

DIAGNOSTYKA WĘZŁÓW KINEMATYCZNYCH W KOSIARKACH ROTACYJNYCH

DIAGNOSIS OF KINEMATIC PAIRS IN THE ROTARY MOWERS

Przedstawiono wyniki kontroli stopnia zużycia kosiarek rotacyjnych metodami wibroakustyki i termografii. Potwierdzono przydatność obu metod w badaniach maszyn rolniczych i możliwość zamiennego ich stosowania. Metoda diagnostyki termowizyjnej ma szczególne znaczenie z uwagi na mobilną eksploatację maszyn rolniczych.

Słowa kluczowe: diagnostyka, termowizja, wibroakustyka, maszyny rolnicze.

The paper presents the level of rotary mowers' wear monitored by vibroacoustics and thermography. Both methods have been found suitable to be applied in agricultural machines and can be used interchangeably. However, thermovision diagnosis becomes particularly important due to a mobile operation of agricultural machines.

Keywords: diagnosis, thermovision, vibroacoustics, agricultural machines.

1. Wstęp

W maszynach rolniczych w większości napędzanych od wałka odbioru mocy ciągnika (WOM) lub samojezdnych, kontroli wymaga zużycie układów przeniesienia momentu obrotowego i ich łożyskowanie.

Cechy konstrukcyjne i mobilność maszyn rolniczych utrudniają wykorzystanie podstawowej techniki, jaką jest wibroakustyka [4, 5].

Szczególne znaczenia nabierają więc metody diagnostyki bezkontaktowej. Jedną z nich jest diagnostyka termowizyjna [3]. 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 [1].

Celem opracowania jest przedstawienie wyników badania stanu technicznego kosiarek rotacyjnych z zastosowaniem metody diagnostyki termowizyjnej i wibroakustycznej.

2. Metodyka badań

Do badań zużycia węzłów kinematycznych wytypowano dwie kosiarki rotacyjne: czterobębnową RzS-160 (rys. 1) po 224 godzinach eksploatacji i dwubębnową Z-070 (rys. 7) po 180 godzinach pracy. Oce-

1. Introduction

Agricultural machines that are mostly driven by the power take-off shaft of the tractor (WOM) as well as self-propelled machines need to have the wear of the systems transmitting a turning moment and their bearings controlled.

The application of one of the simplest methods such as vibroacoustics seems to be hindered due to the constructional features and mobility of agricultural machines [4, 5].

Thus the non-contact methods such as thermovision diagnosis [3] acquire great importance. A non-specific distribution of the temperature of the technical object both at the initial and full phase of its operation allows to draw the conclusions whether the construction is proper, the materials applied have any defects, there are any assembly faults and to what extent it is worn out [1].

The aim of the paper is to present the results on the studies on technical conditions of the rotary mowers with the application of two methods: thermovision and vibroacoustics.

2. Methods

The studies on the wear of kinematic pairs were carried out on the RzS-160 four-barrelled (Fig. 1) and Z-070 two-barrelled rotary mowers (Fig. 7) after 224 hours and 180 hours of their operation, respectively.

nie zużycia poddano przekładnie zębate stożkowe i łożyska bębnowe roboczych. Dla oceny zużycia przekładni zębatych na powierzchni ich pokryw zainstalowano czujniki przemieszczeń amplitud drgań połączone z miernikiem Vibscanner.

Wirujące bębny robocze kosiarek uniemożliwiły montaż akcelerometrów w bezpośrednim sąsiedztwie łożysk bębnowe i wykonanie takich pomiarów.

Na powierzchniach bębnowe roboczych dokonano więc rejestracji rozkładów temperatur kamerą termowizyjną Thermovision 550 przed uruchomieniem WOM-u oraz przy pracy bębnowe z prędkością nominalną. Rejestrację i akwizycję sygnału prowadzono do czasu ustabilizowania się temperatur po 30 minutach [2].

3. Wyniki badań

Celem diagnostyki maszyn rolniczych może być ocena ich stanu technicznego w rocznym cyklu eksploatacji a także przed i po obsłudze technicznej przy użytkowaniu okresowym. W przypadku kosiarek rotacyjnych napędzanych za pośrednictwem WOM podstawowym zespołem wymagającym częstej kontroli jest układ przenoszenia momentu obrotowego: wałki i stożkowe koła zębate oraz łożyskowanie bębnowe roboczych.

