

TERMOWIZJA W IDENTYFIKACJI EKSPLOATACYJNYCH USZKODZEŃ UKŁADÓW TERMOIZOLACYJNYCH DO TRANSPORTU ŻYWNOŚCI

Tomasz Rochatka, Krzysztof Bieńczyk

Instytut Maszyn Roboczych i Pojazdów Samochodowych, Politechnika Poznańska,
ul. Piotrowo 3, 60-965 Poznań, e-mail: tomasz.rochatka@put.poznan.pl

Streszczenie. Diagnoza termowizyjna była wykonywana równolegle z testami ATP, umożliwiła stworzenie katalogu mostków cieplnych (ponad 10000 zdjęć) powstałych podczas projektowania, wytwarzania i eksploatacji nadwozia. Katalog ten był pomocny przy tworzeniu procedur doskonalenia konstrukcji i planowania remontów.

Słowa kluczowe: lokalny współczynnik przenikania ciepła, termowizja, nadwozie izotermiczne.

WSTĘP

Jak powszechnie wiadomo wartość ogólnego (globalnego) współczynnika przenikania ciepła nadwozia chłodniczego zależy od mostków cieplnych występujących w miejscach wzmocnień, a także od szczelności połączeń ścian i zamknięcia drzwi. W przypadku małych nadwozi chłodniczych ilość miejsc w całej konstrukcji zabudowy chłodniczej jest względnie duża, stąd występują trudności w uzyskaniu wymaganej przez Umowę ATP wartości globalnego współczynnika $k \leq 0,4$ W/m²K w przypadku izolacyjności wzmocnionej oraz $k \leq 0,7$ W/m²K dla izolacji normalnej.

METODA SKRZYŃKI GRZEWOCZEJ

W pracy [1] zaprezentowana została metoda pomiaru lokalnego współczynnika przenikania ciepła. Metoda ta została opracowana na podstawie metod z normy ISO/DP8990:

- GHB (Guarded Hot Box – metoda skrzynki cieplnej z zewnętrzną przestrzenią ochronną nazywaną też osłoną adiabatyczną),
- Metody CHB (Calibrated Hot Box) – w której nie stosuje się osłony adiabatycznej lecz kalibrowaną skrzynkę cieplną tzn. skrzynkę o znanym współczynniku strat cieplnych.

Zaprezentowana w pracy [1] metoda jest syntezą wspomnianych wyżej metod tzn. zastosowano w niej kalibrowaną skrzynkę z osłoną adiabatyczną. Badania tego typu regulują również szwedzka norma SS024212, normy fińskie – NT Build 119 i DS1121 oraz norweska – NS 3161. Znajdują one głównie zastosowanie przy określaniu współczynnika k okien oraz innych przegród

budowlanych. Metoda polega na pomiarze strumienia ciepła przepływającego przez znaną powierzchnię badanej izolacji w warunkach ustalonej różnicy temperatur po obu jej stronach. Metoda przedstawiona w pracy pozwala na określenie współczynników przenikania ciepła oddzielnie dla poszczególnych elementów konstrukcyjnych nadwozia takich jak: ściany boczne, dach, podłoga, ściana czołowa oraz drzwi tylne.

Tab. 1. Wartości lokalnego współczynnika przenikania ciepła dla małego nadwozia [1]

Tab. 1. Tests results concerning the local coefficient k of small cooling body fragments [1]

No.	Element nadwozia chłodniczego	Strata ciepła %	Powierzchnia wymiary ciepła %	Współczynnik przenikania ciepła $W/(m^2K)$
1.	Lewa ściana (bez drzwi)	11	17	0,389
2.	Prawa ściana (z drzwiami)	19	17	0,660
3.	Sufit	12	22	0,299
4.	Ściana czołowa (z agregatem)	13	11	0,703
5.	Podłoga	21	22	0,518
6.	Drzwi tylne	24	11	1,220
7.	Nadwozie	100	100	0,566

Decydujący wpływ na obniżenie wartości globalnego współczynnika przenikania ciepła mają jak wynika z danych zamieszczonych w tabeli:

- tylne i boczne drzwi ($k=1,22 W/(m^2K)$) – dla drzwi tylnych,
- ściana frontowa z agregatem ($k=0,703 W/(m^2K)$),
- podłoga ($k=0,518 W/(m^2K)$).

