

УДК 629.113
UDK 629.113

TECHNIKA TERMOWIZYJNA W DIAGNOSTYCE ŚRODKÓW TRANSPORTU

WOJEWODA Paweł, dr inż. Politechnika Rzeszowska, Rzeszów, Polska
WOŚ Paweł, dr inż., Politechnika Rzeszowska, Rzeszów, Polska

ТЕПЛОВІЗІЙНА МЕТОДИКА В ДІАГНОСТИЦІ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ

ВОЄВОДА Павел, доктор інженер, Жешовська політехніка, Жешув, Польща
ВОС Павел, Доктор інженер, Жешовська Політехніка, Жешув, Польща

THERMOVISION TECHNIQUE IN THE DIAGNOSIS OF MEANS OF TRANSPORT

WOJEWODA Paweł, Ph.D., Rzeszow University of Technology, Rzeszow, Poland
WOS Paweł, Ph.D., Rzeszow University of Technology, Rzeszow, Poland

WSTĘP

Nieustanny rozwój środków transportu niesie ze sobą potrzebę unowocześniania metod i procedur diagnostycznych. Poszukiwane są nowe metody powiązania określonych wielkości fizycznych z niesprawnością bądź uszkodzeniem danego obwodu lub układu. Coraz częściej do badań wykorzystywana oraz analizowana jest ilość ciepła emitowana przez badane obiekty [1, 4].

Praca każdego urządzenia, maszyny oparta jest na przemianie energii. Jedna forma energii zamieniana jest w inną, np. w silniku elektrycznym, energia elektryczna zamieniana jest w mechaniczną. Każdej przemianie energii towarzyszy wydzielanie się ciepła, np. na skutek przepływu prądu elektrycznego czy tarcia. Prowadzi to do nagrzewania się danych elementów urządzenia. W przypadku, gdy urządzenie pracuje niepoprawnie wydzielana jest przez nie większa, niż w przypadku normalnej pracy, ilość ciepła. Może to być związane np. z zablokowaniem lub zacieraniem się elementów ruchomych urządzenia, ich zużyciem, niewłaściwym smarowaniem lub np. z uszkodzeniem systemu chłodzącego. Często zwiększone wydzielanie ciepła powodują przeciążone obwody elektryczne. Na skutek wad danego elementu lub niezgodnego z przewidywanym przebiegu procesu przemiany ciepła pojawiają się tzw. gorące punkty, czyli nadmiernie nagrzane obszary. Za pomocą termowizji można je w prosty i szybki sposób zlokalizować [2].

Zastosowanie techniki termowizyjnej pozwala na uzyskanie wielu informacji dotyczących pracy poszczególnych podzespołów środków transportu. Możliwe jest uzyskanie informacji dotyczących np. pracy układu klimatyzacji, chłodzenia silnika, tym samym samego silnika spalinowego, układu wydechowego, układu hamulcowego czy też układów elektronicznych. W zależności od kierunku badań poszczególne układy i podzespoły środków transportu mogą być oceniane z wykorzystaniem różnego rodzaju danych pomiarowych. Najczęściej wykorzystuje się charakterystyki geometryczne, charakterystyki elektryczne, oraz pomiary temperatury i ciśnienia. Tradycyjne termoelementy umożliwiają punktowy, kontaktowy pomiar temperatury i nie dostarczają pełnej oraz dokładnej informacji o rozkładzie temperatury na badanym elemencie. Obrazy termograficzne dostarczają dane pomiarowe z określonego, dużego obszaru, na którym wykonywane były badania.

Technika termowizyjna pozwala na wczesne wykrywanie uszkodzeń, dzięki czemu może zmniejszyć towarzyszące temu ujemne skutki dla środowiska. Bardzo istotne jest szybkie wykrywanie usterek a może się to udać jedynie przy częstej kontroli stanu technicznego pojazdu. Diagnostyka środków transportu z wykorzystaniem termowizji jest bardzo ważnym zagadnieniem, gdyż pozwala nie tylko na szybkie wykrywanie zaistniałych uszkodzeń, ale również na wykonanie działań mających na celu zapobiegnięciu ich wystąpienia w przyszłości.

OPIS WYBRANYCH PRZYKŁADÓW ZASTOSOWANIA TERMOWIZJI W DIAGNOSTYCE ŚRODKÓW TRANSPORTU

Coraz to nowsze konstrukcje oraz nowe materiały stosowane do produkcji kamer termowizyjnych prowadzą do zwiększania prawdopodobieństwa otrzymania powtarzalnych i poprawnych wyników analizy termicznej.

