

## WPLYW RZECZYWISTEGO ZARYSU LISTWY CEPOWEJ BĘBNA MŁÓCĄCEGO NA ZMIANĘ SZCZELINY OMŁOTOWEJ

*Grzegorz Basista, Bogusław Cieślukowski*

Katedra Mechaniki Technicznej, Akademia Rolnicza, ul. Balicka 104, 30-144 Kraków  
e-mail: gbasista@poczta.onet.pl

**Streszczenie.** Deformacja listew bębna młócającego kombajnu zbożowego została określona w odniesieniu do wyznaczonej masy niewyważenia dynamicznego. Wyniki pomiarów stanowią podstawę opracowania zasad wnioskowania diagnostycznego odnośnie wielkości ugięcia listwy cepa i zmiany szczeliny omłotowej. Zainstalowanie przetworników drgań na oprawach łożysk bębna młócającego daje możliwość ciągłego dozoru deformacji bębna przez komputer pokładowy kombajnu.

**Słowa kluczowe:** niewyrównoważenie statyczne i dynamiczne, masa kalibrująca, bęben młócający

### WSTĘP

Powiększanie przepustowości kombajnu zbożowego prowadzi do zwiększenia grubości warstwy zboża podawanego do omłotu. Siły promieniowe i osiowe działające wówczas na bęben młócający powodują odkształcenia promieniowe cepów. Deformacja cepów zmniejsza siłę ich uderzenia, a w rezultacie zmienia się częstotliwość i amplituda wymuszonych drgań warstwy młócającej. Zaistniały stan jest przyczyną wzrostu strat ilościowych ziarna w procesie omłotu. Deformacja listew cepów oprócz kwestii strat ilościowych ziarna wywołuje nadmierne prędkości drgań wału przyczyniając się do uszkodzeń łożysk bębna. Przeprowadzone pomiary wyrównoważenia bębnów młócających kombajnów zmodyfikowaną metodą IRD [1] dały podstawę opracowania metody wnioskowania diagnostycznego odnośnie wielkości ugięcia cepów i zmiany szczeliny omłotowej na podstawie sygnału niewyważenia. Identyfikacja masy niewyważenia z pozycjonowaniem obwodowym listew cepów umożliwiła wyznaczenie deformacji listew w zależności od ich położenia na bębnie młócającym. Estymacja sygnału drganiowego oraz dobór przetworników drgań montowanych na oprawach łożysk

bębna umożliwi realizację systemu diagnostyki pokładowej kombajnu poszerzonej o funkcję ciągłego dozoru stanu technicznego bębna młócacego.

## MATERIAŁ I METODA

### Pomiary niewyważenia i analiza dynamiczna procesu

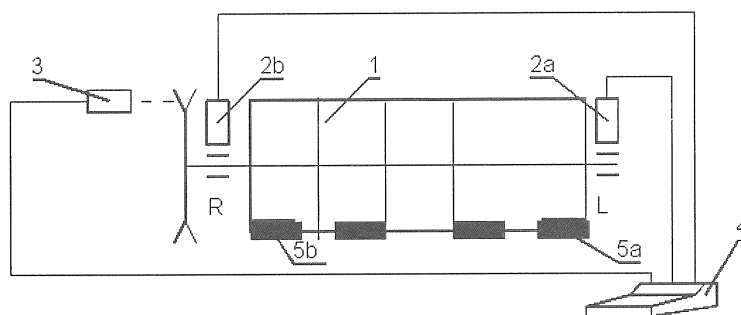
Wartości amplitudy rezonansowej pierwszej harmonicznej, pochodzące od niewyważenia bębna młócacego stanowią dane wyjściowe do oceny deformacji listew. Pomiar drgań na łożyskowaniu bębna związany jest z rejestracją i obróbką wielu sygnałów drganiowych. Obliczanie wielkości niewyważenia metodą IRD odbywa się wg zaprogramowanych procedur opartych na algorytmach wnioskowania diagnostycznego, z wykorzystaniem metod sztucznej inteligencji, zwłaszcza logiki rozmytej i sztucznych sieci neuronowych. Ocena amplitudowa procesu zakłada, że amplituda drgań łożyska bębna jest wprost proporcjonalna do wielkości niewyważenia zlokalizowanego w płaszczyźnie korekcji położonej w pobliżu tego łożyska. Stosuje się jedno uruchamianie wstępne i dwa uruchomienia z masą próbną przyjmując istniejący sposób podparcia i prędkości eksploatacyjne wału bębna młócacego.

