

ESTYMACJA SYGNAŁU KOREKCYJNEGO STRAT ILOŚCIOWYCH ZIARNA W ODNIESIENIU DO DEFORMACJI BĘBNA MŁÓCĄCEGO

G. Basista, B. Cieślowski, J. Kaczorowski

Katedra Mechaniki Technicznej, Akademia Rolnicza, ul. Balicka 104 30-144 Kraków

Streszczenie. Deformacja bębna młócającego kombajnu zbożowego została określona na podstawie sygnału niewyważenia dynamicznego. Przeprowadzone pomiary wielkości niewyważenia i ich kątów fazowych metodą IRD umożliwiły identyfikację sygnału z pozycjonowaniem obwodowym zdeformowanej listwy cepa młócającego. Wyniki pomiarów stanowiły podstawę opracowania zasad wnioskowania diagnostycznego odnośnie wielkości ugięcia listwy cepa i zmiany szczeliny omłotowej.

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

WSTĘP

Pomiar wyrównoważenia bębna młócającego kombajnu metodą IRD umożliwił dokonanie identyfikacji niewyważenia z pozycjonowaniem obwodowym listew cepów [4]. Opracowano metodykę wnioskowania diagnostycznego odnośnie wielkości ugięcia cepów i zmiany szczeliny omłotowej na podstawie sygnału niewyważenia. Siły promieniowe i osiowe działające na bęben młócający powodują odkształcenia promieniowe cepów. Wpadnięcie kamieni w szczelinę omłotową jest przyczyną poważnych deformacji bębna młócającego. Stan ten pogłębia tendencja do powiększania przepustowości kombajnu zbożowego, prowadząc do zwiększenia grubości warstwy zboża podawanego do omłotu. Deformacja cepów zmniejsza siłę ich uderzenia, a w rezultacie zmienia się częstotliwość i amplituda wymuszonych drgań warstwy młócającej. W wyniku tych zmian rosną straty ilościowe w procesie omłotu. Deformacja listew cepów, oprócz kwestii strat ilościowych ziarna, wpływa na przenoszone drgań na wszystkie elementy zespołu młócającego, przyczyniając się do skrócenia przewidzianych okresów między-naprawczych.

POMIAR WYRÓWNOWAŻENIA BĘBNA MŁÓCĄCEGO METODĄ IRD

Wprowadzenie techniki pomiarowej IRD [2] z wykorzystaniem programów komputerowych umożliwiło połączenie przez interfejs zmultipleksowanych sygnałów i kierowania ich do centralnego mikroprocesora pomiarowego wyposażonego w moduł pamięci wnioskowania diagnostycznego. Obliczenia wielkości niewyważenia odbywają się wg zaprogramowanych procedur opartych na algorytmach wnioskowania diagnostycznego. Wykorzystywane w procesie oceny niewyważenia skomputeryzowane i oprogramowane systemy diagnostyczne IRD oparte są na zastosowaniu przenośnych analizatorów drgań. Analizator wyposażony jest w tachometr laserowy do zdalnego pomiaru kąta fazowego wraz z programem do jedno- i wielopłaszczyznowego wyważania. W procesie pomiarowym dokonywany jest pomiar drgań i kąta fazowego przy istniejącym niewyważeniu odniesiony do dwóch uruchomień bębna z masami kalibracyjnymi. Wprowadzenie do pamięci operacyjnej promienia bębna młócającego i pozycjonowania cepów bębna znacznikiem optycznym pozwala na dokonanie identyfikacji wielkości niewyważenia w zadanym podziale pozycjonowania cepów bębna.

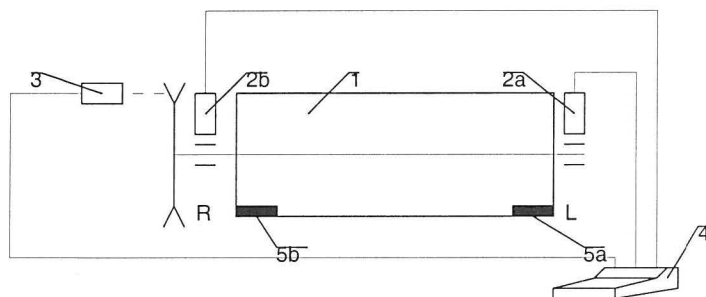
Zakres pomiarów diagnostycznych obejmował ocenę wyważenia bębna młócającego kombajnów DEUTZ FAHR M34.80 i JOHN DEERE 740 (Tab. 1). Układ pomiarowy wyrównoważenia bębna młócającego kombajnu przedstawiono na Rys. 1.

