

Jerzy Bieniek, Jan Banasiak, Piotr Komarnicki
Instytut Inżynierii Rolniczej
Akademia Rolnicza we Wrocławiu

ZASTOSOWANIE TERMOWIZJI W BADANIACH EKSPLOATACYJNYCH MASZYN ROLNICZYCH

Streszczenie

W artykule przedstawiono możliwości wykorzystywania termowizji do oceny diagnostycznej maszyn rolniczych, oraz analizy obserwacyjnej kinematyki procesu separacji ziarna na sicie żaluzjowym.

Słowa kluczowe: termowizja, kamera termowizyjna, diagnostyka maszyn rolniczych, kosiarka rotacyjna, sito żaluzjowe

Wprowadzenie

Pomiary termowizyjne znajdują szerokie zastosowanie w większości dziedzin życia pozwalając na zdalną bezinwazyjną diagnostykę cieplną obiektów w paśmie promieniowania niewidzialnego w zakresie $3\div 12\ \mu\text{m}$. Wykorzystanie termowizji do badań naukowych dotyczących termodynamiki i wymiany ciepła nie wymaga uzasadnienia i komentarza. W odniesieniu do maszyn i urządzeń technicznych termowizja umożliwia wykrycie miejsc potencjalnych zagrożeń na tyle wcześnie, że bez problemów można zaplanować prace naprawcze, a tym samym uniknąć kosztów przestojów w produkcji czy niespodziewanych awarii [Praca zbiorowa 2004]. Niecharakterystyczny rozkład temperatury obiektu technicznego w fazach wstępnej i pełnej jego eksploatacji pozwala wnioskować o poprawności jego konstrukcji, wadach zastosowanych materiałów, błędach w montażu a także stopniu jego zużycia [Cholewa, Moczulski 1993]. Szczególnie szerokie zastosowanie mają kamery termowizyjne w badaniach nieniszczących, przy czym w wielu metodach badawczych stosowana jest tzw. termografia dynamiczna (aktywna, impulsowa). Ogromną ich zaletą jest to, że diagnostyka może być prowadzona pod pełnym obciążeniem, co praktycznie nie jest możliwe przy zastosowaniu innych metod. Niewątpliwie zachodzi również potrzeba, aby wyznaczyć pewną skalę diagnostyczną z progowymi wartościami temperaturowymi obserwowanymi na obiektach maszynowych, po przekroczeniu których należałoby przystąpić do diagnostyki inwazyjnej. Pomiary z użyciem kamer termowizyjnych pozwalają oprócz wykrywania

uszkodzeń czy też wad materiałowych oceniać w jaki sposób przebiegają różne procesy technologiczne w maszynach rolniczych. Szczególnego znaczenia nabiera, więc metoda diagnostyki bezkontaktowej na przykład do oceny stanu łożysk tocznych gdzie można zastosować pomiar temperatury na ich obudowie w fazie nieustalanej i ustalonej [Cholewa, Moczulski 1993].

Celem pracy jest przedstawienie wybranych zastosowań termowizji w badaniach prowadzonych w Instytucie Inżynierii Rolniczej AR we Wrocławiu.

Przebieg badań

W badaniach prowadzonych w Instytucie Inżynierii Rolniczej AR we Wrocławiu zastosowano termowizję do oceny stanu maszyn rolniczych oraz rozkładu masy przesiewanej na sicie żaluzjowym-daszkowym. Ocenie diagnostycznej poddano kosiarkę rotacyjną czterobębnową RzS-160 (rys. 1) po 224 godzinach eksploatacji.



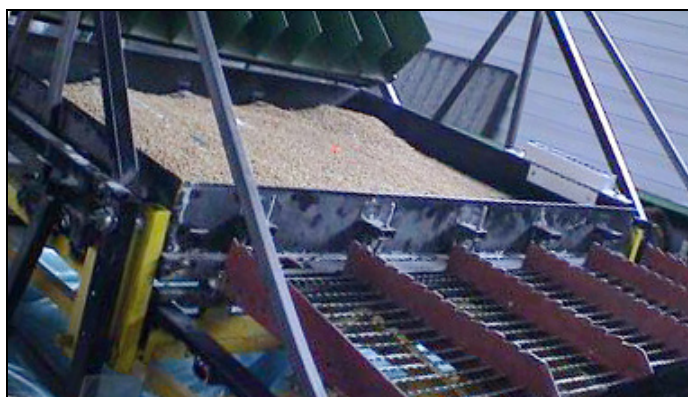
Rys. 1. Kosiarka rotacyjna czterobębnowa RzS-160 [Dudek i in. 2003]

