

ARTUR FILIPOWICZ

Wydział Inżynierii Mechanicznej i Robotyki, Akademia Górniczo-Hutnicza, Kraków

Analiza drgań rzeszota z osią wału napędowego przesuniętą względem środka ciężkości

Wprowadzenie

Przesiewacze o drganiach kołowych z osią wału napędowego przesuniętą względem środka ciężkości rzeszota wykorzystywane są do wstępnej klasyfikacji wymiarowej w sytuacjach, w których konieczne jest zróżnicowanie dynamiki drgań pokładu na jego długości [1]. Pracują one przy kątach nachylenia pokładu: 15–30 [°], a dynamika ich drgań opisywana wskaźnikiem podrzutu u_2 , umożliwia uzyskiwanie stosunkowo wysokich wartości [1,2]. W dotychczasowych analizach i badaniach dotyczących przesiewaczy o drganiach kołowych, rozpatrywano przesunięcie środka ciężkości względem osi wału napędowego wzdłuż osi normalnej do pokładu. Pozytywne wyniki badań weryfikujących wyniki tych analiz pozwoliły na przewidywanie trajektorii ruchu dowolnych punktów rzeszota [1].

Celem opracowania jest opis sposobu analizy i jej weryfikacji eksperymentalnej, dla przypadku, w którym oś wału wiratora przesunięta jest względem środka ciężkości na kierunku normalnym i stycznym do pokładu roboczego.

Wyniki badań analitycznych

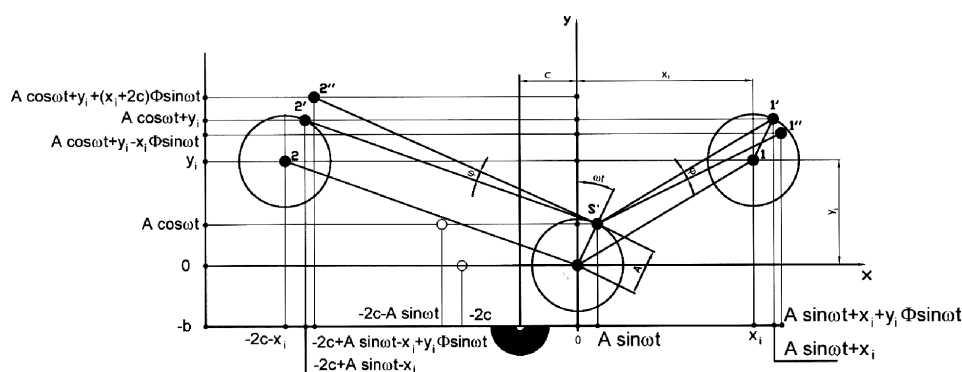
Wstępne analizy i próby ich weryfikacji wykazały poprawność decyzji dotyczącej wyboru modelu analitycznego pokazanego na rys.1.

We wcześniejszym etapie realizacji pracy wykorzystano opisujące model (Rys. 1) równania:

$$\begin{cases} m\ddot{x} + m_0 b \ddot{\phi} = m_0 r_0 \omega^2 \sin \omega t \\ m\ddot{y} + m_0 c \ddot{\phi} = m_0 r_0 \omega^2 \cos \omega t \\ (1 + m_0 b^2 + m_0 c^2) \ddot{\phi} + m_0 b \ddot{x} + m_0 c \ddot{y} = m_0 r_0 \omega^2 \sqrt{b^2 + c^2} \sin \omega t \end{cases} \quad (1)$$

Rozwiązania opisujące ruch punktów, pokazanych na rys. 1 wyrażone zostały wzorami:

$$\begin{aligned} x_1(t) &= -x_i - A \sin(\omega t) \\ y_1(t) &= -A \cos(\omega t) - x_i \Phi \sin(\omega t) \end{aligned} \quad (2)$$



Rys. 1. Model analityczny przesiewacza

$$\begin{aligned} x_2(t) &= 2c - A \sin(\omega t) + x_i \\ y_2(t) &= -A \cos(\omega t) - (x_i + 2c)\Phi \sin(\omega t) \end{aligned} \quad (3)$$

Opis parametrów równań jest zgodny z modelem podstawowym [1]. Różnicę stanowi wprowadzenie wartości c , określającej odległość środka ciężkości rzeszota od osi wału napędowego na kierunku stycznym do pokładu sitowego (Rys. 1).

Pełen zakres planowanych badań i analiz obejmował sprawdzenie możliwych do uzyskania w modelu przesunięć środka ciężkości, jednak ze względu na objętość niniejszej pracy zaprezentowano głównie wyniki dotyczące przesunięcia na kierunku stycznym do pokładu sitowego ($b = 0$ [mm]).

