

MODELOWANIE RUCHU CZĄSTKI GRANULATU NAWOZOWEGO
PRZY UWZGLĘDNIENIU ZMIENNOŚCI PŁASZCZYZNY WIROWANIA
TARCZY ROZSIEWACZA

Grzegorz Basista, Bogusław Cieślikowski

Katedra Inżynierii Mechanicznej i Agrofizyki, Akademia Rolnicza
ul. Balicka 104, 30-149 Kraków
e-mail: cibogdan@poczta.onet.pl

Streszczenie. Przedmiotem publikacji jest wyznaczenie charakterystyk amplitudowo-częstotliwościowych nieliniowego układu odpowiadającemu zachowaniu się tarczy rozsiewacza nawozowego w trakcie punktowego podawania granulatu. Rozwiązanie tego zagadnienia stanowi podstawę dalszej analizy porównawczej modeli opisujących proces dynamiczny rozsiewacza. Przeprowadzone analizy wskazują na konieczność zainstalowania przetworników sygnału drganiowego w strefach opraw łożysk wału tarczy rozsiewacza w celu ciągłej kontroli stanu technicznego przekładni. Rozpoznane parametry drgań w strefie napędu tarczy posłużą do realizacji funkcji diagnostyki pokładowej jakości pracy maszyny.

Słowa kluczowe: drgania, rozsiewacz, model dynamiczny, charakterystyka amplitudowo-częstotliwościowa

WSTĘP

Zapewnienie maksymalnych plonów wymaga dostarczenia do gleby odpowiedniej ilości składników pokarmowych. W praktyce rolniczej poprawienie żyzności gleby wiąże się z dostarczeniem nawozów organicznych i mineralnych. W związku z tym, że nawozy organiczne i mineralne różnią się między sobą właściwościami fizyko-mechanicznymi konieczne jest stosowanie różnych typów maszyn do nawożenia. Maszyny te winny zapewniać dokładną ilość wysiewu nawozu oraz równomierność rozrzutu masy nawozowej. W rzeczywistości tarcze siewników nawozowych poddawane są działaniu drgań, wynikających z niewyrównoważenia tarczy poddanej punktowemu zasilaniu. Występowanie niewyrównoważenia powodującego zmianę płaszczyzny wirowania tarczy rozsiewacza

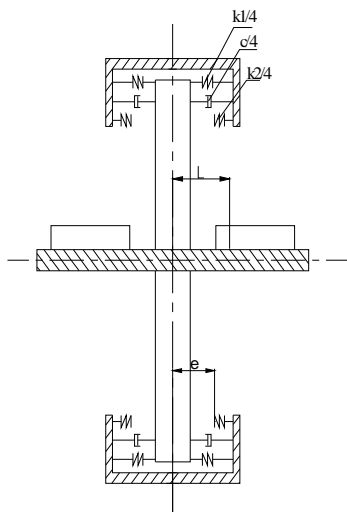
wraz z luzami eksploatacyjnymi łożyskowania przekładni kątowej rozsiewacza, ma wpływ na odmienne od założonego zachowania się cząstek masy nawozowej.

MATERIAŁ I METODA

Przedmiotem publikacji jest wyznaczenie charakterystyk amplitudowo-częstotliwościowych nieliniowego układu odpowiadającemu zachowaniu się tarczy rozrzutnika nawozowego w trakcie punktowego podawania granulatu. Rozwiązanie tego zagadnienia stanowi podstawę dalszej analizy porównawczej modeli opisujących proces dynamiczny rozsiewacza w przypadku:

- idealnego obrotu tarczy zgodnie z ustaloną płaszczyzną wirowania,
- ruchu precesyjnego wału tarczy wywołanego zmienną płaszczyzną wirowania tarczy jako wynik postępującego zużycia łożysk i zwiększenia luzów międzyzębnych przekładni.

W przedstawionym układzie wirującym (rys. 1) wprowadzono tłumienie wiskotyczne odpowiadające rzeczywistym warunkom pracy wału tarczy dla reduktora kątowego rozrzutnika napełnionego olejem przekładniowym [3]. Ponadto otrzymaną charakterystykę amplitudowo-częstotliwościową tarczy porównano z charakterystyką amplitudowo-częstotliwościową bez tłumienia w celu rozróżnienia dwóch różnych stanów dynamicznych obiektu [1,]. Ograniczenie tłumienia drgań odnosi się do przypadku pracy przekładni z nadmiernymi luzami w łożyskowaniu wywołującymi ruch precesyjny wału przy zmniejszającej się lepkości i gęstości oleju w czasie eksploatacji przekładni. Rozróżnienie stanu eksploatacyjnego przekładni: sprawnej i zna-



Rys. 1. Model układu dynamicznego wirującej tarczy rozsiewacza nawozowego

Fig. 1. Model of the dynamic system of the rotating disc of fertilizer spreader

cznie zużytej miało swe podstawy w porównaniu wyników pomiarów prędkości drgań korpusu przekładni miernikiem 811 IRD [2,5,6].