Fig. 1. The rotary mowing machine RzS-160 [Dudek i in. 2003]

Zwiększona hałaśliwość maszyny stanowiła symptom świadczący o pewnym stopniu jej zużycia. Równocześnie występowała utrudniona lokalizacja miejsca pochodzenia zwiększonej hałaśliwości. Z kolei obracające się elementy kosiarki utrudniały montaż czujników i wykonywanie odczytów. Dlatego też przed i po uruchomieniu maszyny na powierzchniach bębnow roboczych dokonano bezkontaktowych pomiarów - rejestracji rozkładów temperatur kamerą termowizyjną Thermovision 550. Badana kosiarka przed pomiarami, trzy godziny przetrzymywana była w miejscu pomiarów w celu początkowej stabilizacji termicznej. Rejestrację temperatury prowadzono od momentu uruchomienia kosiarki do czasu ustabilizowania się jej temperatury (czas pracy wynosił 30 minut) [Dudek 1998; Dudek i in. 2003].

Innym przykładem było zastosowanie kamery termowizyjnej do obserwacji rozkładu temperatury na powierzchni przesiewanego materiału przez separator sito-
wy. Wykorzystując termowizję podjęto prace pilotażowe nad kinematyką procesu przesiewania się masy zbożowej na modelowym sicie daszkowym będącym głównym elementem stanowiska badawczego (rys. 2) zaprojektowanego i zbudowanego w Instytucie Inżynierii Rolniczej AR we Wrocławiu. Badania termowizyjne na stanowisku przechyłowym polegały na rejestracji przepływu rozgrzanej masy zbożowej po powierzchni sita pokrytego zimnym ziarnem. Tło stanowił materiał nieograny o temperaturze otoczenia (16°C), na który wprowadzono materiał o podwyższonej temperaturze (65°C). Pomiary wykonano dla sita pochylonego poprzecznie ($\alpha=10^{\circ}$), regulacji i zmianom ulegały:

- kąt daszków $\gamma=0^{\circ}$ i $\gamma=10^{\circ}$,
- sposób zasilania masą zbożową (zasilanie ciągłe w jednym punkcie, zasypanie jednokrotne-punktowe, zasypanie jednokrotne-wzdłuż sita).



Rys. 2. Widok stanowiska badawczego wraz z zamontowanym sitem daszkowym
Fig. 2. Test stand with installed the canopy sieve

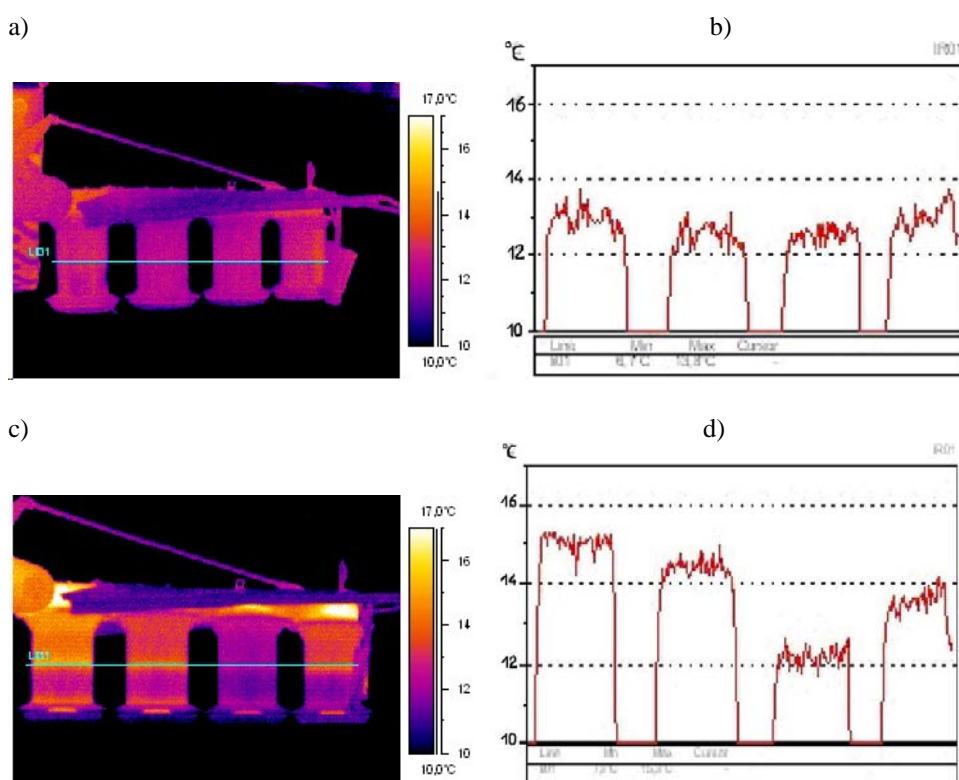
Sito znajdowało się w ruchu roboczym, w którym parametry kinematyczne były następujące:

- obroty silnika elektrycznego były ustawione przemiennikiem częstotliwości typ 8214E w zakresie od $0-8,3 \text{ obr} \cdot \text{s}^{-1}$,
- zakres częstotliwości drgań $5 \text{ cykl} \cdot \text{s}^{-1}$,
- amplituda drgań sita wynosiła $0,07 \text{ m}$, co odpowiada standardom stosowanym w kombajnach zbożowych [Bieniek 2003].

Wyniki badań

Diagnostyka techniczna kosiarki rotacyjnej z zastosowaniem termowizji

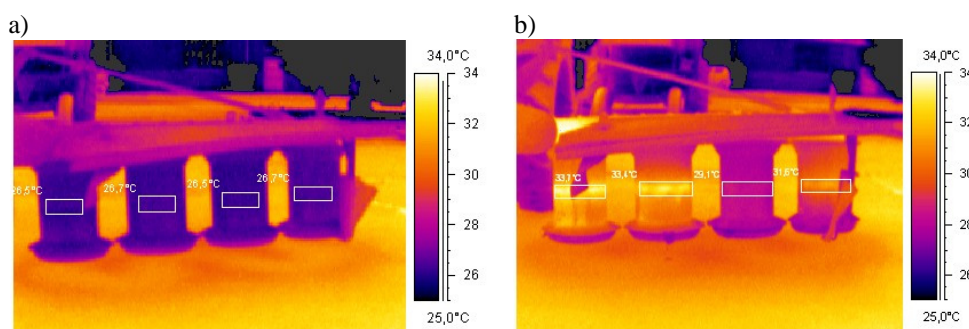
Rysunki 3abcd przedstawiają termogramy oraz wykresy rozkładów temperatur bębnow badanej kosiarki czterobębnowej przed uruchomieniem napędu WOM oraz po 30 min. pracy. Interpretując otrzymane wykresy można zauważyć, że bębny podczas pracy rozgrzewały się nierównomiernie.



Rys. 3. Termogramy oraz wykresy rozkładów temperatur przedstawiające bębny kosiarki: a i b – termogram i wykres temperatur kosiarki przed uruchomieniem WOM, c i d – termogram i wykres temperatur kosiarki po 30 min. pracy

Fig. 3. Thermograms and distributions of temperature present mowing machine drums: a and b – thermogram and diagram of temperature mowing machine before to start WOM, c and d – thermogram and diagram of temperature mowing machine after 30 min. running

Termogramy 4a i b ukazują różnice temperatur dla bębnow kosiarki RZS-160, które przy wyłączonym napędzie utrzymywały się na prawie stałym poziomie i zawierały się w przedziale od 26,5 do 26,7°C, natomiast po około 30 min. pracy rozgrzewały się od 29,1 do 33,7°C. Na rysunku 4b widać, że najwyższą średnią temperaturą charakteryzował się pierwszy bęben od strony ciągnika natomiast najniższą trzeci. Przyczynę hałaśliwości należy dostrzegać w strefie napędu (węzłów kinematycznych) bębna pierwszego od lewej, ale nie pozwala to jednak jednoznacznie określić dokładnego stopnia jego zużycia.



