają duże panoramiczne okna, które mają zapewniać kierowcy dobrą widoczność. W związku z tym, muszą zawierać duże ilości uszczelki, które stosowane są do izolacji termicznej wnętrza pojazdu (kabiny pasażerskiej). W czasie eksploatacji, elementy te ulegają procesowi starzenia lub są poddawane uszkodzeniom mechanicznym, co przyczynia się do występowania strat ciepła.

Na rysunkach 1-7 przedstawione zostały przykładowe miejsca wystąpienia uszkodzeń oraz sposoby komputerowego opracowania punktów pomiarowych na podstawie, których można określić procentowy udział strat ciepła.



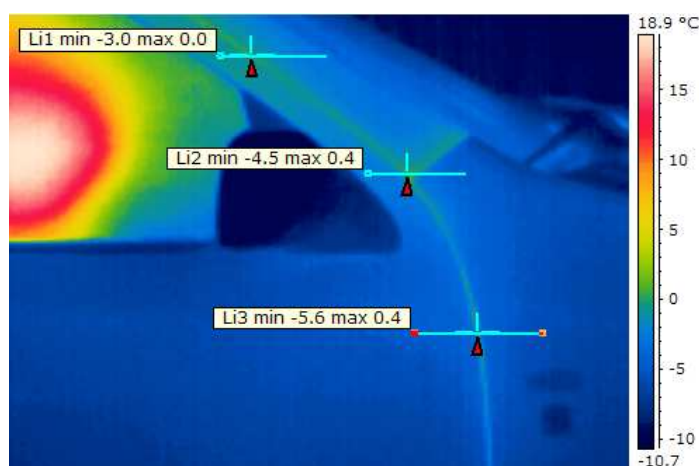
Rys.1. Zdjęcie termowizyjne samochodu (widoczne straty ciepła w miejscach łączących drzwi samochodu z nadwoziem)

Czerwoną strzałką zostały zaznaczone miejsca, o największej temperaturze w punktach pomiarowych (liniach pomiarowych). Obrazuje to fragmenty elementów izolacyjnych, przez które „ucieka” znaczna część ciepła z wnętrza pojazdu.



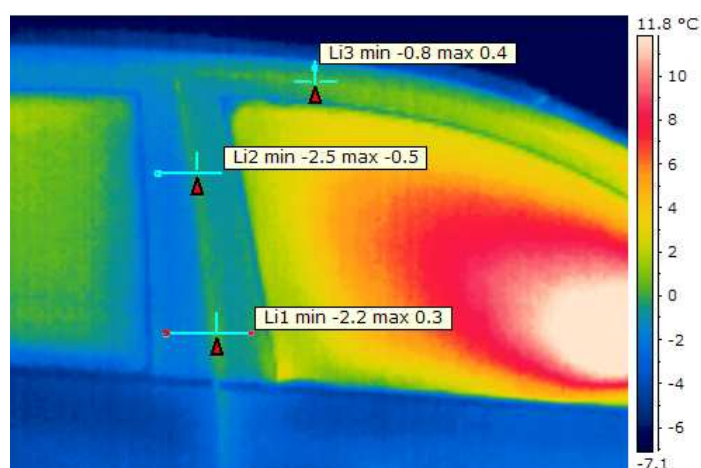
Rys.2. Linia pomiarowa z zaznaczonym punktem maksymalnej temperatury

Na podstawie powyższych rysunków wstępnie zostały zakwalifikowane do szczegółowego badania, dwa miejsca, w których występują straty ciepła. Są nimi elementy łączeniowe drzwi przednich i tylnych z nadwoziem pojazdu. Otwieranie lub zamykanie drzwi może spowodować mechaniczne uszkodzenia lub zużycie uszczelek izolujących ciepło i hałas oraz przedostawanie się deszczu do wnętrza pojazdu. Często przyczyną uszkodzeń, jest także starzenie się elementów konstrukcyjnych pojazdów.



Rys.3. Przednie drzwi samochodu (Skoda Fabia)

W celu dokładnego określenia miejsc uszkodzeń oraz procentowego oszacowania ubytku ciepła z wnętrza pojazdu, należy wykonać zdjęcia z mniejszej odległości, które będą precyzyjnie wskazywać punkty pomiarowe (rys. 3 i 4).



Rys.4. Miejsce łączenia przednich i tylnych drzwi samochodu (Skoda Fabia)

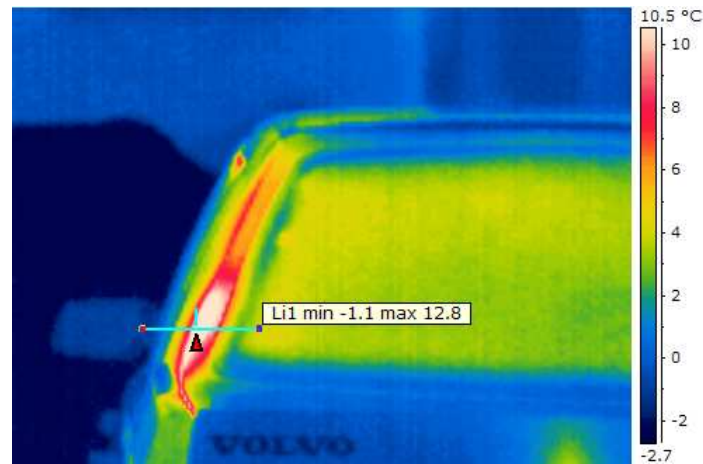
Na rysunkach 5-7 przedstawione zostały uszkodzenia mechaniczne uszczelek, które dzięki pomiarom termowizyjnym są szybko i bezbłędnie wykrywane.



