

Jerzy Detyna^{}, Jan Banasiak^{**}, Jerzy Bieniek^{**}*

^{}Institut Konstrukcji i Eksploatacji Maszyn*

Politechnika Wroclawska

*^{**}Institut Inżynierii Rolniczej*

Akademia Rolnicza we Wrocławiu

KINEMATYCZNE ASPEKTY PRZEMIESZCZANIA MATERIAŁÓW ZIARNISTYCH W PROCESIE SEPARACJI SITOWEJ

Streszczenie

W artykule opisano sposoby modelowania kinematycznego zespołów separujących w warunkach zmiany wzdłużnego (względem kierunku ruchu cząstek na sicie) kąta pochylenia sita.

Słowa kluczowe: sito, kinetostatyka, kombajn, zespół czyszczący

Wstęp

Model ruchu cząstki na płaszczyźnie sita w warunkach zróżnicowanej konfiguracji terenu

Zjawisko separacji cząstek na sitach szczelinowych zdeterminowane jest przez kinematykę układu czyszczącego. Jeśli zespół czyszczący pracuje w warunkach statycznie stabilnych (np. w przypadku separatorów stacjonarnych), to właściwe parametry kinematyczne można dobrać wykorzystując zależności opisane od dawna w literaturze [Gach i in. 1991]. Jeżeli jednak zespół ten pracuje w maszynie poruszającej się po terenie o zmiennej konfiguracji, to parametry kinematyczne tego zespołu podlegać będą ciągłym zmianom.

Zmienność stanów kinematycznych możemy rozważyć na przykładzie pracy separatora w kombajnie zbożowym. W zespołach czyszczących kombajnów zbożowych stosowane są obecnie sita płaskie żaluzjowe nachylone wzdłużnie względem poziomu pod niewielkim kątem w zakresie $0-5^\circ$. Ruch względny mieszaniny czyszczonej uzyskuje się poprzez wprawianie sita w ruch wahadłowy. Sito umieszczone jest w koszu sitowym zespołu czyszczącego, który połączony jest

przegubowo, za pomocą wahaczy z ramą kombajnu. Układ taki wprawiany jest w ruch przez mechanizm korbowy. Sito wykonuje wahania w kierunku osi X (rys. 1). Na cząstkę umieszczoną na płaszczyźnie nachylonej w stosunku do poziomu pod kątem α (rys. 2) działają następujące siły: ciężkości $G = m \cdot g$, normalna reakcja płaszczyzny N , tarcia T oraz bezwładności $P = m \cdot a$ skierowana przeciwnie do przyspieszenia.

Równania różniczkowe ruchu cząstki na sicie można zapisać w postaci:

– względem osi X

$$m \frac{d^2 X}{dt^2} = P \cos(\alpha + \beta) - mg \sin \alpha \pm T \quad (1)$$

– względem osi Y

$$m \frac{d^2 Y}{dt^2} = P \sin(\alpha + \beta) + mg \cos \alpha - N \quad (2)$$

Po przeprowadzeniu elementarnych działań matematycznych otrzymano:

$$\frac{d^2 X}{dt^2} = \frac{\cos(\alpha + \beta \pm \varphi)}{\cos \varphi} \left[\omega^2 r \cos \omega t - g \frac{\sin(\alpha \pm \varphi)}{\cos(\alpha + \beta \pm \varphi)} \right] \quad (3)$$

Ujemne znaki dotyczą ruchu względnego ziarna w dół sita, a dodatnie – ruchu w górę. W dalszej części rozważań przyjęto następujące oznaczenia:

$$\sigma_1 = \frac{\cos(\alpha + \beta - \varphi)}{\cos \varphi} \quad (4)$$

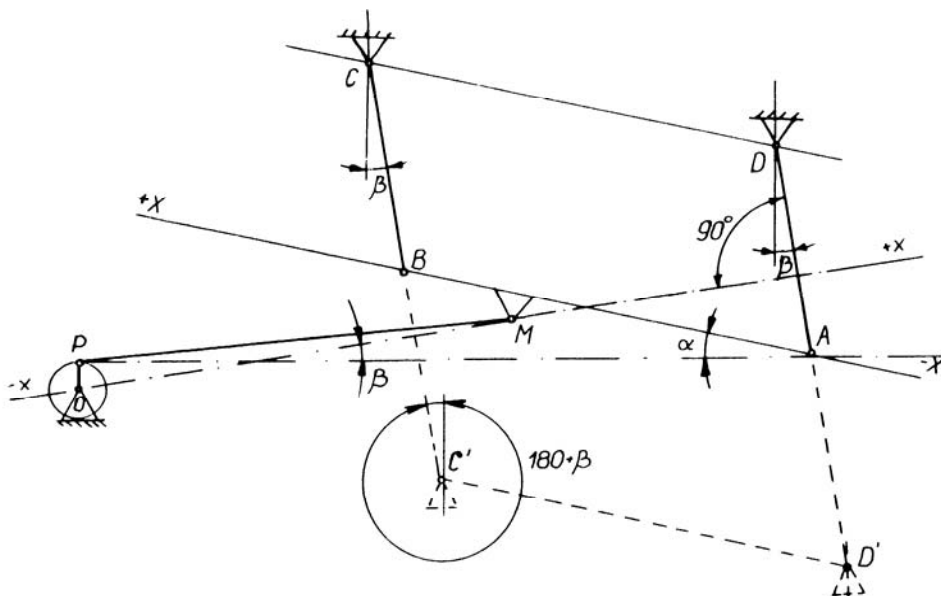
$$\sigma_2 = \frac{\cos(\alpha + \beta + \varphi)}{\cos \varphi} \quad (5)$$