Ściana boczna bez drzwi i sufitu posiadają parametry izolacji wzmocnionej ($0,389 W/m^2K$ i $0,299 W/m^2K$). Zastosowanie drzwi bocznych powoduje wzrost wartości współczynnika k z $0,389 W/m^2K$ do $0,660 W/m^2K$. Duże straty ciepła występują przez drzwi tylne (24% przez 11% powierzchni nadwozia). Przez podłogę przenika 21% ciepła a przez sufit o takiej samej powierzchni dwukrotnie mniej (12%).

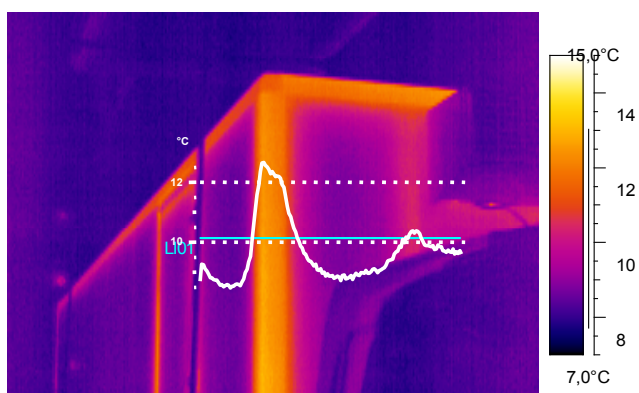
Scharakteryzowaną wyżej metodą można zatem ujawnić elementy o najgorszej izolacyjności i „ulepszyć” je pod względem konstrukcyjnym i technologicznym. Zaletą metody jest niewątpliwie jej niezbyt wysoki koszt, chociaż czas badań jest dość długi. Wadą tej metody jest jednak uśrednienie wyników pomiarów współczynnika k w skali całego elementu konstrukcyjnego.

Wady tej nie posiada stosowana w Politechnice Poznańskiej metoda termowizyjna, która bardzo dokładnie wskazuje występujące w nadwoziu mostki cieplne. Badania termowizyjne wykonywane są „przy okazji” pomiaru globalnego współczynnika k nadwozia, co daje możliwość powiązania wyników. Metoda termowizyjna jest szybka i „bezwzględna” w ujawnieniu wad konstrukcyjnych, technologicznych i eksploatacyjnych izolacji termicznych. Przykładowe wyniki badań tego rodzaju można znaleźć między innymi na rys. 1 do 8.

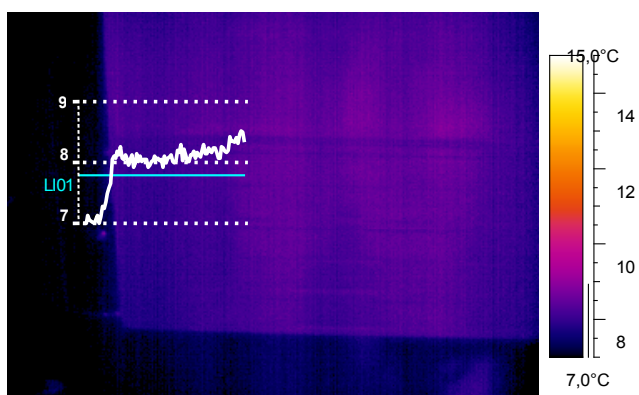
KONCEPCJA POWIĄZANIA TECHNIKI TERMOWIZYJNEJ Z POMIARAMI GLOBALNEGO WSPÓŁCZYNNIKA PRZENIKALNOŚCI CIEPLNEJ

Na rysunkach 1-8 przedstawiono wybrane przykłady wykorzystania metody termowizyjnej. Poniższe rysunki przedstawiają:

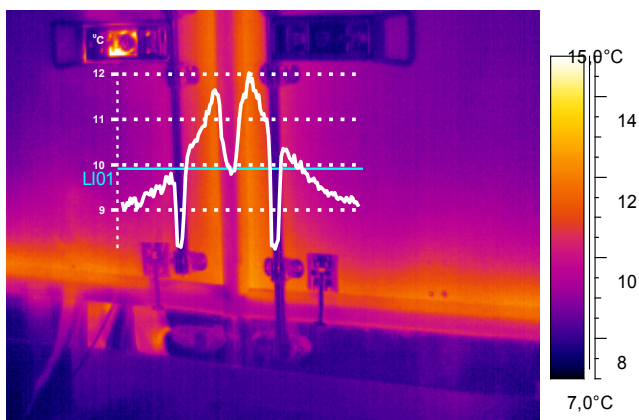
- wadliwe połączenie płyt (rys. 1 – duża ucieczka ciepła na połączeniu płyt) i poprawne połączenie płyt (rys. 2),