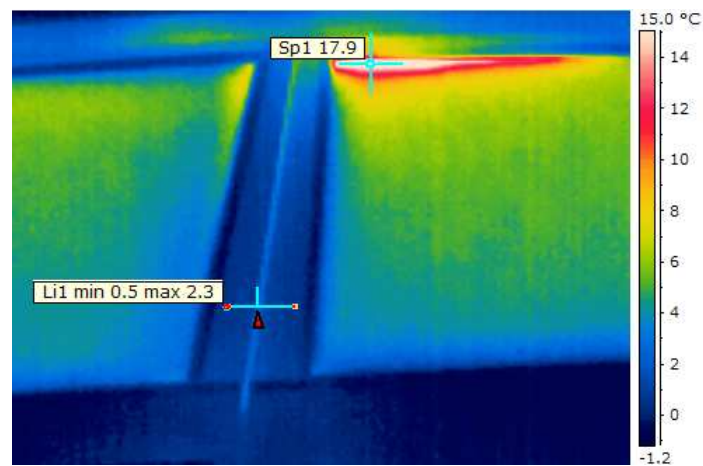
Rys.5. Tył samochodu (widoczne straty ciepła po lewej stronie kłapy bagażnika)

Przy tak rozległych uszkodzeniach, temperatura zmierzona za pomocą kamery termowizyjnej na zewnątrz jest w przybliżeniu równa temperaturze panującej wewnątrz

kabiny pasażerskiej. To sprawia, że duża część energii cieplnej „ucieka” poprzez uszkodzone elementy, zmniejszając temperaturę panującą wewnątrz pojazdu. Należy pamiętać, że podczas interpretacji wyników badań (zdjęć termowizyjnych) powinno się wyeliminować typowe elementy pojazdów, które w czasie swojej normalnej pracy emitują promieniowanie podczerwone (światła samochodu oraz rura wydechowa - rys. 5).



Rys.6. Uszkodzenie uszczelki kłapy bagażnika (Volvo 440)



Rys.7. Uszkodzenie uszczelki szyby (Volvo 440)

#### 4. WNIOSKI

Naturalnym efektem eksploatacji pojazdów samochodowych jest starzenie się oraz uszkodzenia mechanicznych elementów izolacyjnych i konstrukcyjnych pojazdu. Przyczynia się to do strat ciepła, które są odczuwalne przez kierowcę i pasażerów, szczególnie w okresie zimowym. Równocześnie, zwiększa to koszty użytkowania samochodu.

Zastosowanie kamer termowizyjnych daje obiektywny obraz stanu izolacji pojazdu. Metoda termowizyjna jest szybka i przy odpowiedniej analizie komputerowej zdjęć, możliwe jest uzyskanie wielu informacji dotyczących strat ciepła w samochodzie (np. procentowego ubytku w poszczególnych elementach konstrukcyjnych). Ponadto metoda ta ujawnia wady zarówno: eksploatacyjne, konstrukcyjne, jak i technologiczne użytkowanego pojazdu.

Przedstawione badania stanowią przykład zastosowania kamer termowizyjnych do okresowej kontroli samochodu pod kontem miejsc, w których występują straty ciepła oraz elementów izolacyjnych, które należy wymienić na nowe. Jediną wadą przedstawionej metody jest koszt kamery, sięgający kwoty kilkunastu tysięcy złotych.

#### 5. BIBLIOGRAFIA

- [1] Kwaśniewski S.: *Wymagania w zakresie mikroklimatu we wnętrzach pojazdów oraz kabin maszyn roboczych*, Wrocław, Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej 1995, s. 7-19.
- [2] Koradecka D.: *Bezpieczeństwo pracy i ergonomia*, Warszawa, Centralny Instytut Ochrony Pracy 1997.
- [3] Madura H.: *Pomiary termowizyjne w praktyce*, Warszawa, PAK 2004.
- [4] Minkina W. A., Rutkowski P., Wild W. A.: *Podstawy pomiarów termowizyjnych – część I – Istota termowizji i historia jej rozwoju*, Warszawa, PAK 1 /2000.
- [5] Minkina W.: *Pomiary termowizyjne – przyrząd i metody*, Częstochowa, Wydawnictwo Politechniki Częstochowskiej 2004.
- [6] Orzełowski S.: *Budowa podwozi i nadwozi samochodowych*, Warszawa, WSiP 2008.
- [7] Rochatka T., Bieńczyk K.: *Termowizja w identyfikacji eksploatacyjnych uszkodzeń układów termoizolacyjnych do transportu żywności*, Lublin, Motrol'2009, s. 170-175