Przykładowe pomiary mas niewyważenia bębna kombajnu JOHN DEERE wynoszące 450 g strony lewej dla kąta fazowego 185° i 525 g dla kąta fazowego 234° zidentyfikowane zostały z niewyważeniem wynikającym z deformacji cepa: nr 4 dla masy odpowiednio 420 g i 520 g. Stosując ogólne kryteria IRD Mechaanalysis dotyczące poziomów prędkości drgań dla dokonania oceny stopnia zagrożenia drganiami badanych bębnow młócających, należy stwierdzić, że w obu przypadkach stan dynamiczny można zaklasyfikować jako „drgania niszczące”[3].

Przeprowadzone pomiary niewyważenia bębnow młócających kombajnów metodą IRD pozwalają na dokonanie oceny wyrównoważenia w odniesieniu do deformacji cepów bębna [4]. Przedstawiony proces pomiarowy daje podstawy do dalszych analiz, które mają na celu wyznaczenie wielkości ugięcia cepów bębna w odniesieniu do zaistniałego niewyważenia oraz wyznaczenia zakresu zmian nastawu szczeliny między bębniem a klepiskiem.

Tabela 1. Wartości niewyważen bębnow młocących kombajnów
Table 1. Values of unbalances of the threshing drums in combine harvester

Typ kombajnu	Obr. bębna [obr·min ⁻¹]	L		R		L		R		L		R	
		Prędkość drgań	Kąt fazowy	Prędkość drgań	Kąt fazowy	Masa niewyważ	Kąt fazowy	Masa niewyważ	Kąt fazowy	Masa niewyważ	Nr. Cepa bębna	Masa niewyważ	Nr. Cepa bębna
JD										420	4	520	4
740	756	7,60	45,5	9,43	52,4	450	189	525	234	40	5	15	5
DF										305	2	290	2
M34	1180	10,1	116,5	14,4	102	770	341	711	309	480	1	465	1

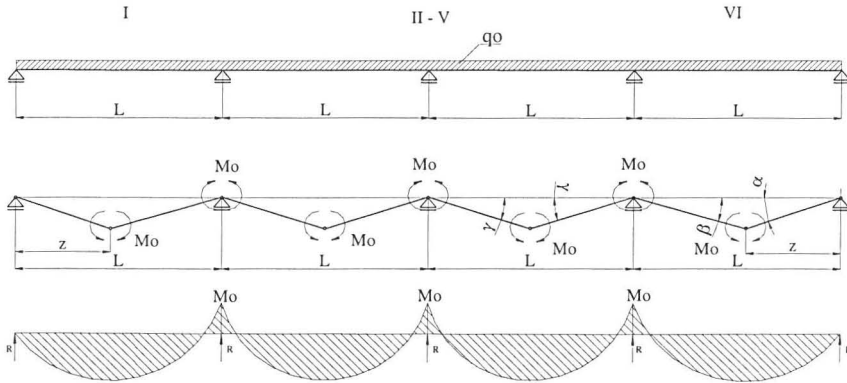


Rys. 1. Układ pomiarowy niewyważenia bębna młocącego kombajnu: 1-bęben młocący, 2 a,b - przetworniki drgań strony lewej i prawej łożyskowania bębna, 3 - fotometryczny nadajnik prędkości obrotowej bębna młocącego, 4 - analizator drgań, 5a,b - masy kalibrujące montowane na wewnętrznej powierzchni cepa.

Fig. 1. System of measuring the unbalance of threshing drum in a combine harvester: 1 - threshing drum, 2 a,b - vibration transducers on left and right side of drum bearing, 3 - photometric rotary speed emitter of threshing drum, 4 - vibration analyses, 5 a,b - calibrating weights mounted on internal beater surface.

ANALIZA ODKSZTAŁCENIA PLASTYCZNEGO LISTWY CEPOWEJ

Odształcenie plastyczne listwy cepowej opisano zgodnie z zasadami teorii nośności granicznej [1] przyjmując rozwiązanie kinematyczne odnośnie warunków powstawania przegubów plastycznych. W stanie granicznym odkształcenia plastyczne w przegubach są nieporównywalnie większe od odkształceń sprężystych pozostałych elementów konstrukcji. Dlatego możemy traktować układ jako sztywno-plastyczny łańcuch kinematyczny tzn. utworzony z elementów praktycznie nieodkształcalnych (sztywnych) połączonych przegubami plastycznymi.



Rys. 2. Stan graniczny belki cepowej – wykres momentów zginających dla układu sprężysto-plastycznego.

Fig. 2. Limiting state of beater slat – diagram of bending moment for elastic and plastic range.”

Przeguby plastyczne w środkowych strefach bębna młócacego pojawiają się w połowie obciążonego przęsła, a w strefach bocznych są oddalone o wartość „ z ” wynoszącą:

$$x_{A_{max}} = z = 0,41L \quad (1)$$

gdzie: L - długość przęsła listwy cepowej.

Deformacje listw cepowych bębna młócacego przedstawione schematycznie na Rys. 3, opisano wielomianem stopnia drugiego.

