

Sebastian STYŁA<sup>1</sup>

**ZASTOSOWANIE KAMERY TERMOWIZYJNEJ  
W DIANOSTYCE OBWODU OGRZEWANIA  
POJAZDÓW SAMOCHODOWYCH**

*W artykule zaprezentowano możliwości przeprowadzenia okresowych badań obwodu ogrzewania pojazdów samochodowych z wykorzystaniem kamery termowizyjnej. Dokonano oceny rozkładu ciepła w kabinie pasażerskiej, a także przedstawiono sposoby interpretacji uzyskanych wyników (zdjęć termowizyjnych), w celu zdiagnozowania różnego typu uszkodzeń (ogrzewanie przedniej i tylnej szyby, uszkodzenia krętek wentylacyjnych, kanałów dolotowych, itp.).*

**THE APPLICATION OF INFRARED CAMERA  
FOR HEATING CIRCUIT DIAGNOSTICS  
IN MOTOR VEHICLES**

*The article contains the presentation of potential execution of periodical testing for the heating circuit in motor vehicles by means of an infrared camera. The evaluation of heat distribution in the passenger cabin has been completed and the methods of interpretation of the obtained results (infrared images) have been presented in order to enable the diagnostic in case of various defects (windscreen and rear window pane heating; damages of ventilation grilles or damages of intake pipes ect.).*

**1. WSTĘP**

W ciągu ostatnich lat coraz więcej uwagi poświęca się poszukiwaniu nowych metod oraz procedur diagnostycznych, a także parametrów wiążących daną wielkość fizyczną z niesprawnością układu lub obwodu. Coraz częściej w badaniach pojazdów analizowana jest ilość ciepła przekazywana z jednego ciała do drugiego. W praktyce wykorzystuje się pomiary temperatury, na podstawie których można z dużą dokładnością określić ilość ciepła emitowaną przez dany element samochodu. Rozróżnia się trzy sposoby wymiany ciepła [3, 6], poprzez:

- przewodzenie,
- konwekcję,
- promieniowanie.

---

<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

W zależności od rodzaju wymiany pomiędzy badanymi elementami, metody pomiaru temperatury można podzielić na metody stykowe, wykorzystujące czujniki oraz metody bezkontaktowe inaczej nazywane metodami zdalnego pomiaru [7].

Kamery termowizyjne są przykładem urządzeń wykorzystujących pomiar temperatury w podczerwieni bez konieczności kontaktu z badanym elementem. Mierzona jest wypromieniowana przez ten element energia, zgodnie z prawem Stefana-Boltzmana. Urządzenia termowizyjne są najbardziej uniwersalnym przyrządem do pomiaru temperatury. Ze względu na bezkontaktowy pomiar, systemy te mają zastosowanie w różnych dziedzinach diagnostyki maszyn oraz procesów technologicznych [5, 7, 8]. W przypadku zastosowania w badaniach urządzeń, umożliwiają weryfikację poprawności ich działania i wykrycia potencjalnych miejsc awarii, na tyle wcześnie, że istnieje możliwość zakupu i wymiany niesprawnych elementów przed ich całkowitym uszkodzeniem. Kamery termowizyjne umożliwiają obserwację zmian temperatury, których ludzkie oko nie jest w stanie zauważyć.

Kamery termowizyjne dobierane są w zależności do przeznaczenia badań (rodzaju badanych obiektów), a także precyzji wykonywanych pomiarów. W zależności od producenta i rodzaju urządzenia, posiadają one różne parametry techniczne. Kamery termowizyjne można podzielić ze względu na: długość fali promieniowania (krótkofalowe SW 2-5  $\mu\text{m}$  oraz LW 8-14  $\mu\text{m}$ ), rodzaju zastosowanych detektorów (kamery z detektorami chłodzonymi i z detektorami nie chłodzonymi), precyzji pomiarów (kamery pomiarowe i obserwacyjne) [5, 6, 9]. Podstawowymi elementami składowymi kamery termowizyjnej są: detektor podczerwieni (przetwornik zamieniający promieniowanie podczerwone na inną wielkość fizyczną, tj. natężenie prądu, napięcie, rezystancję, itp.), obiektyw, układy wzmocnienia, odczytu, rejestracji i analizy sygnału z detektora oraz monitor wyświetlający uzyskane wyniki.