W związku z powyższym przyspieszenie (3) cząstki dla prawych interwałów:

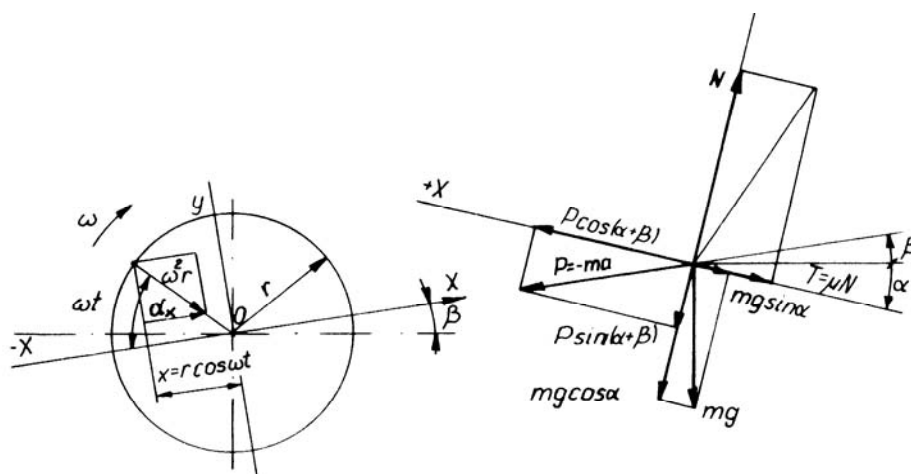
$$\ddot{X}_1 = \sigma_1 \left[\omega^2 r \cos \omega t - g \frac{\sin(\alpha - \varphi)}{\cos(\alpha + \beta - \varphi)} \right] \quad (6)$$

i dla lewych wychyleń:

$$\ddot{X}_2 = \sigma_2 \left[\omega^2 r \cos \omega t - g \frac{\sin(\alpha + \varphi)}{\cos(\alpha + \beta + \varphi)} \right] \quad (7)$$



Rys. 1. Schemat kinematyczny zawieszenia oraz napędu sита [Gach i in. 1991]
 Fig. 1. The kinematic diagram of mounting and drive of the sieve [Gach i in. 1991]

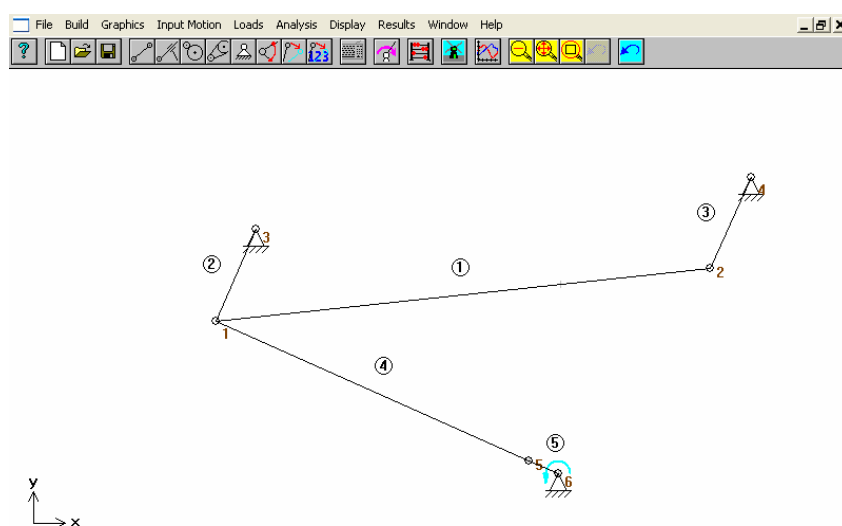


Rys. 2. Rozkład sił działających na cząstkę umieszczoną na powierzchni sита dla wychyleń prawych [Gach i in. 1991]
 Fig. 2. The distribution of running forces on the particle on surface of the sieve, for right deflections [Gach i in. 1991]

Analiza wpływu czynników kinetostatycznych na przebieg procesu separacji

Analizę kinetostatyczną przeprowadzono przy użyciu profesjonalnego narzędzia numerycznego „Simulation and Analysis of Mechanisms” (SAM 4.1). Program ten należy do rodziny programów CAD, przy pomocy którego istnieje możliwość modelowania i analizy układów kinematycznych.