Do analizy przyjęto następujące dane opisujące przygotowane do badań stanowisko:

- masa drgająca: $m = 460$ [kg]
- moment statyczny mas niewyważonych $m_0 r_0 = 1,38$ [kgm]
- przesunięcie środka ciężkości $b = 0$, $c = \pm 0,15$ [m]
- odległość punktu 1 od środka ciężkości $x_i = 700$ mm,
- odległość punktu 2 symetrycznie względem osi symetrii prostopadłej do pokładu sitowego, przechodzącej przez oś wału napędowego

Na rys. 2 pokazano trajektorie punktów 1 i 2 (Rys. 1) wyznaczone na podstawie analizy teoretycznej. Widać wyraźnie, że kąty nachylenia długich osi elips różnią się od siebie. Różnice widać również w proporcjach elips, opisujących trajektorie wybranych punktów.

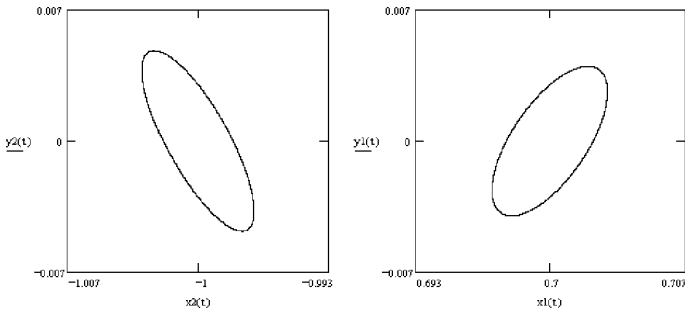
Na rys. 3 pokazano trajektorie tych samych punktów dla $b = 0$ i $c = 0,15$ mm.

Rys. 3 stanowi lustrzane odbicie rys. 2. Wynika to z faktu, że w analizie rozpatrujemy punkty rozmieszczone symetrycznie względem środka ciężkości maszyny.

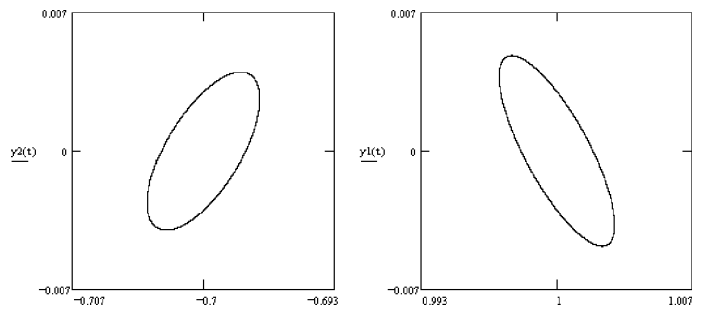
W powyższych analizach rozpatrywano układ drgający, w którym kąt nachylenia pokładu wynosił $\beta = 0^\circ$. W badaniach eksperymentalnych wykorzystano laboratoryjny przesiewacz o drganiach kołowych, z dodatkowym obciążnikiem mocowanym od strony miejsca załadunku lub wyładunku. Przesiewacze tego typu pracują przy kątach nachylenia pokładu dochodzących do 30°. Na rys. 4 pokazano przykładowo prognozowane wyniki pomiaru.

Weryfikacja wyników analizy

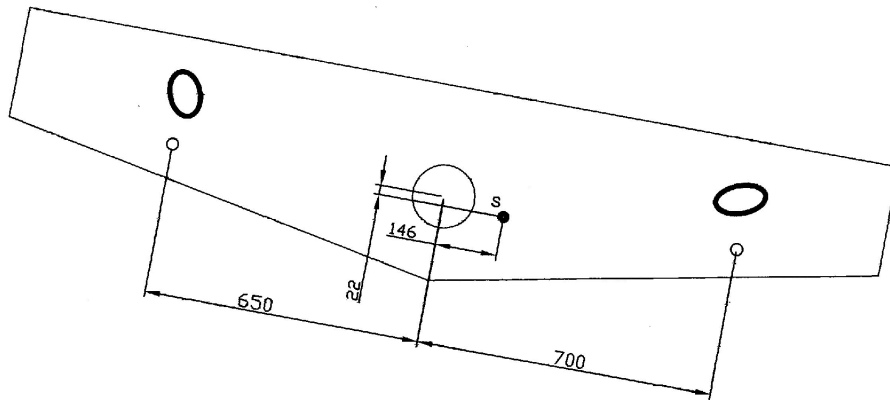
W skład stanowiska badawczego wchodzi przesiewacz WK zamontowany w laboratorium *Katedry Maszyn Górniczych, Przeróbczych i Transportowych*. Stanowisko wykorzystywane jest do badań drgań przesiewaczy z napędem jednowałowym i określania parametrów decydujących o sku-