## **2. OBWÓD OGRZEWANIA I WENTYLACJI SAMOCHODU**

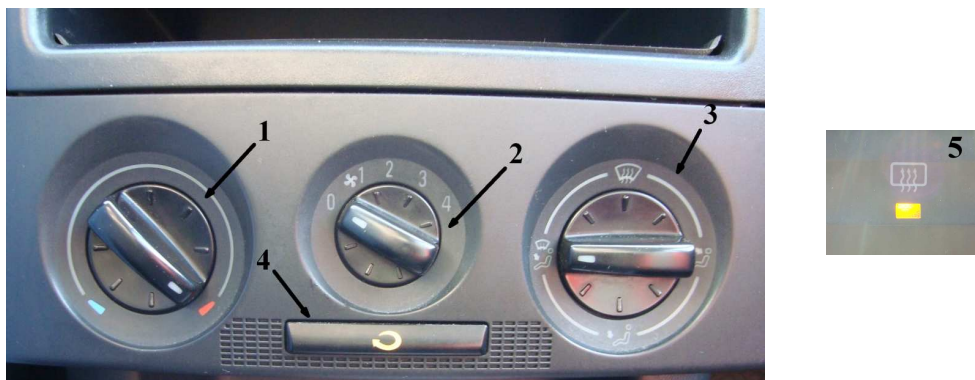
### **2.1 Komfort termiczny i mikroklimat kabiny pasażerskiej**

Mikroklimat panujący wewnątrz kabiny pasażerskiej ma decydujący wpływ na komfort podróżowania pojazdami mechanicznymi. Odpowiednia temperatura przyczynia się do zwiększenia koncentracji kierowcy oraz wygody pasażerów. Komfort termiczny wewnątrz pojazdu, szczególnie przy niesprzyjających warunkach atmosferycznych, ma decydujący wpływ na zmniejszenie zmęczenia kierowcy i pasażerów, co pośrednio przyczynia się do zwiększenia bezpieczeństwa ruchu drogowego.

Na „odczuwanie ciepła” wpływ mają następujące czynniki: temperatura, wilgotność oraz prędkość strumienia powietrza [1]. Stosowane w samochodach urządzenia ogrzewania i wentylacji kontrolują w/w parametry i ustawiają je według wymagań kierowcy. Według [1, 2] optymalna temperatura wewnątrz kabiny pasażerskiej powinna wynosić około 23 °C przy temperaturze otoczenia (zewnętrznej) 0 °C i powinna być zwiększana o 1 °C na każde – 5 °C temperatury zewnętrznej. Ma to na celu utrzymanie komfortu termicznego wewnątrz pojazdu oraz zapewnienie kompensacji strat wywołanych utratą ciepła przez szyby i nieuszczelnności nadwozia.

Dzięki zastosowaniu regulacji siły oraz ukierunkowania strumienia powietrza możliwe jest osiągnięcie równomiernej temperatury wewnątrz pojazdu. Coraz częściej spotyka się

układy dające możliwość rozwarstwienia strumienia powietrza oraz indywidualnej regulacji temperatury dla foteli kierowcy i pasażera, a nawet na siedzenia przednie i tylne. Na rysunku 1 przedstawiony został prosty układ regulacji obwodem ogrzewania i wentylacji samochodu, za pomocą którego możliwa jest regulacja siły oraz kierunku strumienia powietrza, a także ustalania temperatury wewnątrz pojazdu.



Rys.1. Przykład układu sterowania obwodem grzewczo-wentylacyjnym (Skoda Fabia):  
1-regulator temperatury, 2-regulator prędkości strumienia powietrza, 3-regulator rozdziału powietrza, 4- włącznik obiegu zamkniętego, 5-włącznik rozmrażania tylnej szyby.

Zastosowanie trybu obiegu zamkniętego (włącznik 4 na rys. 1) powoduje zamknięcie kanału doprowadzającego świeże powietrze z zewnątrz samochodu. Ma to na celu wykorzystanie powietrza krążącego wewnątrz pojazdu, w celu uzyskania wyższej temperatury (szczególnie podczas nagrzewania silnika samochodu). Zastosowanie elektrycznego ogrzewania tylnej szyby (włącznik 5 na rys.1) powoduje szybkie usunięcie rosy oraz szronu, aby kierowca uzyskał lepszą widoczność np. przy cofaniu.