Dla przęsła II – V deformację listw cepowych opisuje funkcja:

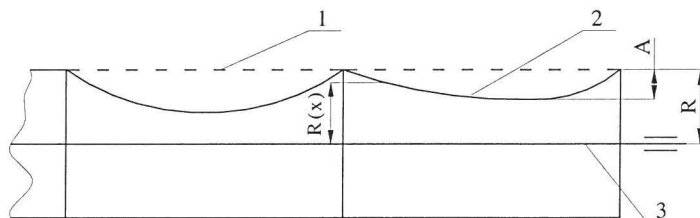
$$R(x) = \frac{4A}{L^2}x^2 - \frac{4A}{L}x + R \quad (2)$$

zaś dla przęsła skrajnych I i VI:

$$R(x) = \frac{A}{Lz - z^2}x^2 - \frac{AL}{Lz - z^2}x + R \quad (3)$$

gdzie: A – strzałka ugięcia przęsła listwy cepowej, R – promień bębna młócacego.

Znając funkcję opisującą odkształcenia postaciowe listew cepowych bębna młocącego można określić pole przekroju szczeliny omłotowej. Przyrost szczeliny omłotowej dokonano na wylocie młocarni, której wielkość ma decydujące znaczenie na wielkość niedomłotu.



Rys. 3. Schemat odkształcenia postaciowego w funkcji długości cepa. 1 - stan wyjściowy belki cepowej; 2 - stan odkształcenia belki cepowej; 3 - wał.

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

Wielkość pola powierzchni szczeliny omłotowej dla zadanych funkcji odkształceń przęseł II - V przyjmuje postać:

$$P = \frac{8}{3}AL \quad (4)$$

dla I i VI:

$$P = \frac{AL^3}{3(Lz - z^2)} \quad (5)$$

Całkowity przyrost pól szczeliny omłotowej jest sumą pól jednostkowych odkształceń poszczególnych przęseł bębna młocącego:

$$P_c = \frac{8}{3}AL + \frac{AL^3}{3(Lz - z^2)} \quad (6)$$

Obserwacje dotyczące zużycia listew cepowych bębnow młocących kombajnu zbożowego John Deere 740 wykazały odkształcenia 1-2 mm. Odnosząc wielkość pola szczeliny po odkształceniu do wartości pola szczeliny nominalnej, określono procentowy przyrost pola szczeliny omłotowej, wynosi ono:

$$P_w = 50 - 115\%$$

WNIOSKI

- 1 Przedstawiony model analityczny wykazał możliwość wnioskowania diagnostycznego odnośnie ugięcia listew cepów bębna młócającego na podstawie sygnału niewyważenia odbieranego w strefie opraw łożysk tocznych bębna.
- 2 Przyjmując model odkształcenia plastycznego listew segmentów bębna młócającego możliwe jest dokonanie porównań nastawu szczeliny omłotowej z rzeczywistą wartością, wynikającą, z deformacji listew cepów na pełnej długości bębna młócającego.
- 3 Przedstawiony model odkształcenia plastycznego listew wraz z uprzednio prezentowanym modelem ugięcia plastycznego skrajnych listew cepowych wskazuje na możliwość rozróżnienia przypadków deformacji bębna młócającego na podstawie sygnału niewyważenia.
- 4 W przypadku zainstalowania przetworników drgań na oprawach łożysk bębna młócającego istnieje możliwość ciągłej analizy deformacji bębna młócającego przez komputer pokładowy kombajnu w trakcie prac polowych.

PIŚMIENNICTWO

1. **Dyląg Z., Jakubowicz Z., Orłóś Z.:** Wytrzymałość materiałów. WNT, Warszawa, 1997.
2. Materiały inf.: „Metric machinery vibration severity chart”, IRD Mechaanalysis LTI, 1998.
3. Normy: PN-90/N-0153 „Drgania. Metody pomiarów i oceny drgań maszyn”. ISO-2372 „Dopuszczalne poziomy drgań”.
4. **Basista G., Cieślukowski B.:** Pomiar niewyważenia bębna młócającego kombajnu metodą IRD. Inżynieria Rolnicza, 6, 131-136, 2002.

ESTIMATION OF THE CORRECTIVE IMPULSE OF GRAIN LOSSES
IN COMPARISON WITH THRESHING DRUM STRAIN

G. Basista, B. Cieślukowski, J. Kaczorowski

Department of Technique Mechanics, University of Agriculture, ul. Balicka104 30-144 Kraków

Abstract. Measuring the unbalance of threshing drum in a combine harvester with the use of IRD processing procedure enabled the identification of unbalance with circumferential positioning of beater slat. Thus, a base was achieved to formulate the rules of diagnostic inference concerning the extent of beater deflection and the change of threshing gap.

Key words: static and dynamic unbalance, threshing drum, calibrating mass.