W przyjętym modelu zaznaczono środek masy wirnika M w czasie dozowania granulatu przesunięty o odcinek l w stosunku do osi obrotu 0 pokrywającej się z przyjętym układem współrzędnych X, Y . Tak więc przyjmując, że współrzędne X, Y są współrzędnymi osi wirnika wyznaczono współrzędne ruchu środka masy zapisane jako:

$$\begin{aligned} y_M &= y + l \sin(\omega t) \\ x_M &= x + l \cos(\omega t) \end{aligned} \quad (1)$$

gdzie: l – odległość osi otworu dozującego granulatu od osi 0 , ω – prędkość kątowa wału wirnika.

Równania dynamiczne ruchu wirnika zapisano jako:

$$\begin{aligned} m \ddot{x}_M + c \dot{x} + T(x) &= 0 \\ m \ddot{y}_M + c \dot{y} + T(y) &= 0 \end{aligned} \quad (2)$$

gdzie: m – masa wirnika, c – zastępczy współczynnik tłumienia wiskotycznego przyjęto $50 \text{ N}\cdot\text{s}\cdot\text{m}^{-1}$ jako przypadek z resztkowym tłumieniem oraz $200 \text{ N}\cdot\text{s}\cdot\text{m}^{-1}$ dla sprawnej przekładni napełnionej zalecanym olejem.

$T(x)$ – nieliniowa siła sprężystości podpór łożyskowych

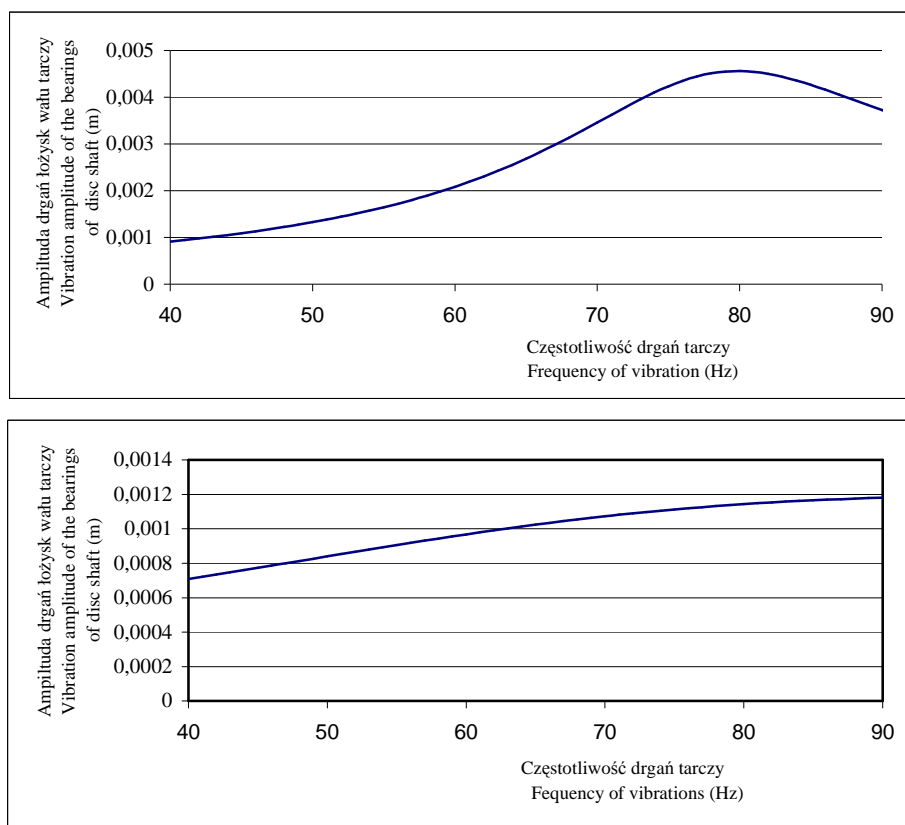
$$T(x) = k_1 e + k_2 (x - e)^2 \quad \text{dla } |x| > l \quad (3)$$

gdzie: k_1, k_2 – współczynniki sprężystości przyjęto odpowiednio 7000 i $12500 \text{ N}\cdot\text{m}$, e – zakres ruchu precesyjnego wału w łożysku.

WYNIKI I DYSKUSJA

Powyższe nieliniowe równanie rozwiązano wykorzystując program Simulink 6 pakietu Matlab otrzymując w wyniku charakterystyki amplitudowo-częstotliwościowe tarczy rozsiewacza.