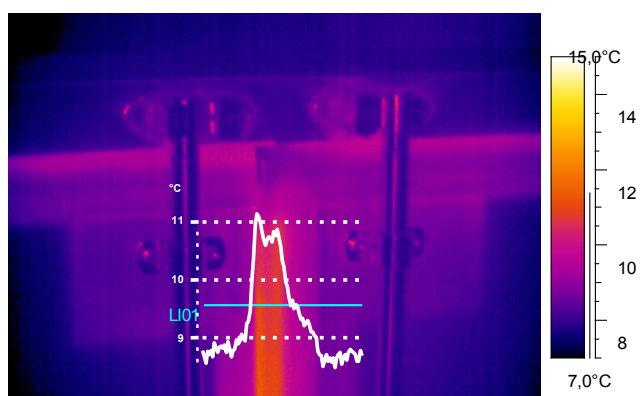
Rys. 1. Połączenie ścian (znaczne ubytki na połączeniu ścian)
Fig. 1. Plates connection (high heat loss on plates connection)



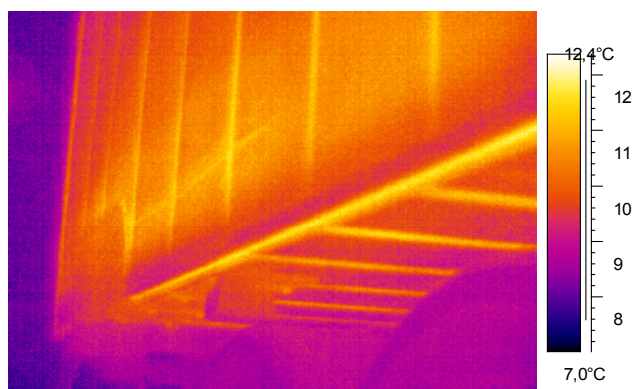
Rys. 2. Połączenie ścian (małe ubytki ciepła)
Fig. 2. Plates connection (low heat loss on plates connection)



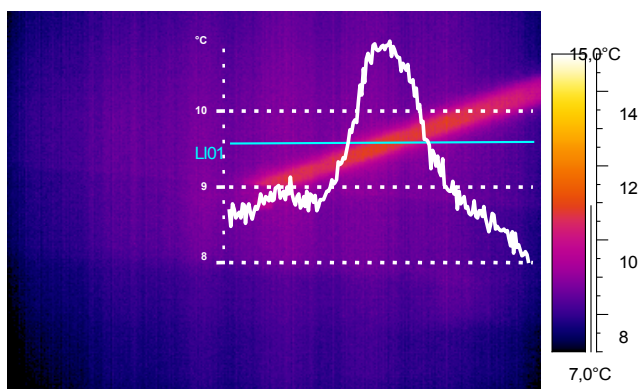
Rys. 3. Drzwi tylne (duże straty ciepła na uszczelkach)
Fig. 3. Back door (high heat loss on door edges)



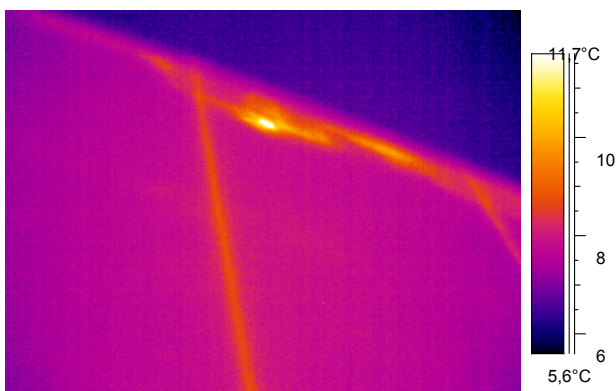
Rys. 4. Drzwi tylne (małe straty ciepła na uszczelkach)
Fig. 4. Back door (low heat loss on door edges)



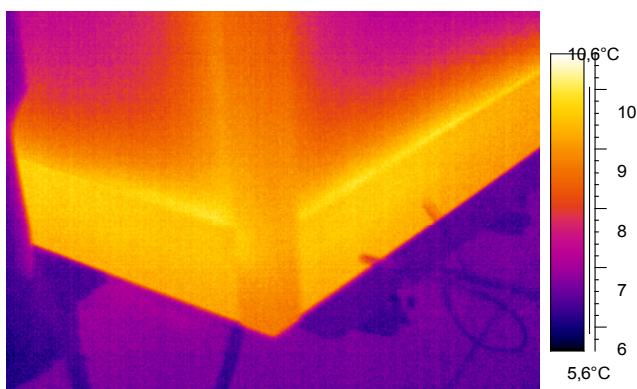
Rys. 5. Podłoga i ściana prawa (duże ubytki ciepła przez wzmocnienia)
Fig. 5. Floor board and right wall (high heat loss on reinforcements)