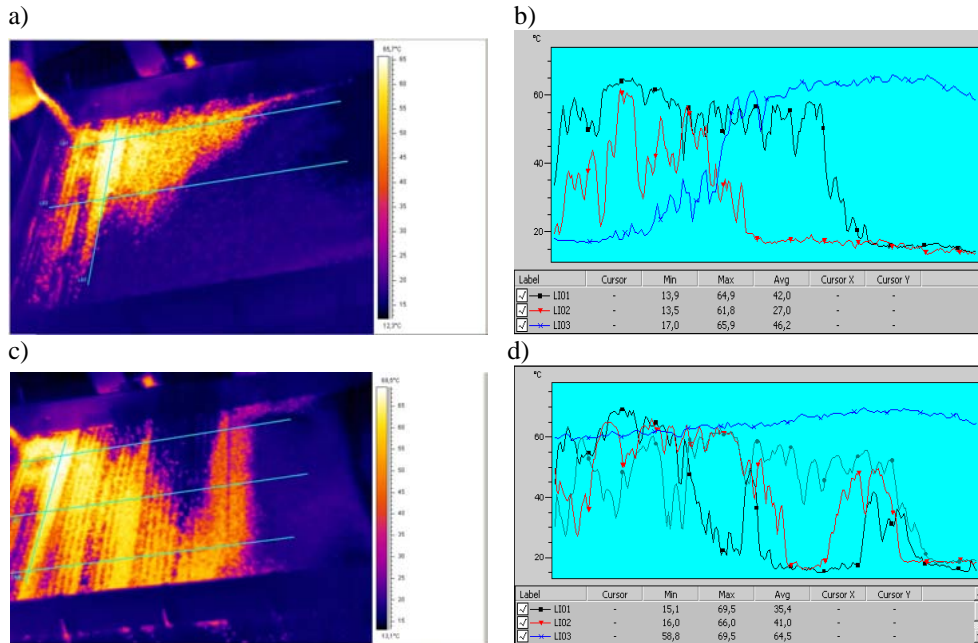
Rys. 4. Termowizyjna ocena bębnow kosiarki rotacyjnej: a – bez włączonego napędu WOM, b – przy włączonym napędzie przez 30 min.

Fig. 4. Thermovision note of mowing machine drums: a – without the drive on WOM, b – with the drive on for 30 min.

Obserwacja kinematyki ziarna na sicie żaluzjowym

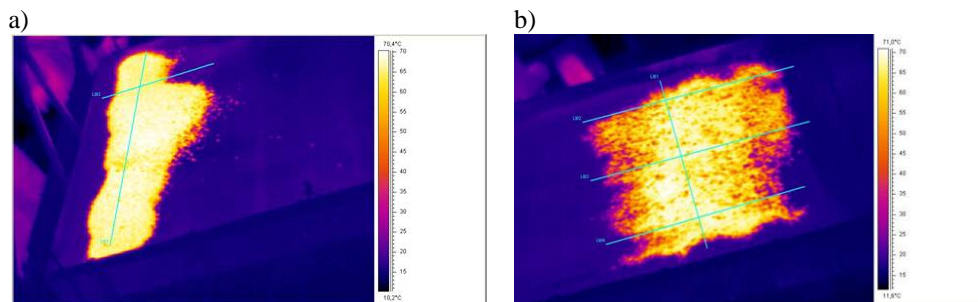
Wyniki badań przepływu ogrzanej masy zbożowej podawanej w sposób ciągły na powierzchni sita żaluzjowego oraz wykresy rozkładu temperatur, które ilustrują termogramy na rysunkach 5 a b c d.

Przedstawione rysunki 5a, 5c oraz 6a i 6b wskazują, że poprzecznie nachylona płaszczyzna robocza sita płaskiego w prawą stronę powoduje szybkie przemieszczanie się zasypywanej masy zbożowej w kierunku niżej położonych stref. Rysunek 6b ilustruje efekt przemieszczenia się masy po 2 sekundach pracy sita. Wraz z przemieszczaniem się ciepłego ziarna zauważa się stopniowy spadek jego temperatury od 69,5°C do 58,8°C oraz zmianę barwy ogrzanej masy od biało-żółtej do pomarańczowo-czerwonej (rys. 6a, 6b).



Rys. 5. Termogramy oraz wykresy rozkładów temperatur przedstawiające proces przepływu ziarna na sicie żaluzjowym płaskim: a i b – termogram oraz wykres rozkładu temperatur w początkowej fazie procesu, c i d – termogram oraz wykres rozkładu temperatur w pełnej fazie procesu