Na rysunkach 2a i 3a przedstawiono rozkład temperatur na bębnach badanej kosiarki czterobębnowej przed uruchomieniem napędu WOM wynosiła ona od 26,5 do 26,7 °C. Rys. 2b i 3b przedstawiają termogramy dla kosiarki RzS-160 po około 30 min pracy bębnowe kosiarki i wynosiła od 29,1 do 33,7 °C. Termogramy pokrywy kół zębatych stożkowych układu napędowego omawianej kosiarki pokazano na rys. 6a przed uruchomieniem WOM i po 30 min pracy na rys. 6b.

Na rysunkach 7b i 7c pokazano termogramy i profile temperatury przed uruchomieniem kosiarki dwubębnowej Z-070 i po 12 min pracy.

Rysunki 5 i 8 przedstawiają widma drgań bębnowe badanych kosiarek rotacyjnych.

Wyniki pomiarów (termogramy i wartości skuteczne drgań) oraz analiza laboratoryjna oporów ruchu poszczególnych bębnowe (po ich rozprężeniu) wykazały, że istnieje silna dodatnia korelacja między oporami obracania bębnowe roboczych a przyrostem temperatury bębna w okolicy łożyska kulkowego piasty (rys. 4) co wskazuje na możliwości zamiennego stosowania metod wibroakustycznej i termografii.

The wear of bevel gears and working barrels' bearings was assessed. The sensors to register relocation of vibration amplitudes linked with the Vibscanner meter allowed to estimate the wear of bevel gears and were installed on their covers.

The rotating working barrels of the mowers made it impossible to mount accelerometers directly next to the barrel bearings and carry out such measurements.

Thus the temperature distributions were registered on the working barrels' faces by using the Thermovision 550 camera. It was done twice: before activating of the power take-off shaft and when the barrels were operating at the nominal speed. Registration and acquisition of the signal was conducted until the temperatures stabilised after 30 minutes [2].

3. Results

The aim of the diagnosis of agricultural machines is to assess their technical conditions both in a one-year cycle of operation as well as before and after each periodical use. The basic unit of the rotary mowers driven by the power take-off shaft that needs to be controlled frequently is the system of turning moment transmission: rollers and bevel gears as well as bearings of the working barrels.

Figures 2a and 3a show a distribution of temperatures on the barrels for the four-barrelled rotary mower. Before the power take-off shaft (WOM) was activated the temperatures had varied from 26.5 to 26.7 °C. The thermograms for the RzS-160 mower after ca. 30 minutes of barrels' operation are presented in Figures 2b and 3b. In this case the temperature ranged from 29.1 to 33.7 °C. Figures 6a and 6b indicate the thermograms for the bevel gears' cover of the power transmission system for the discussed mower before the activation of WOM and after 30 minutes of operation, respectively.

The thermograms and temperature profiles before the activation of the Z-070 two-barrelled rotary mower and after 12 minutes of operation appear in Figures 7b and 7c.

Figures 5 and 8 show the vibration spectra of the rotary mowers' barrels.

The results of measurements (thermograms and root-mean-square values of vibrations) as well as laboratory analysis of resistance to motion of particular barrels (after their expansion) proved that there is a strong positive correlation between the rotation resistance of the working barrels and the increase of barrel temperature in the vicinity of ball bearing of the hub (Fig. 4). Such a situation indicates that both methods: vibroacoustics and thermography might be applied one instead of the other.

4. Wnioski

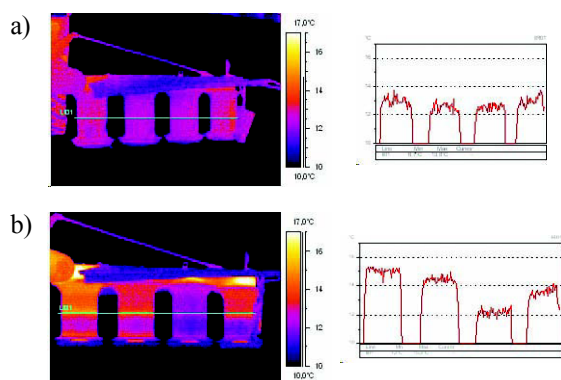
1. Bębny robocze osłaniające łożyska toczne zdadne do dalszej eksploatacji zachowują równowagę cieplną w temperaturze od 30°C do 35°C, a czas ich nagrzewania w zakresie temperatur 25°C, 34°C wynosi powyżej 300 s.
2. Nie zaobserwowano natomiast statystycznie istotnego związku między oporami ruchu bębnow a poziomem drgań mierzonych na stałej obudowie kół zębatych.
3. Przedstawione wyniki wskazują na niski poziom zużycia węzłów kinematycznych badanych kosiarek i potwierdzają możliwość ich dalszej beznaprawowej eksploatacji.
4. Przeprowadzone badania pilotowe na maszynach rolniczych potwierdziły przydatność termografii w diagnostyce stanu technicznego węzłów kinematycznych, zwłaszcza niedostępnych dla diagnostyki drganiowej.