Amplituda drgań reprezentuje wielkość niewyważenia, przez co zakładany jest liniowy charakter opisu modelu niewyważenia. Dobór masy próbnej stanowi zwykle jeden z podstawowych problemów procedury pomiarowej wyważenia. Masa próbna nie może być zbyt mała, gdyż wtedy nie występują zauważalne zmiany amplitudy drgań – natomiast zbyt duża masa prowadzi do możliwości przejścia charakterystyki drgań poza zakres liniowy. Procedura firmy IRD Mechanalysis Ltd. [3] zaleca przyjęcie takiej masy, która przy eksploatacyjnej prędkości wału spowodowałaby na łożysku siłę niewyważenia równą 1/10 części ciężaru wirnika spoczywającego na tym podparciu. Ze względu na potrzebę ograniczenia wpływu niewyważenia dynamicznego bębna młócacego powodowanego zainstalowaniem masy kalibracyjnej wprowadzono modyfikację procedury pomiarowej IRD dokonując podziału mas mocowanych do wewnętrznych płaszczyzn sąsiednich segmentów listew cepowych. Rozdzielone masy kalibracyjne zostały zamontowane w wyznaczonych analitycznie płaszczyznach korekcji niewyważenia z rozróżnieniem pozycjonowania dla skrajnych i środkowych segmentów listew cepowych.

Proces pomiarowy przebiegał z wykorzystaniem analizatora wyważenia – model 246 firmy IRD pozwalający na ocenę strefową wielkości niewyważień.

Wyposażenie stanowił czujnik drgań – model 544, fotosonda – 21000 wraz z uchwytem magnetycznym oraz program komunikacyjny z PC.

Zakres pomiarów diagnostycznych obejmował ocenę wyważenia bębna młócacego kombajnów DEUTZ FAHR M34.80 i JOHN DEERE 740. Układ pomiarowy wyrównoważenia bębna młócacego kombajnu przedstawiono na rysunku 1.



**Rys. 1.** Układ pomiarowy niewyważenia bębna młócacego kombajnu:

1 – bęben młócający, 2a,b – przetworniki drgań strony lewej i prawej łożyskowania bębna, 3 – fotometryczny nadajnik prędkości obrotowej bębna młócacego, 4 – analizator drgań, 5a,b- masy kalibracyjne podzielone pomiędzy segmentami środkowymi i skrajnymi bębna.

**Fig. 2.** System for measuring unbalance of threshing drum in a combine harvester: 1 – threshing drum, 2a,b – vibration transducers at left and right sides of drum bearing, 3 – photometric rotary speed emitter of threshing drum, 4 – vibration analyzer, 5a,b – calibrating weights divided into central and lateral drum segments