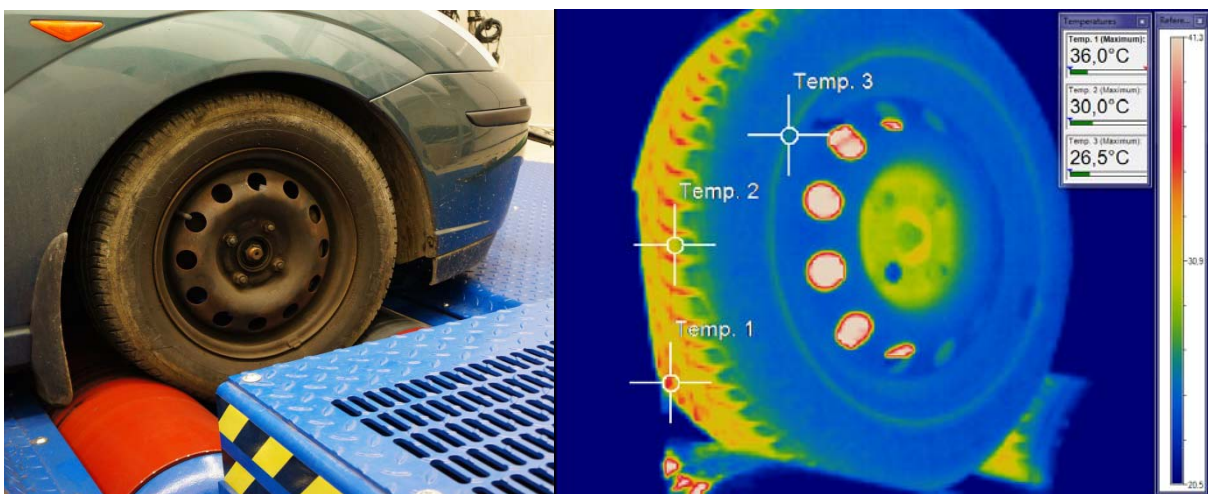
Technika termowizyjna w diagnostyce środków transportu może być stosowana m. in. do [3]:

- wykrywania miejsc ucieczki ciepła,
- wykrywania niejednorodności i pęknięć materiałów,

- badania stanu opon środków transportu, ich nagrzewania się zarówno w ruchu jak i na stanowiskach badawczych,
- badania obwodów elektronicznych,
- badania poprawności działania układów hamulcowych,
- badania silników spalinowych i ich podzespołów, m.in.: układu chłodzenia, układu wydechowego, itd.,
- wykrywania punktów przegrzania i nadzoru pracy części maszyn, łożysk, panewek, przekładni, sprzęgieł, wałów, pasków napędowych, pomp, sprężarek, zaworów itp.,
- wykrywania punktów przegrzania instalacji oraz urządzeń elektrycznych, takich jak np. styków bezpieczników, łączników, linii kablowych, silników elektrycznych itp.

Badania termowizyjne opon

Zjawisko nagrzewania się opon samochodowych podczas jazdy staje się częstą przyczyną prowadzącą do ich poważnego uszkodzenia. Istnieje wiele różnych metod badania stanu opon oraz ich przydatności do bezawaryjnej i niezawodnej pracy. Jedną z nich jest termowizja. Umożliwia ona obserwację na termogramie uszkodzeń, takich jak np. wewnętrzne pęknięcia czy rozwarstwienia. W praktyce badania przeprowadzane są na specjalnym stanowisku bądź bezpośrednio w trakcie ruchu pojazdu. W każdym z tych przypadków oceniany jest stopień nagrzewania się opon oraz rozkład temperatury na ich powierzchni.