## 2.2 Budowa obwodu ogrzewania samochodu

Dobierając układ ogrzewania samochodu należy przeprowadzić bilans cieplny nadwozia pojazdu uwzględniając warunki klimatyczne, w których ten pojazd będzie eksploatowany (maksymalne i minimalne temperatury). W praktyce, moc projektowanych urządzeń powinna być większa niż wynikałoby to z bilansu cieplnego [4]. Powodem tego są starty spowodowane nieuszczelniościami kabiny pasażerskiej zwiększające się podczas użytkowania pojazdu, a także czynności regulacyjne obwodu ogrzewania.

Zasada działania opiera się na wtłoczeniu ciepłego powietrza do wnętrza kabiny pasażerskiej. Polega to na wymuszeniu mechanicznym (przy wykorzystaniu dmuchawy lub wentylatora) obiegu powietrza i rozprowadzeniu go za pomocą odpowiednio ukształtowanych kanałów wentylacyjnych. Powietrze ogrzewane jest w tzw. nagrzewnicy, przez którą przepływa ciecz chłodząca silnik. Rzadziej spotykanym rozwiązaniem są urządzenia, w których jest spalane paliwo w celu uzyskania ciepła. W przypadku odpowiednio ustawionych przesłon w kanałach dolotowych możliwe jest także przewietrzenie wnętrza pojazdu świeżym, nie ogrzanym powietrzem.

Uszkodzenia obwodu grzewczo – wentylacyjnego mogą przyczynić się m. in. do ograniczenia widoczności w pojeździe albo zmniejszenia lub zwiększenia temperatury, co powoduje dyskomfort dla kierowcy i pasażerów. W skrajnym przypadku może to doprowadzić do braku możliwości dalszego podróżowania. Szybkie i sprawne zdiagnozowanie niesprawności wpływa na komfort i bezpieczeństwo kierowania pojazdem. Uszkodzenia tego typu są dość trudne do wykrycia ze względu na brak obiektywnych procedur diagnostycznych. Zastosowanie kamer termowizyjnych może być pomocne w ocenie stanu technicznego obwodu ogrzewania i wentylacji pojazdu (szczególnie przy wykrywaniu zatkanych kanałów doprowadzających powietrze, przerw w instalacji elektrycznej ogrzewania tylnej szyby czy nieszczelnościach kabiny pasażerskiej).

### 3. DIAGNOSTYKA OBWODU OGRZEWANIA

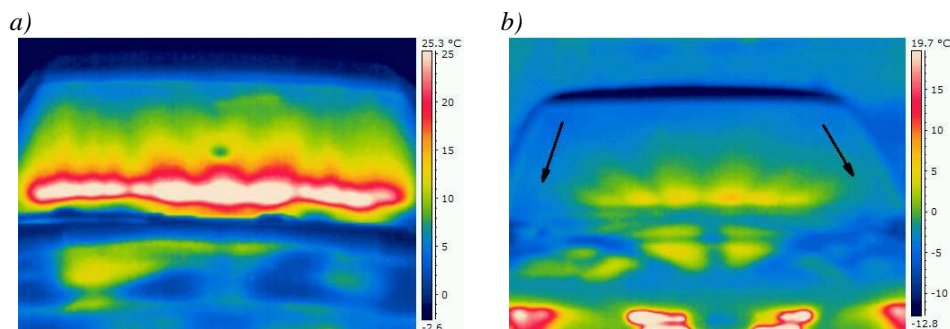
W tabeli 1 przedstawione zostały przykładowe, elektryczne uszkodzenia układu wymuszenia obiegu powietrza wewnątrz pojazdu (dmuchawy i wentylatora). Wykrycie poniższych uszkodzeń jest możliwe dzięki pomiarom prądu lub napięcia doprowadzonego do silnika napędzającego wentylator. Określenie stanu technicznego tego elementu jest możliwe także poprzez analizę pobieranej przez niego mocy.

*Tab. 1. Objawy i przyczyny elektrycznych uszkodzeń dmuchawy (wentylatora)*

Lp.	Objawy	Przyczyny
1.	Silnik i wentylator nie działają	- uszkodzony przełącznik - uszkodzony silnik - przerwa w obwodzie zasilającym obwód
2.	Silnik i wentylator obracają się za wolno	- zwarcie komutatora, - zwarcie w tworniku
3.	Wentylator pracuje wolno, a silnik normalnie	- obłuzowanie wentylatora