Przyjęty model fizyczny podparcia wału i napędu tarczy rozsiewacza umożliwia dokonanie wyboru efektywnej metody selekcji sygnałów procesu drganiowego, związanej ze znajomością miejsca generowania sygnału oraz selekcji widmowej polegającej na doborze pasma częstotliwości pomiarowej. Wyznaczenie charakterystyk amplitudowo-częstotliwościowych drgań tarczy rozsiewacza wskazuje na możliwość uzyskania zróżnicowanego sygnału drganiowego zależnego od stanu technicznego diagnozowanego obiektu.



Rys. 1. Charakterystyki amplitudowo – częstotliwościowe tarczy rozsiewacza nawozowego w trakcie dozowania granulatu POLIFOSKA 8 $320 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$. a – stan graniczny zużycia przekładni kątowej, b – przekładnia sprawna

Fig. 1. Amplitude-frequency characteristics of fertilizer spreader disc in the course of application of POLIFOSKA 8 granulated fertilizer at 320 kg ha^{-1} . a – limit state of wear of intersecting axis gear, b – gear in good operating condition

Nałożenie składowej wektora amplitudy drgań tarczy na kierunek toru granulatu w przestrzeni międzyłopatkowej tarczy wskazuje na zmianę zasięgu rzutu i kierunku lotu cząstki wysiewanego granulatu względem osi symetrii agregatu.

Istnieje możliwość opracowania systemu automatycznej kontroli amplitudy i kąta fazowego drgań, co wymaga ustalenia charakterystyk zmienności położenia szczeliny dozującej w funkcji wielkości zasilania masą nawozową dla stosowanych nawozów granulowanych i pylistych przeznaczonych dla rozsiewaczy tarczowych.

Weryfikacja przyjętego modelu fizycznego została potwierdzona wynikami pomiarów drgań w strefie opraw łożysk metodą IRD. Metodyka pomiarów wraz z prezentacją wyników stanowi przedmiot oddzielnego opracowania.

WNIOSKI

1. Przedstawiony model drganiowy tarczy rozsiewacza nawozowego w stopniu wystarczającym opisuje zachowanie się obiektu w granicznych stanach eksploatacyjnych, pozwalając na rozróżnienie stanu poprawnej pracy oraz znacznego zużycia elementów roboczych.

2. Sygnał drganiowy opraw łożysk tarczy rozsiewacza nawozowego można uznać za parametr diagnostyczny określający stan sprawności rozsiewacza.

3. Istnieje możliwość zainstalowania przetworników sygnału drganiowego w strefach opraw łożysk wału tarczy rozsiewacza w celu ciągłej kontroli stanu technicznego przekładni. Procedura ciągłego nadzoru ma uzasadnienie w zaproponowanym systemie kontroli równomierności rozsiewania granulatu oraz automatycznego pozycjonowania szczeliny dozującej granulatu we współrzędnych osi podłużnej agregatu ciągnikowego.

PIŚMIENNICTWO

1. **Basista G., Cieślikowski B.:** Pomiar niewyważenia bębna młócającego kombajnu metodą IRD. Inżynieria Rolnicza, Nr 6/2002, 131-136, 2002.
2. **Cieślikowski B.:** Ocena stanu dynamicznego central grzewczo-nawiewnych. Oprac. dla Wydziału Zgrzewalni Karoserii FIAT AUTO POLAND S.A., 2001.
3. **Dziana A., Michniewicz M., Niedźwiedzki A.:** Przekładnie zębate. PWN, 1995.
4. **Linke H.:** Breitenlastverteilung bei Verzahnungen-Berechnung und Diskussion. Maschinenbautechnik N41, Berlin, 1994.
5. Materiały inf.: Metric machinery vibration severity chart. IRD Mechaanalysis Ltd, 1998.
6. Normy: PN-90/N – 0153 Drgania. Metody pomiarów i oceny drgań maszyn, ISO-2372 Dopuszczalne poziomy drgań.

MODELING OF GRANULATED FERTILIZER PARTICLE MOTION
IN THE ASPECT OF VARIABILITY OF THE ROTATION PLANE
OF FERTILIZER SPREADER DISC

Grzegorz Basista, Bogusław Cieślowski

Department of Mechanical Engineering and Agrophysics, University of Agriculture
ul. Balicka 104, 30-149 Kraków
e-mail: cibogdan@poczta.onet.pl

Abstract. The paper presents the determination of amplitude-frequency characteristics of a non-linear set that describes the behaviour of a fertilizer spreader disc during point application of granulated fertilizer. The solution of the problem provides a basis for further comparative analyses of models describing the dynamic process of fertilizer spreader operation. Analyses carried out show the necessity of fitting vibration signal transducers near the bearing housings of fertilizer spreader disc shaft for continuous monitoring of the condition of the system. Identified vibration parameters in the area of the disc drive will permit the implementation of onboard diagnostics of the quality of the machine operation.

Key words: vibrations, fertilizer spreader, dynamic model, amplitude-frequency characteristics