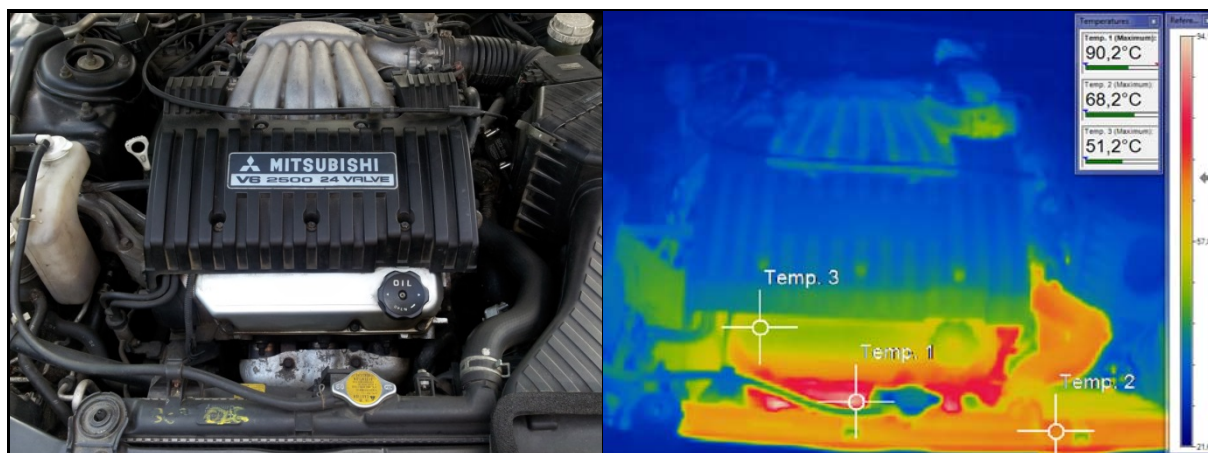
Rys. 1. Obraz rzeczywisty i termogram rozkładu temperatury opony na stanowisku hamownianym MAHA

W przypadku badania opon samochodowych zakres temperatur pomiarowych zawiera się w granicach od 20 do 80 [°C]. Najcieplejsze miejsca na nagrzanej oponie są miejscami uszkodzonymi. Ich silniejsze nagrzewanie się jest wynikiem utrudnionego odprowadzania ciepła z opony powstałego na skutek jej tarcia o podłoże. Może też być wynikiem trudniejszego odprowadzania ciepła w szczelinie powietrznej powstałej przykładowo w rozwarstwieniu opony. Wykrycie uszkodzeń opon podczas badań termowizyjnych pozwala na prognozowanie w stosunku do ich dalszej przydatności.

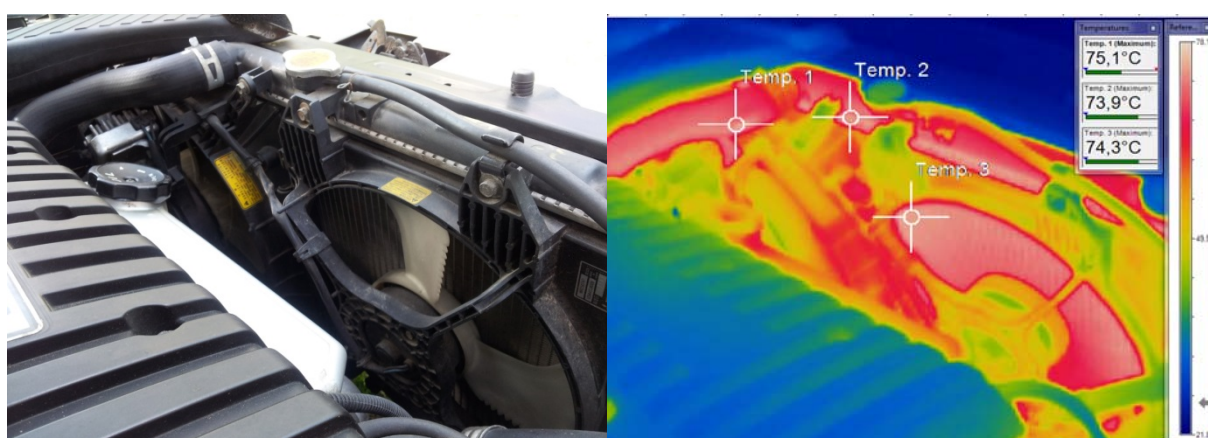
Termogram z badania opony pojazdu Ford Fokus na stanowisku hamownianym firmy MAHA został przedstawiony na rys.1. Pomiar rozkładu temperatur koła został wykonany po uprzednim rozpędzeniu koła do prędkości 50 km/h a następnie gwałtownym wyhamowaniu do całkowitego zatrzymania koła. Na termogramie można zaobserwować jak wygląda rozkład temperatury na bieżniku opony jak i na jej boku. Widoczna jest wyższa temperatura w samym rowku bieżnika (Temp. 1) niż na jego powierzchni (Temp. 2). Punkt pomiaru temperatury Temp. 3 przedstawia jej rozkład w miejscu współpracy opony z felgą koła. Widać że to połączenie też generuje wzrost temperatury świadcząc o plastycznych odkształceniach opony w miejscu styku stopki opony i obrzeża obręczy felgi stalowej.