Rys. 2. Trajektorie punktu 1 i 2 dla środka ciężkości usytuowanego w pozycji $b = 0$ mm i $c = -0,15$ mm (Rys. 1)



Rys. 3. Trajektorie punktu 1 i 2 dla środka ciężkości usytuowanego w pozycji $b = 0$ mm i $c = 0,15$ mm (Rys. 1)



Rys. 4. Trajektorie punktu 1 i 2 dla środka ciężkości usytuowanego w pozycji zbliżonej do pokazanej na rys. 1

teczności procesu. Zamontowany na stanowisku przesiewacz WK, pokazano na rys. 5. Zmianę położenia środka ciężkości umożliwiała dodatkowa masa, 60 [kg], pokazana na rys. 6.

Aby wykonać odpowiednie zdjęcia, na których byłoby możliwe zaobserwowanie trajektorii ruchu rzeszota, przygotowano komory, w których lokalizowano aparat fotograficzny (Rys. 5). W tabelicy 1 pokazano przykładowe rejestracje trajektorii.

Wnioski

Przedstawiony model analityczny umożliwia przewidywanie trajektorii drgań przesiewaczy z osią wału wibratora przesuniętą względem środka ciężkości rzeszota. Efekty badań eksperymentalnych potwierdziły wyniki uzyskane w analizie teoretycznej. Potwierdzenie dotyczy wyłącznie tendencji w zmianach kształtu trajektorii drgań. Wyniki wskazują na możliwość kształtowania dynamiki w zakresie szerszym, niż w przypadku stosowania przesunięcia osi wału względem środka ciężkości wyłącznie na kierunku normalnym do powierzchni pokładu. Umożliwia to modelowanie trajektorii poszczególnych punktów pokładu w sposób pozwalający na wykorzystanie przesiewaczy WK zamiast linii bananowych [1], wykorzystywanych np. podczas odwadniania.

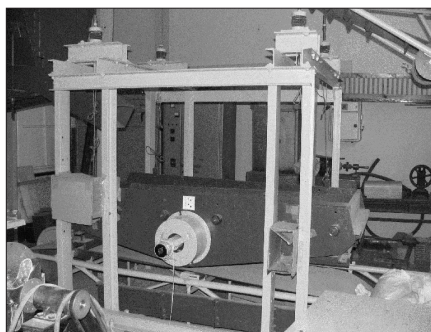
Ze względu na brak informacji dotyczących momentu bezwładności rzeszota uzyskane wyniki nie były weryfikowane w zakresie wartości amplitud.

Przykładowe zestawienie wyników badań

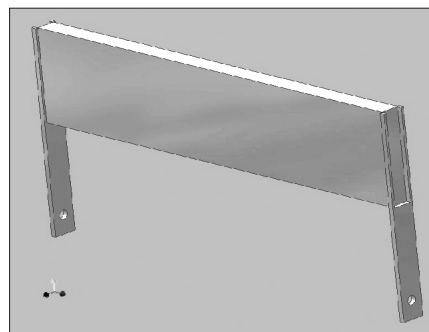
Tablica 1

	Obciążenie od strony miejsca załadunku – położenie poziome							
	l	s	O_y	O_x	A_y	A_x	α	
	[mm]	[-]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]		
KP	30,93	0,323	4,116	5,312	2,1	2,7	173	
KT	25,75	0,388	4,889	5,821	2,4	2,9	63	

KP – zdjęcia wykonane w komorze od strony wlotu przesiewacza (nadawa); KT – zdjęcia wykonane w komorze od strony wylotu przesiewacza (produkt); l – odległość między punktami świetlnymi na rysunku; S – skala rysunku; O_x – oś duża elipsy; O_y – oś mała elipsy; A_x , A_y – amplitudy drgań rzeszota podczas hamowania; α – kąt nachylenia dłuższej osi elipsy.



Rys. 5. Laboratoryjny, jednowałowy przesiewacz nadrezonansowy



Rys. 6. Widok obciążenia dodatkowego

LITERATURA

1. T. Banaszewski: Przesiewacze, Katowice, Wyd. Śląsk, 1990.
2. P. Wodziński: Przesiewanie i przesiewacze, Łódź, Wydawnictwo Politechniki Łódzkiej, 1997.