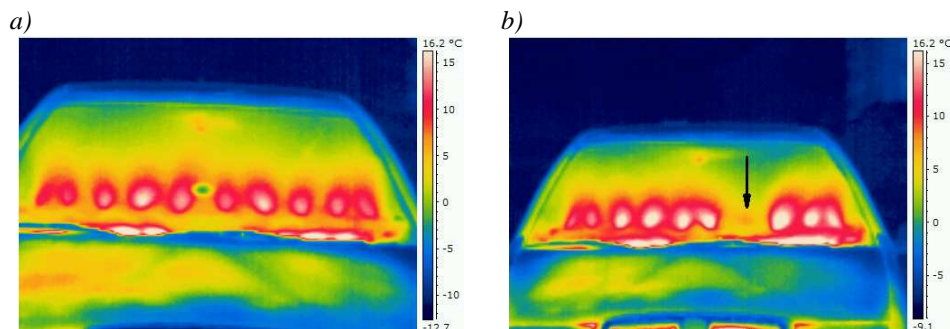
#### 3.1 Ogrzewanie przedniej szyby

Aby była możliwość kierowania pojazdem wymagana jest odpowiednia widoczność tego, co dzieje się przed pojazdem, po jego bokach oraz z tyłu. Okres zimowy zwiększa ryzyko utraty tej widoczności poprzez zamarzanie szyb. W celu wyeliminowania tego niebezpieczeństwa konstruktorzy samochodów stosują różne rozwiązania techniczne umożliwiające ogrzanie i rozmrożenie poszczególnych elementów pojazdów w celu komfortowego i bezpiecznego podróżowania. Na rysunku 2 zostały przedstawione zdjęcia termowizyjne przednich szyb dwóch samochodów. W przypadku rozwiązania przedstawionego na rysunku 2b boczne fragmenty szyby (strzałki) rozmarzają się przez dłuższy okres czasu, ze względu na umiejscowienie dysz wylotowych w środkowej części deski rozdzielczej.



Rys.2. Zdjęcie termowizyjne przedniej szyby samochodu:  
a) Volvo 440, b) Nissan Primera

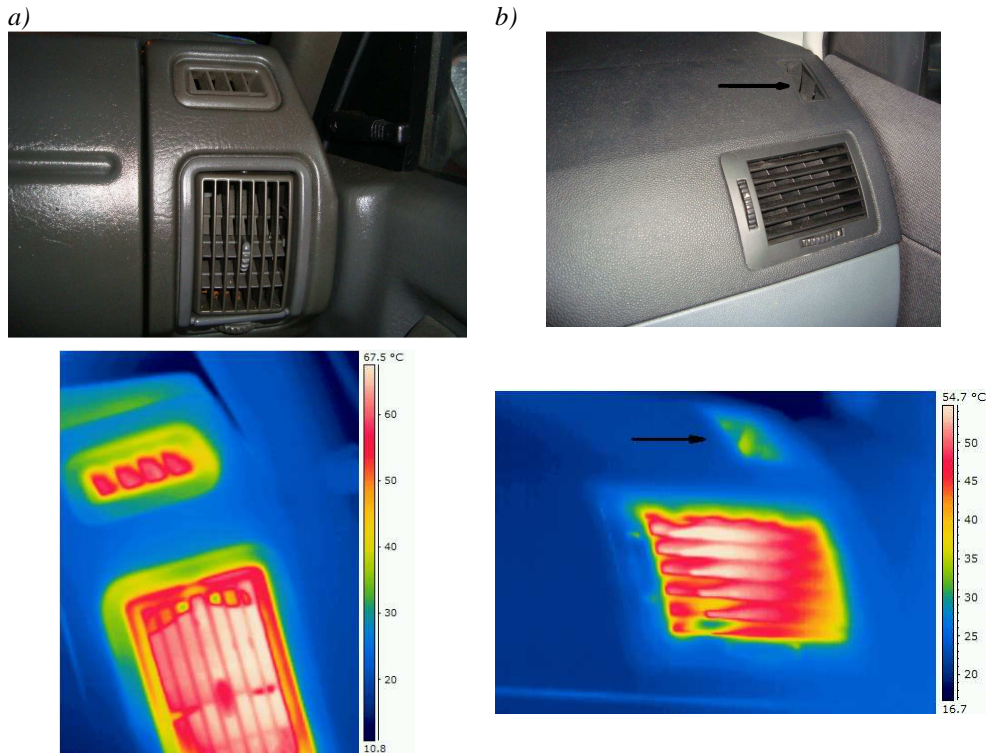
Typowym uszkodzeniem obwodu ogrzewania są zatkane kanały wentylacyjne lub dysze wylotowe doprowadzające ogrzane powietrze do wnętrza samochodu. Przyczyną takiego stanu rzeczy mogą być liście, które przedostają się przez filtr przeciwpyłowy, który przez dłuższy okres czasu nie był wymieniany. Wynikiem tego jest nierównomierne ogrzanie (rozmarzanie) przedniej lub bocznych szyb samochodu. Za pomocą badań termowizyjnych w szybki i łatwy sposób można wykryć taką niesprawność (rys. 3 i 4).