Badania termowizyjne silników spalinowych i ich podzespołów, m.in. układu chłodzenia

Badania termowizyjne miały na celu ocenę prawidłowości działania układu chłodzenia silnika w samochodzie Mitsubishi Galant (rys. 2). Sprawdzano czy nie występują usterki, czy układ nie jest zapowietrzony, poprawność rozchodzenia się cieczy chłodzącej w układzie, oraz poprawność działania wentylatorów i termostatu.



Rys. 2. Obraz rzeczywisty i termogram rozkładu temperatury komory silnika samochodu Mitsubishi Galant



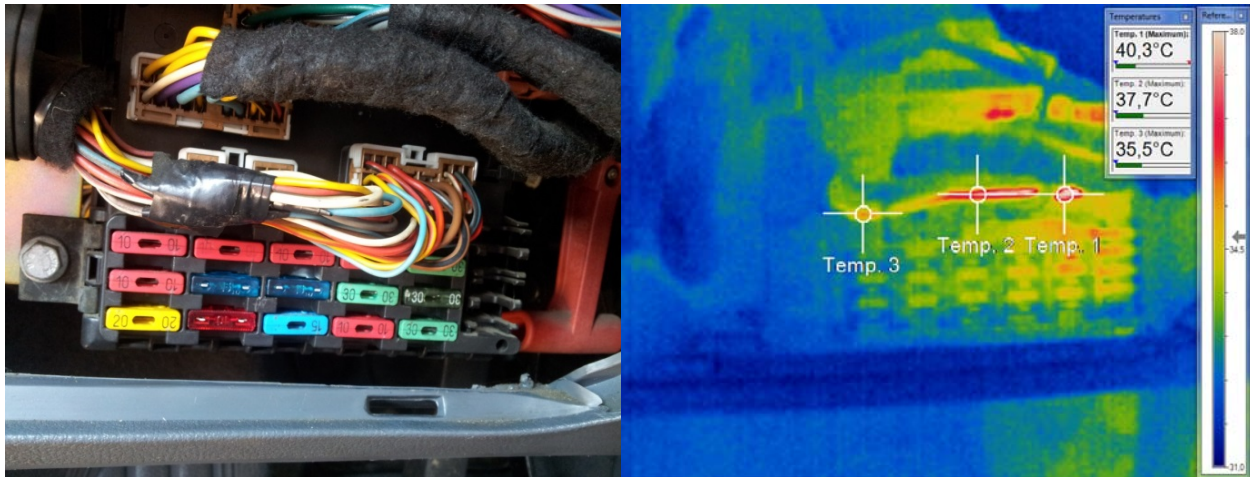
Rys. 3. Obraz rzeczywisty i termogram rozkładu temperatury układu chłodzenia silnika samochodu Mitsubishi Galant

Badania przeprowadzono na silniku pracującym na biegu jałowym. Na termogramie (rys. 3) obserwowano poszczególne elementy układu chłodzenia, m.in. przewody, chłodnicę i wentylatory. Obserwowano stopniowe nagrzewanie się układu aż do momentu włączenia się wentylatorów, następnie ich wyłączenia równoznacznego obniżeniu temperatury cieczy chłodzącej i ponownego włączenia i wyłączenia wentylatorów [3].

Zadaniem układu chłodzenia jest zapobieganie wzrostowi temperatury silnika ponad dopuszczalną wartość i utrzymanie temperatury silnika na określonym poziomie wynoszącym 90 do 100 °C, w celu zapewnienia mu odpowiednich warunków pracy. Nadmierny wzrost temperatury może doprowadzić m. in. do wystąpienia przedwczesnych zapłonów, przegrzania czy nawet zatarcia silnika. Zbyt niska temperatura pracy silnika może doprowadzić m. in. do pogorszenia się warunków odparowania paliwa oraz zwiększenia emisji szkodliwych składników spalin. Może również powodować spadek sprawności cieplnej silnika, wzrost luzów roboczych czy pogorszenie smarowania [3].