Rys. 6. Podłoga (małe ubytki ciepła przez podłużnice)
Fig. 6. Floor board (low heat loss on cross-bars)



Rys. 7. Ściana boczna (wyraźne uszkodzenie ostrym przedmiotem)
Fig. 7. Side wall (visible damage of upper edge)



Rys. 8. Połączenie ściany bocznej i podłogi zawilgocone – błędy eksploatacyjne
Fig. 8. Connection between left wall and floor board: floor flooded with water – wrong service

- dobre (rys. 4) i złe (rys. 3) rozwiązanie uszczelnienia drzwi tylnych,
- duże ubytki ciepła na wzmocnieniach ściany bocznej i podłogi (rys. 5) dobra izolacja podłogi (rys. 6),
- wewnętrzne uszkodzenia spowodowane eksploatacją (rys. 7 i rys. 8).

Przedstawione powyżej zdjęcia pochodzą z katalogu zdjęć termowizyjnych tworzonego przez wiele lat w Instytucie Maszyn Roboczych i Pojazdów Samochodowych Politechniki Poznańskiej podczas badań certyfikacyjnych ATP. Materiał ten jest bardzo pomocny przy tworzeniu nowych konstrukcji i remontach eksploatowanych nadwozi.

KONCEPCJA POWIĄZANIA TECHNIKI TERMOWIZYJNEJ Z POMIARAMI GLOBALNEGO WSPÓŁCZYNNIKA PRZENIKANIA CIEPŁA

Przejmowanie ciepła od ścianki przez płyn ściśliwy (powietrze) wyraża prawo Newtona:

$$q = \alpha(T_s - T_p), \quad (1)$$

gdzie: q – strumień ciepła przekazywany od powierzchni do otoczenia; T_p – temperatura powietrza; T_s – temperatura powierzchni ścianki omywanej przez powietrze, α – współczynnik przejmowania ciepła.

Temperaturę powierzchni ściany względnie rozkład temperatur na powierzchni ściany można określić przy użyciu kamery termowizyjnej.

W oparciu o termogram o znanej rozdzielczości temperatur można określić powierzchnię A_l o temperaturze T_{si} . Jeśli między T_{smin} i T_{smax} nie występuje zbyt duża różnica temperatur, to można przyjąć założenie upraszczające, iż $\alpha_{smin} = \alpha_{smax} = \alpha$.

Dla przyjętego założenia prawa Newtona dla powierzchni $A = \sum_{i=1}^n A_l$, (n – ilość wydzielonych temperatur):

$$Q = \alpha \sum_{i=1}^n A_l (T_{si} - T_p) A_l, \quad (2)$$

gdzie: Q – ilość ciepła pobieranego przez powietrze.

Przenosząc powyższe rozważania na pojazd samochodowy współczynnik k można wyznaczyć z zależności:

$$k = \frac{\sum_{l=1}^k Q_l}{(T_w - T_p) A_{sr}}, \quad (3)$$

gdzie: Q_l – ilość ciepła przenikająca przez l -tą ścianę; T_w – temperatura powietrza we wnętrzu pojazdu; A_{sr} – średnia powierzchnia nadwozia.

PODSUMOWANIE

Diagnoza termowizyjna była wykonywana równolegle z testami ATP, umożliwiła stworzenie katalogu mostków cieplnych (ponad 10000 zdjęć) powstałych podczas projektowania, wytwarzania i eksploatacji nadwozia. Katalog ten był pomocny przy tworzeniu procedur doskonalenia konstrukcji i planowania remontów.

LITERATURA

1. Bogucki W.: Metoda badania lokalnego współczynnika przenikania ciepła izolacji cieplnej chłodniczych nadwozi samochodowych [w:] Mat. IV Konf. „Transport żywności ‘98”, Poznań – Kiekrz 1998, 127-139

APPLICATION OF THERMOVISION IN THE TESTING OF INSULATED BODIES FOR FOOD TRANSPORTATION

Summary. Thermovision diagnosis carried out in parallel with ATP tests enabled to create a “catalogue” of heat bridges (numbering over 10000 photos) occurring due to construction, technology and service reasons in isothermal assemblies for food transportation. Effective procedures were also worked out for the development of new constructions as well as the planning of repairs.

Key words: Heat transfer coefficient, thermovision, insulated bodies.