4. Conclusions

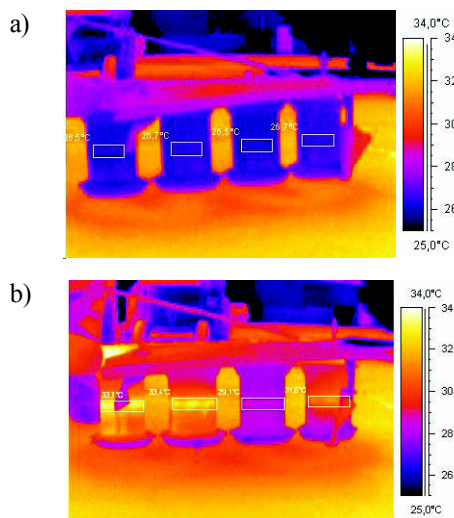
1. The working barrels protecting the rolling bearings that are fit for further operation maintain thermal equilibrium when the temperature varies from 30°C to 35°C, and their warm-up time within the temperature range of 25°C ÷ 34°C is above 300 s.
2. There was no statistically significant correlation between resistance to motion of the barrels and the level of vibrations measured on the immovable shell of bevel gears.
3. The results indicate that the wear level of mowers' kinematic pairs is low and confirm that there is a potential for their further operation with no repairs.
4. The pilot studies carried out on agricultural machines have certified the suitability of thermography as a system to diagnose technical conditions of kinematic pairs. It can be applied especially for the pairs, which are not available for the vibration diagnosis.



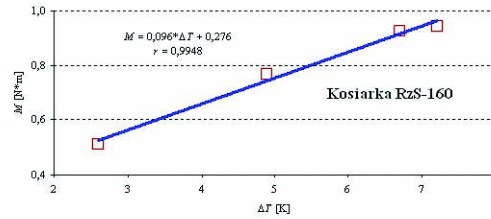
Rys. 1. Kosiarka rotacyjna czterobębnowa RzS-160
Fig. 1. RzS-160 four-barrelled rotary mower



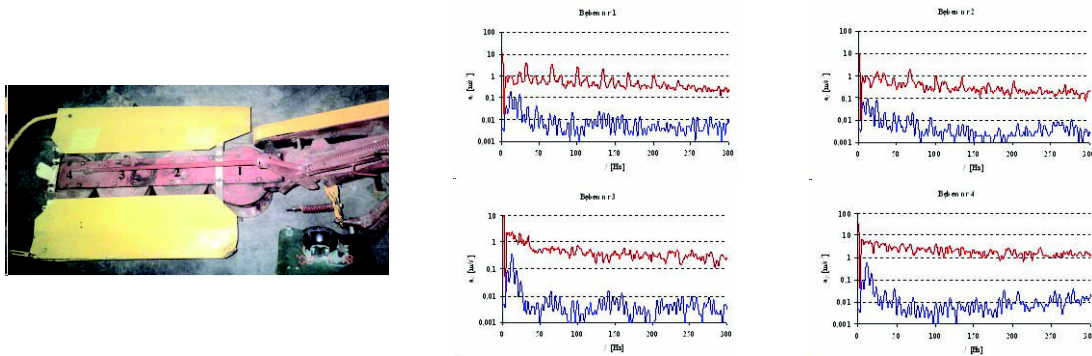
Rys. 2. Termogram i profil temperaturowy kosiarki RzS-160 przed uruchomieniem (a) i 25 min po uruchomieniu wałka odbioru mocy (b)
Fig. 2. Thermogram and temperature profile of the RzS-160 mower before the activation of the power take-off shaft (a) and 25 minutes after having set it working (b)



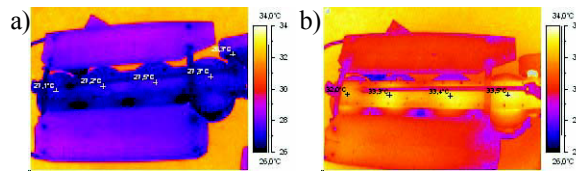
Rys. 3. Termogramy kosiarki RzS-160 przed uruchomieniem (a) i po 30 minutach pracy (b). Określono maksymalne temperatury w zaznaczonych prostokątnych obszarach powierzchni bębnow
Fig. 3. Thermograms of the RzS-160 mower before the activation (a) and after 30-minute operation (b). Maximum temperatures were assessed within the marked rectangular areas of the barrels' faces