Badania termowizyjne układów elektronicznych

Analiza termograficzna znajduje szerokie zastosowanie do kontroli procesów wytwarzania jak i pracujących układów elektronicznych. Kamery termowizyjne umożliwiają wykrywanie wad konstrukcyjnych i gorących punktów w niewielkich podzespołach konstrukcyjnych. Przy użyciu odpowiedniego oprogramowania oceniana jest lokalna emisja, a następnie tworzona jest mapa rozkładu emisji, która umożliwia tworzenie obrazów termograficznych w rzeczywistym czasie. Otrzymana w ten sposób mapa rozkładu temperatur odgrywa znaczącą rolę w procesie ulepszania konstrukcji poszczególnych elementów i ich eksploatacji z uwzględnieniem gradientów temperatur i gorących punktów [3].



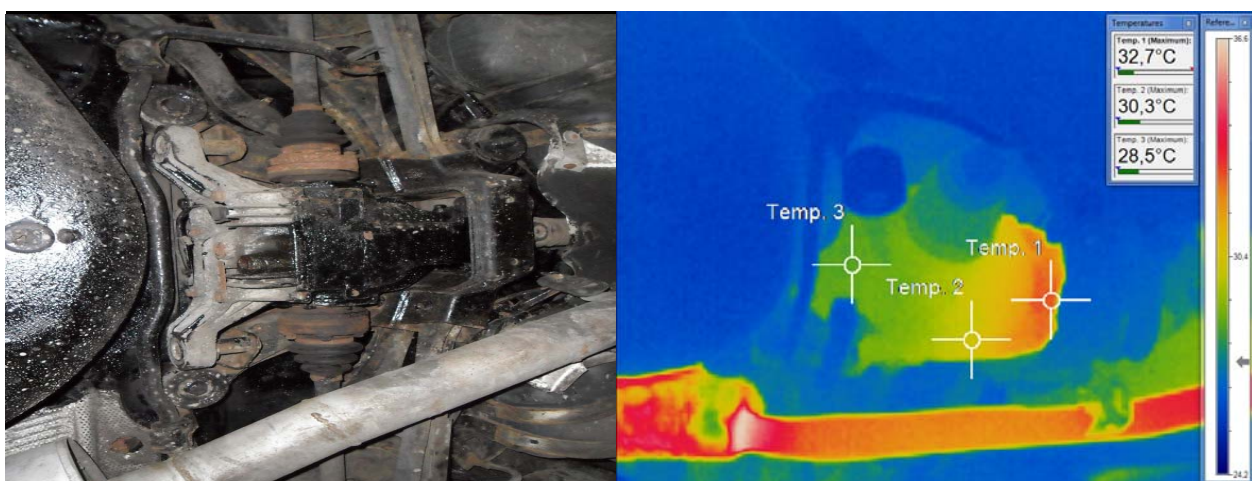
Rys. 4. Obraz rzeczywisty i termogram rozkładu temperatury w skrzynce bezpieczników samochodu Fiat Brava

Przeprowadzone badania termowizyjne miały na celu ocenę stanu bezpieczników samochodu Fiat Brava. Podstawowym zadaniem bezpieczników jest zabezpieczanie układów elektrycznych pojazdu i zasilanych urządzeń przed nadmiernym wzrostem natężenia prądu, ze względu na możliwość wystąpienia uszkodzeń tych urządzeń, a nawet pożaru. W przypadku wystąpienia zwarcia w układzie elektrycznym następuje przepalenie bezpiecznika, dzięki czemu zostaje odcięty dopływ prądu do urządzenia. W badanym samochodzie Fiat Brava główna skrzynka bezpieczników znajduje się w kabinie pasażerskiej po stronie kierowcy. Badania termowizyjne umożliwiają lokalizację przepalonych bezpieczników, gdyż temperatura ich ma znacznie mniejszą wartość od pozostałych. Możliwa jest również lokalizacja bezpieczników, które są bliskie przepaleniu, lub tych z obluzowanymi zaciskami [3].

Termowizyjna obserwacja skrzynki głównej bezpieczników umożliwiła lokalizację miejsc nadmiernie nagranych. Przedstawiony na rys.4 termogram wyraźnie przedstawia rozgrzany przewód, znajdujący się powyżej skrzynki bezpieczników. Oczyszczenie styków przewodu i ponowne wpięcie pozwoliło wyeliminować potencjalne źródło pożaru.