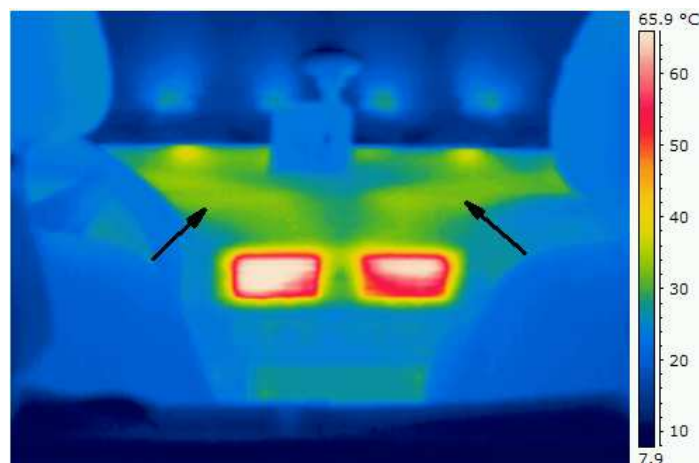
Rys.3. Zdjęcie termowizyjne przedniej szyby samochodu:  
a) prawidłowy nawiew, b) zatkana dysza wylotowa

### 3.2 Kabina pasażerska

W przeciwieństwie do przedstawionych wyżej niesprawności, które odpowiedzialne są za bezpieczeństwo, elementy ogrzewania wnętrza pojazdu przyczyniają się do stworzenia optymalnego mikroklimatu poprawiającego komfort podróżowania. Różnego rodzaju uszkodzenia powodują zachwiania temperatury panującej w kabinie pasażerskiej powodując m. in. zmęczenie kierowcy.



Rys.4. Zdjęcie termowizyjne krętek wentylacyjnych bocznych oraz krętek przeznaczonych do ogrzewania szyb: a) prawidłowy nawiew, b) zatkana dysza wylotowa



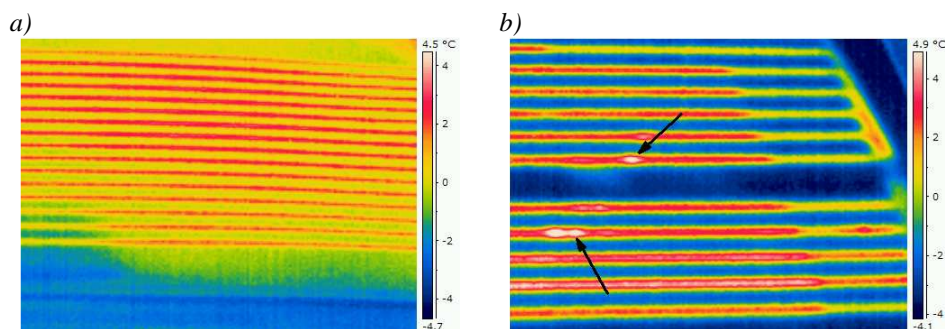
Rys.5. Zdjęcie termowizyjne deski rozdzielczej samochodu (Skoda Fabia)



Na rysunku 5 strzałkami zaznaczono miejsca prowadzenia kanałów wentylacyjnych znajdujących się pod deską rozdzielczą samochodu. Za pomocą kamery termowizyjnej można zlokalizować ewentualne uszkodzenie, którego przyczyną może być zatkanie kanału lub mechaniczne odkształcenie wywołane np. pracami naprawczymi pojazdu.