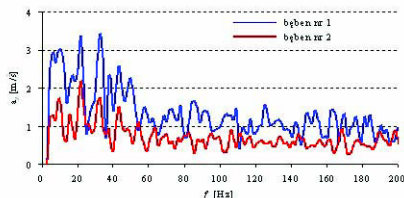
Rys. 4. Współzależność wielkości maksymalnej momentu obrotowego bębna roboczego [N×m] oraz przyrostu temperatury powierzchni bębna w okolicy łożyska kulowego piasty
 Fig. 4. Correlation between the maximum value of the working barrel's turning moment [N×m] and the temperature increase of the barrel face next to the ball bearing of the hub



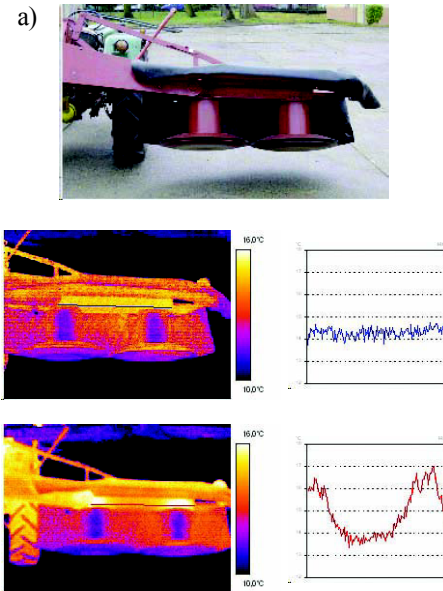
Rys. 5. Porównanie widm drgań bębnow kosiarki RzS-160 przy wyłączonym (linia niebieska) i włączonym wałku odbioru mocy (linia czerwona)
 Fig. 5. Comparison between the spectra of barrels' vibration of the RzS-160 mower when the power take-off shaft is switched off (blue line) and switched on (red line)



Rys. 6. Termogramy pokrywy kół zębatach stożkowych układu napędowego kosiarki RzS-160 przed uruchomieniem (a) i po 13 minutach pracy (b)
 Fig. 6. Thermograms of the bevel gears' covers of the transmission system before the activation (a) and after 13 minutes of operation (b) (RzS-160 rotary mower)



Rys. 8. Widmo drgań bębnow kosiarki Z-070 przy włączonym wałku odbioru mocy
 Fig. 8. The spectrum of barrels' vibration with the power take-off shaft switched on (Z-070 rotary mower)



Rys. 7. Kosiarka rotacyjna dwubębnowa Z-070 (a) oraz termogram i profil temperatury przed uruchomieniem (b) i po 12 min (c)
 Fig. 7. The Z-070 two-barrelled rotary mower (a), thermogram and temperature profile before the activation (b) and after 12 minutes of operation (c)

5. References

- [1] Cholewa W., Moczulski W.: *Diagnostyka techniczna maszyn. Pomiar i analiza sygnałów*. Skrypty uczelniane Politechniki Śląskiej nr 1758, Gliwice 1993.
- [2] Dudek K.: *Termography as a Diagnosing Systems*. Systems, 1998. Vol. 3, No 2.
- [3] Michalski R. i inni: *Badania charakterystyk eksploatacyjnych i niezawodnościowych kombajnów zbożowych w sezonie agrotechnicznym*. Sprawozdanie ART. Olsztyn, IMUR, Olsztyn 1986.
- [4] Niziński S., Michalski R.: *Diagnostyka obiektów technicznych*. Wydawnictwo Instytutu Eksploatacji. Warszawa-Sulejówek-Olsztyn-Radom, 2002.
- [5] Żółtowski B.: *Podstawy diagnostyki maszyn*, Wyd. ATR, Bydgoszcz, 1996.

Prof. dr hab. inż. Jan BANASIAK

Dr inż. Jerzy BIENIEK

Zakład Eksploatacji Maszyn Rolniczych

Instytut Inżynierii Rolniczej

Akademia Rolnicza we Wrocławiu

Ul. Chelmońskiego 37/41, 51-630 Wrocław

tel. 071-3205721, tel/fax 3482486,

banasiak@imr.ar.wroc.pl

bieniek@imr.ar.wroc.pl

Dr inż. Krzysztof DUDEK

Instytut Konstrukcji i Eksploatacji Maszyn

Politechnika Wrocławska

Ul. I. Łukasiewicza 7/9, 50-371 Wrocław

tel. 071-3202674, tel/fax 3227645,

kd@zind.ikem.pwr.wroc.pl