Badania termowizyjne układu przeniesienia napędu

Badania rozkładu temperatury układu przeniesienia napędu dają możliwość oceny prawidłowości jego pracy. Podwyższone temperatury tego układu mogłyby świadczyć o nadmiernym zużyciu elementów współpracujących. Wiąże się z tym również ocena właściwego smarowania tych układów, co przekłada się na ich żywotność.



Rys. 5. Obraz rzeczywisty i termogram rozkładu temperatury tylnego mostu samochodu BMW 318i

Na termogramie (rys. 5) widać rozkład temperatury na tylnym moście samochodu BMW 318i. Różnice rozkładu temperatur na tylnym moście są rzędu kilku stopni, co świadczy o prawidłowej pracy tego podzespołu. Badania były wykonywane na podnośniku kolumnowym a tym samym bez obciążenia panującego w rzeczywistych warunkach pracy tylnego mostu, dlatego temperatury są dość niskie, mimo to wskazują kierunek rozchodzenia się ciepła.

PODSUMOWANIE

Po przeprowadzeniu badań termowizyjnych stwierdzono, że zastosowanie techniki termowizyjnej do diagnostyki poszczególnych elementów, podzespołów i obwodów w środkach transportu posiada wiele zalet. Metoda ta umożliwia bezinwazyjną i bezdotykową diagnostykę wszystkich części, którym podczas pracy towarzyszy wydzielanie się ciepła. Dzięki możliwości przeprowadzania badań w pewnej odległości od pracujących obiektów technika ta jest w pełni bezpieczna dla osoby przeprowadzającej przegląd termowizyjny. Podczas diagnostyki obiektu możliwa jest obserwacja temperatury całej powierzchni poszczególnych obiektów oraz widoczne są kierunki przepływu ciepła. Termogram umożliwia bardzo dokładny odczyt temperatury poszczególnych punktów obrazu. Dzięki termowizji możliwa jest obserwacja i diagnostyka trudno dostępnych miejsc dla innych metod diagnostycznych. Badania termowizyjne umożliwiają odkrycie miejsc wystąpienia aktualnych usterek, jak również pozwalają wykryć miejsca, w których problem może pojawić się w późniejszym czasie. Zdjęcia w podczerwieni dzięki odpowiedniemu oprogramowaniu mogą być dokładnie przeanalizowane w celu precyzyjnego wykrycia usterki, a duża paleta barw umożliwia odkrycie najmniejszych anomalii temperaturowych. Badania termowizyjne są niewątpliwie jednymi z najnowocześniejszych technik diagnostycznych dostępnych na rynku.

Możemy zauważyć wiele obszarów przemysłu motoryzacyjnego, w których stosowane są kamery termowizyjne. Badania termowizyjne stosowane są z powodzeniem przy kontroli procesów produkcji samochodów, kontroli jakości oraz analizie naprężeń. Znajdują zastosowanie podczas prac badawczo-rozwojowych. Termowizja wspiera projektowanie a także ocenę pracy silników spalinowych [4].

Technika termowizyjna otwiera całkowicie nowe aspekty i możliwości diagnostyki oraz analizy działania poszczególnych elementów, obwodów czy podzespołów środków transportu. Coraz niższy koszt kamer termowizyjnych spowoduje, że w przyszłości badania termowizyjne będą powszechnie używane do uzupełniania i wspomagania istniejących metod w diagnostyce środków transportu, jak również staną się główną metodą wykrywania wadliwej pracy urządzeń, obwodów i podzespołów środków transportu. Można przewidzieć, że technika termowizyjna będzie stosowana z powodzeniem do wykrywania miejsc, w których mogących wystąpić w przyszłości usterki, a kamery termowizyjne wejdą na stałe w skład obowiązkowego wyposażenia stacji kontroli pojazdów.

LITERATURA

- [1] Bielecki Z., Rogalski A.: Detekcja sygnałów optycznych. Wydawnictwo Naukowo- Techniczne, Warszawa 2001.
- [2] Madura H.: Pomiary termowizyjne w praktyce. PAK, Warszawa 2004.
- [3] Mikrut M.: Ocena przydatności badań termowizyjnych w diagnostyce pojazdów samochodowych. Praca magisterska. WBMiL PRz, Rzeszów 2013.
- [4] www.sae.org.