### 3.3 Ogrzewanie tylnej szyby

Ogrzewanie tylnej szyby polega na przepływie prądu przez „ścieżki rezystancyjne” pod wpływem którego zostają one nagrzane. Powoduje to rozmarzanie szyby. W przypadku przerwania jednej ze ścieżek (rys. 6) reszta układu działa poprawnie, natomiast miejsce uszkodzenia przyczynia się do utraty pełnej widoczności tego, co się dzieje za pojazdem. Na rysunku 2b wskazane zostały ponadto miejsca, w których ścieżki były naprawiane (używa się w tym celu lakieru lub kleju przewodzącego – z dodatkami srebra). Powoduje to zwiększenie temperatury w tych miejscach, co w przyszłości może być przyczyną ponownego uszkodzenia (przerwania ścieżek).



Rys.6. Zdjęcie termowizyjne elektrycznego ogrzewania tylnej szyby samochodu:  
a) bez uszkodzeń, b) z uszkodzeniami

## 4. WNIOSKI

1. Przeprowadzone badania termowizyjne obwodu ogrzewania pojazdów prezentują możliwości zastosowania kamer termowizyjnych w analizie miejsc, w których mogą wystąpić lub występują uszkodzenia. Jest to metoda bezdotykowa i bezinwazyjna, pozwalająca na szybkie i pewne zdiagnozowanie ewentualnej niesprawności.
2. Uzyskane wyniki (zdjęcia termowizyjne) są symptomami diagnostycznymi prowadzącymi do odnalezienia podzespołu lub miejsca uszkodzenia. Odpowiednia analiza zdjęć daje możliwość zakwalifikowania danego układu lub całego obwodu, jako niesprawnego.
3. Okresowa kontrola obwodu ogrzewania pojazdów przyczynia się do bezproblemowej eksploatacji samochodu w okresie zimowym. Przedstawione badania są obiektywną oceną stanu technicznego tego obwodu. Metoda ta pozwala na łatwe wykrycie miejsc, których rozkład temperatury różni się od wzorcowego.

4. Zdjęcia termowizyjne mogą posłużyć, jako baza danych będąca wyznacznikiem przy konstruowaniu nowych rozwiązań obwodów ogrzewania pojazdów. Metody i procedury przeprowadzania pomiarów termowizyjnych mogą być ponadto przydatne w ośrodkach badawczych oraz serwisach samochodowych.
5. Niedokładności uzyskanych wyników, w przeważającej większości wynikają z analizy pola obiektów, w którym znajdują się elementy o różnej emisyjności. W przedstawionych badaniach ma to drugorzędne znaczenie, ze względu na brak konieczności uzyskania dokładnej wartości temperatury, na rzecz jej rozkładu (różnicy temperatur). Dotyczy to kanałów wentylacyjnych samochodu oraz kabiny pasażerskiej (ogrzewanie przedniej i tylnej szyby).
6. Sprawne działanie obwodu ogrzewania, szczególnie w okresie zimowym, przyczynia się do zwiększenia widoczności w pojeździe, zwiększa komfort podróżowania, a co za tym idzie bezpieczeństwa ruchu drogowego. Odpowiednia temperatura panująca w kabinie pasażerskiej (nawet przy złych warunkach atmosferycznych) wpływa na wyższą koncentrację kierowcy.

## 5. BIBLIOGRAFIA

- [1] Deh U.: *Klimatyzacja w samochodzie*, Warszawa, WKŁ 2000.
- [2] Herner A., Riehl H. J.: *Elektrotechnika i elektronika w pojazdach samochodowych*, Warszawa, WKŁ 2010.
- [3] Kozak P.: *Klimatyzacja*, Poradnik Serwisowy nr 2/2004, Warszawa, Instalator Polski 2004.
- [4] Kwaśniewski S.: *Ogrzewanie, wentylacja i klimatyzacja w pojazdach mechanicznych – Zasady doboru urządzeń ogrzewczych, wentylacyjnych i klimatyzacyjnych do pojazdów*, Wrocław, Oficyna Wydawnicza Politechniki Poznańskiej 1995, s.75-88.
- [5] Madura H.: *Pomiary termowizyjne w praktyce*, Warszawa, PAK 2004.
- [6] Minkina W.: *Pomiary termowizyjne – przyrządy i metody*, Częstochowa, Wydawnictwo Politechniki Częstochowskiej 2004.
- [7] Orzechowski T.: *Technika pomiarów termowizyjnych w diagnostyce maszyn*, Warszawa, PAK 4/2002, s. 18-20.
- [8] Poloszyk S., Róžański L.: *Termowizyjna diagnostyka maszyn technologicznych*, Warszawa, PAK 1/2000, s. 15-18.
- [9] Rudowski G.: *Termowizja i jej zastosowania*, Warszawa, WKŁ 1978.