### Analiza odkształcenia plastycznego listwy cepowej

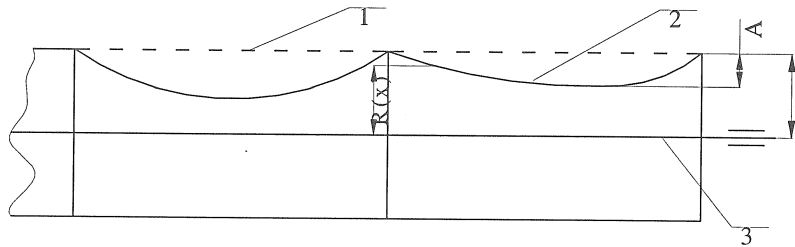
Odkształcenie plastyczne listwy cepowej opisano zgodnie z zasadami teorii nośności granicznej przyjmując rozwiązanie statyczne odnośnie warunków powstawania przegubów plastycznych. Węzłowym zagadnieniem jest wyznaczenie położenia przekroju krytycznego w zginanej listwie cepowej przyjmując obciążenie liniowe listwy. Położenia ekstremów ugięć odniesione do długości belki cepowej przęseł skrajnych i środkowych wyznaczają płaszczyznę korekcji w procesie wyważenia. Przeguby plastyczne tworzą się w strefie utwierdzenia listwy cepowej od strony przestrzennej konstrukcji podparcia sąsiednich segmentów cepowych oraz od strony utwierdzenia skrajnej tarczy cechującej się stosunkowo dużą podatnością. Maksimum ugięcia listwy w środkowych strefach bębna młócacego występuje w połowie obciążonego przęsła, a w strefach bocznych ekstrema są oddalone o wartość z wynoszącą 0,41 długości przęsła  $L$  [2].

Deformacje listew cepowych bębna młócacego  $R(x)$ , wg schematu na rysunku 2, opisano wielomianem drugiego stopnia:

$$\text{– dla przęseł wewnętrznych} \quad R(x) = \frac{4A}{L^2}x^2 - \frac{4A}{L}x + R \quad (1)$$

$$\text{– oraz dla przęseł skrajnych} \quad R(x) = \frac{A}{Lz - z^2}x^2 - \frac{AL}{Lz - z^2}x + R, \quad (2)$$

gdzie:  $A$  – odkształcenie listwy cepowej względem promienia bębna  $R$ .



**Rys. 2.** Schemat odkształcenia postaciowego w funkcji długości cepa: 1 – stan wyjściowy belki cepowej, 2 – stan odkształcenia belki cepowej, 3 – wał

**Fig. 2.** Non-dilatational strain in dependence of length of beater slat: 1 – initial state of beater slat, 2 – deflection state of beater slat, 3 – shaft

Maksymalne odkształcenia  $A_{max}$  listwy cepowej w funkcji niewyrównowazenia określonego na łożyskach bębna młócacego wynosi [2]:

$$A_{max} = \frac{6m_k e_k (Lz - z^2)}{mL^2}, \quad (3)$$

gdzie: promień korekcyjny  $e_k$  dla masy niewyważenia  $m_k$  przyjęto jako równy promieniowi bębna  $R$ , wynikający z zamocowania segmentu listwy o masie  $m$ .

Znając funkcję opisującą odkształcenia postaciowe listew cepowych bębna młócacego można określić pole przekroju szczeliny omłotowej  $P$ . Wielkość pola powierzchni deformacji listew cepowych bębna młócacego dla zadanych funkcji odkształceń przęseł wewnętrznych przyjmuje postać:

$$P_{II-v} = 2 \frac{m_k e_k L}{m} \quad (4)$$

oraz dla przęseł skrajnych:

$$P_{l-vl} = 16 \frac{m_k e_k (Lz - z^2)}{mL} \quad (5)$$

Całkowity przyrost pól odkształceń  $P_c$  listwy cepowej jest sumą pól jednostkowych odkształceń poszczególnych przęseł bębna młócacego:

$$P_c = 2 \frac{m_k e_k (8(Lz - z^2) + L^2)}{mL} \quad (6)$$

Wyznaczona wielkość odkształcenia plastycznego belki cepowej zmienia wartość szczeliny między klepiskiem a cepem bębna młócacego. Wyniki pomiarów niewyrównoważeń strefowych bębnow młócających oraz obliczonych wartości przyrostu względnego powierzchni przekroju szczelin omłotowych dla wstępnej regulacji szczeliny wylotowej równej 10 mm zestawiono w tabeli 1.