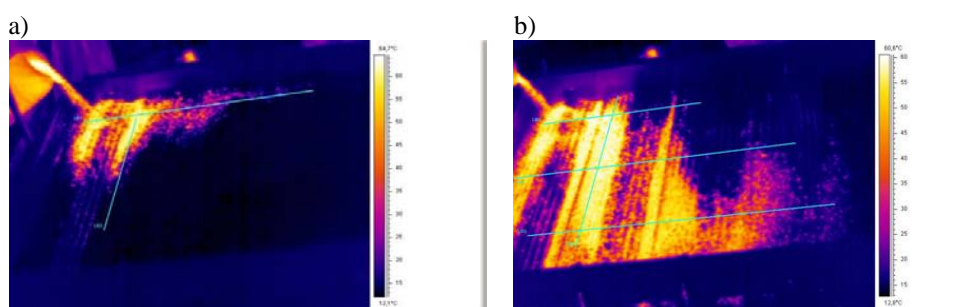
Fig. 5. Thermograms and distributions of temperature present grain flow process on flat grain sieve: a and b – thermogram and distribution of temperature at initial phase of process, c and d – thermogram and distribution of temperature at full phase of process



Rys. 6. Termogramy przedstawiające proces przepływu ziarna na sicie żaluzjowym płaskim: a – masa zasypaana wzdłuż sita, b – efekt przemieszczenia się w pełnej fazie procesu

Fig. 6. Thermograms present grain flow process on flat grain sieve: a – mass cover along sieve, b – dislocation effect at full phase of process

Z obserwacji termogramów przedstawionych na rysunkach 7a i 7b wynika, że odmienny charakter przepływu ogrzanej mieszaniny ziarnistej pojawia się na sicie daszkowym. Widoczne strumieniowe rozproszanie masy zbożowej od lewej do prawej strony sita ulega zmniejszeniu poprzez ustawienie płaszczyzn daszków pod kątem $\gamma=10^\circ$. Z rysunków 7a i 7b wynika, że taka budowa sita wpływa na dynamikę procesu separacji ziarna, ponieważ wydłuża okres przebywania masy zbożowej na powierzchni roboczej sita i ogranicza jej dalsze przemieszczanie w dół sita.



Rys. 7. Termogramy przedstawiające proces przepływu ziarna na sicie żaluzjowym daszkowym zasilanym w sposób ciągły: a – początkowa faza procesu, b – efekt przemieszczenia się w pełnej fazie procesu

Fig. 7. Thermograms presenting grain flow process on canopy sieve reinforced in continuous way: a – at initial phase of process, b – dislocation effect at full phase of process

Podsumowanie

Powyższa analiza termowizyjna wskazuje na to, że bezinwazyjny sposób przeprowadzania badań może mieć ogromne znaczenie przy ocenie stanu technicznego maszyn rolniczych jak również pozwala lepiej zrozumieć przebieg procesu separacji ziarna zachodzącego na sicie żaluzjowym. Celem diagnostyki maszyn rolniczych może być ocena ich stanu technicznego w posezonowej obsłudze technicznej maszyn. Do zalet metody termowizyjnej można zaliczyć to, że poza zastosowaniem jej do pomiaru temperatury obiektów stacjonarnych ogrzewanych z zewnątrz lub od wewnątrz może być użytkowana do oceny stanu obiektów pracujących w ruchu ciągłym, obserwacji kinematycznych gdzie z powodzeniem pozwala zastępować bardziej pracochłonne metody badań.

Bibliografia

Bieniek J. 2003. Proces separacji ziarna zbóż na sicie daszkowym w zmiennych warunkach pracy. Rozprawa habilitacyjna Zeszyty Naukowe AR Wrocław, Rozprawy CXCVIII, nr 462.

Cholewa W., Moczulski W. 1993: Diagnostyka techniczna maszyn. Pomiary i analiza sygnałów. Skrypty uczelniane Politechniki Śląskiej nr 1758, Gliwice.

Dudek K. 1998: Termography as a Diagnosing System. Systems., Vol. 3, No 2.

Dudek K., Banasiak J., Bieniek J. 2003: Diagnostyka termowizyjna węzłów kinematycznych w kosiarkach rotacyjnych. Eksploatacja i Niezawodność nr 4, s. 18-22.

Praca zbiorowa 2004. Pomiary termowizyjne w praktyce. Pomiary Automatyka Kontrola, Warszawa.

THE USE OF THE THERMOVISION IN FIELD RELIABILITY TESTS OF AGRICULTURAL MACHINES

Summary

The paper describes the possibility of using the thermovision to diagnostic opinion of agricultural machines, as well as the analysis of observational kinematics of separation grain process on grain sieve.

Key words: thermovision, thermal cameras, diagnosis of agricultural machines, mowing machine, grain sieve