STRESZCZENIE

WOJEWODA Paweł. Technika termowizyjna w diagnostyce środków transportu / WOJEWODA Paweł, WOŚ Paweł // Wisnyk Narodowego Uniwersytetu Transportu. – K. : NTU, 2016. – № 35.

Artykuł przedstawia wykorzystanie techniki termowizyjnej w diagnostyce podzespołów i układów środków transportu. Opisuje podstawowe cechy diagnostyki termowizyjnej oraz możliwości jej wykorzystania w diagnostyce środków transportu. Zawiera przykłady zastosowania techniki termowizyjnej w diagnostyce wybranych podzespołów środków transportu, które przedstawiono w postaci termogramów powstałych na bazie wybranych badań diagnostycznych z użyciem kamery termowizyjnej OPTRIS PI 160.

РЕФЕРАТ

ВОЄВОДА Павел. Тепловізійна методика в діагностиці транспортних засобів / ВОЄВОДА Павел, ВОС Павел // Вісник Національного транспортного університету. Серія “Технічні науки”. Науково-технічний збірник. – К.: НТУ, 2016. - Вип. 2 (35).

У статті представлено застосування методів тепловізування в діагностиці компонентів і систем транспортних засобів. Описані основні риси тепловізійної діагностики і можливість її застосування в діагностиці транспортних засобів. Показані приклади використання тепловізійних методів в діагностиці апаратних засобів транспорту, що представлені у вигляді теплових зображень, створених на основі вибраних діагностичних тестів з використанням тепловізора Optris PI 160.

ABSTRACT

WOJEWODA Pawel, WOS Pawel. Thermovision technique in the diagnosis of means of transport. Visnyk National Transport University. Series “Technical sciences”. Scientific and Technical Collection. – Kyiv. National Transport University, 2016. – Issue 2 (35).

The article presents the use of thermovision techniques in the diagnosis of components and systems means of transport. It describes the basic features of thermovision diagnostics and the possibility of its application in the diagnosis of means of transport. It contains examples of the use of thermovision techniques in the diagnosis of the hardware means of transport, which is presented in the form of thermal images created on the basis of selected diagnostic tests using a thermal imaging camera Optris PI 160.

AUTORZY:

WOJEWODA Paweł, Dr inż., Politechnika Rzeszowska, Katedra Silników Spalinowych i Transportu, Al. Powstańców Warszawy 12, tel.: +48 17 865 1100, 35-959, Rzeszów, Polska

WOŚ Paweł, dr inż., Politechnika Rzeszowska, Katedra Silników Spalinowych i Transportu, Al. Powstańców Warszawy 12, tel.: +48 17 865 1100, 35-959, Rzeszów, Polska

АВТОР:

ВОЄВОДА Павел, доктор інженер, Жешовська Політехніка, Кафедра двигунів внутрішнього згоряння і транспорту, Бульвар Повстанців Варшави 12, tel.: +48 17 865 1100, 35-959, Жешув, Польща

ВОС Павел, Доктор інженер, Жешовська Політехніка, Кафедра двигунів внутрішнього згоряння і транспорту, Бульвар Повстанців Варшави 12, tel.: +48 17 865 1100, 35-959, Жешув, Польща

AUTHORS:

WOJEWODA Pawel, PhD., Rzeszow University of Technology, Department of Internal Combustion Engines and Transport, Warsaw Insurgents Boulevard 12, tel.: +48 17 865 1100, 35-959, Rzeszow, Poland

WOS Pawel, PhD., Rzeszow University of Technology, Department of Internal Combustion Engines and Transport, Warsaw Insurgents Boulevard 12, tel.: +48 17 865 1100, 35-959, Rzeszow, Poland

РЕЦЕНЗЕНТИ:

Посвятенко Е. К., доктор технічних наук, професор, Національний транспортний університет, професор кафедри виробництва, ремонту та матеріалознавства, Київ, Україна.

Запорожець Олександр Іванович, доктор технічних наук, професор, директор Навчально-наукового Інституту екологічної безпеки, Національного авіаційного університету, Київ, Україна.

REVIEWERS:

Posvyatenko E. K., Doctor of Technical Sciences, Professor, National Transport University, Professor, Department of Manufacture, Repair and Materials, Kyiv, Ukraine.

Zapozhets O. I., Doctor of Technical Sciences, Professor, Director of the Educational-research Institute for Environmental Safety, National Aviation University, Kyiv, Ukraine.