**Tabela 1.** Wartości niewyważenia bębnow młócających kombajnów  
**Table 1.** Values of unbalances of the threshing drums in combine harvester

Typ kombajnu	Rotary speed (obr·min <sup>-1</sup> )	L		R		L		R		L	
		Masa niwyw Calibrating mass (g)	Kąt fazowy Phase angle (deg)	Masa niwyw Calibrating mass (g)	Kąt fazowy Phase angle (deg)	Masa niwyw Calibrating mass (g)	Nr cepa bębna No. of beater slat	Masa niwyw Calibrating mass (g)	Nr cepa bębna No. of beater slat	Wzgl przyrost Rel gain in deflection area	Wzgl przyrost Rel gain in deflection area
JD						420	4	520	4	85,0	87,3
740	756	450	189	525	234	40	5	15	5	35,0	16,5
DF						305	2	290	2	80,0	79,3
M34	1180	770	341	711	309	480	1	465	1	86,4	86,0

Wyznaczenie strefowych płaszczyzn korekcji w dokonanej modyfikacji procedury pomiarowej IRD pozwala na wskazanie w każdej strefie podparcia listew cepowych przyrostu względnego pola przekroju szczeliny omłotowej. Można wskazać najbar-dziej zdeformowane listwy, jak np. listwa nr 1 dla skrajnych przęseł bębna kombajnu DEUTZ FAHR – 86% przyrostu pola przekroju szczeliny, jak również ocenić ogólny stan deformacji listew. W przytoczonym przykładzie bębna

wykazuje silną deformację dwóch listew cepowych na całej długości bębna, co wyznacza konieczność dokonania napraw bieżących bębna, gdyż dalsza eksploatacja kombajnu w tym stanie może być przyczyną nadmiernych strat ilościowych ziarna.

#### WNIOSKI

1. Przedstawiony model analityczny daje podstawy opracowania zasad wnioskowania diagnostycznego odnośnie dopuszczalnych wielkości deformacji całych listew cepowych bębna młócacego na podstawie estymacji sygnału drgań odbieranych w strefie opraw łożysk bębna młócacego.

2. Modyfikacja metody IRD polegająca na wyznaczeniu strefowych płaszczyzn korekcji niewyważenia pozwoli na wskazanie zdeformowanej listwy cepowej na bębnie młócającym i wyznaczenie względnego przyrostu pola przekroju szczeliny omłotowej powodowanego przez tę deformację.

#### PIŚMIENNICTWO

1. **Basista G., Cieślikowski B., Kaczorowski J.:** Wyznaczenie deformacji bębna młócacego kombajnu na podstawie sygnału niewyważenia. Inż. Roln., 6, 131-136, 2003.
2. **Basista G., Cieślikowski B., Kaczorowski J.:** Estymacja sygnału korekcyjnego strat ilościowych ziarna w odniesieniu do deformacji bębna młócacego. Acta Agrophysica, 83, 5-11, 2003.
3. Materiały inf.: Metric machinery vibration severity chart. IRD Mechaanalysis LTI, 1998.

#### INFLUENCE OF TRUE CONTOUR OF BEATER SLAT OF THRESHING DRUM ON CHANGE OF THRESHING GAP

*Grzegorz Basista, Bogusław Cieślikowski*

Department of Agricultural Engineering, University of Agriculture  
ul. Balicka104, 30-144 Kraków

**Abstract.** In work deformation of threshing drum in a combine harvester was determined basing on a signal of dynamic imbalance. The measured values of imbalance and their angles using the IRD technique enabled identification of imbalance signal with circumferential positioning of a deformed beater slat. Thus, a basis was established to formulate the rules of diagnostic interference concerning the extent of beater slat deflection and the change of the threshing gap. Installed vibration transducers on drum thresher give a possibility to continuous control of drum deformation at a housing a deck computer of combine harvester.

**Key words:** static and dynamic imbalance, calibrating mass, threshing drum