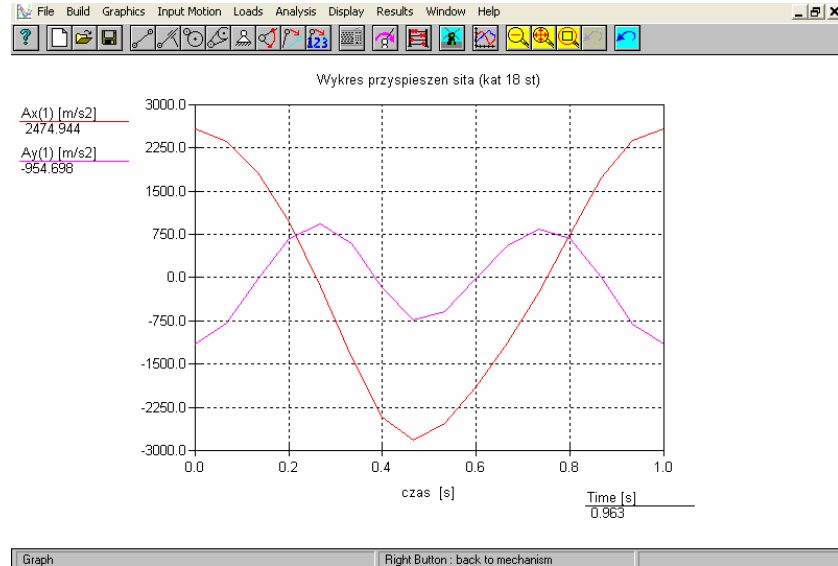
W aspekcie zmiany dynamiki wzdłużnej materiału sypkiego na sicie przeanalizowano wpływ zmiany kąta wymuszającego ruch układu β na wartość przyspieszenia sita a . Według zależności (6) i (7) wartość tego właśnie przyspieszenia (czynnik $\omega^2 r \cos \alpha$) decyduje o ruchu mieszaniny czyszczonej względem powierzchni sita. Zmiana kąta wymuszającego ruch β wiązała się z przemieszczeniem środka obrotu korby w mechanizmie napędu kosza sitowego (poz. nr 6 na rys. 3).



Rys. 3. Okno modelowania programu SAM 4.1: model kinematyczny kosza sitowego

Fig. 3. The window of modeling of the program SAM 4.1: kinematics model of the ethmoidal case

Kątem $\beta = 24^\circ$ był kątem odniesienia, względem którego prowadzono kolejne analizy. W wyniku przeprowadzonych badań uzyskano wykresy i wartości przemieszczeń, prędkości i przyspieszeń powierzchni sitowej (według osi układu XY). Na rys. 4 przedstawiono przykładowy wykres przyspieszeń dla kąta $\beta = 18^\circ$.



Rys. 4. Okno wyników programu SAM 4.1: wykresy przyspieszeń a_x i a_y powierzchni sitowej

Fig. 4. The window of results of the program SAM 4.1: graphs of accelerations a_x and a_y of the ethmoidal surface

Wnioski z analizy

W wyniku przeprowadzonych obliczeń i symulacji udało się przy pomocy metod regresji ustalić związki pomiędzy składowymi przyspieszeń a_x i a_y a kątem wymuszającym ruch β . Wyznaczone równania regresji przyjmują następującą postać:

$$a_{x_max} = 10,863\beta^2 - 512,06\beta + 69741, \quad R^2 = 0,9974 \quad (8)$$

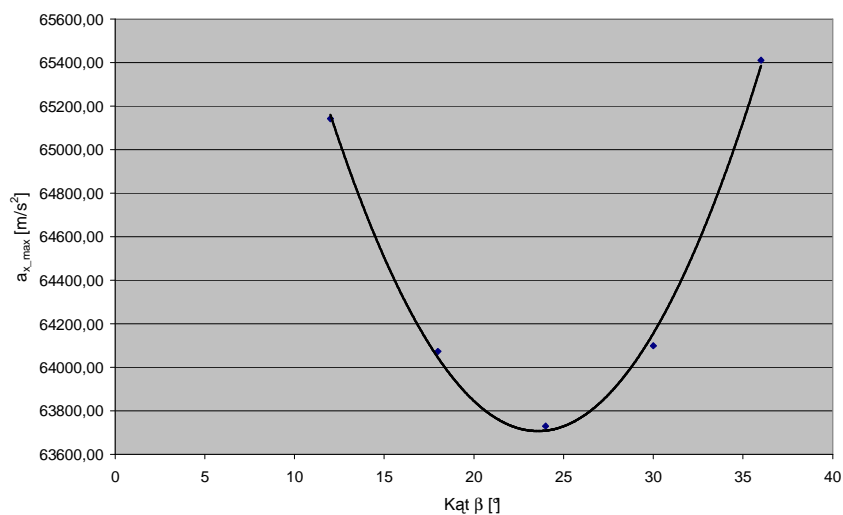
$$a_{x_min} = -0,5745\beta^4 + 50,056\beta^3 - 1559,1\beta^2 + 20515\beta - 130215, \quad R^2 = 1 \quad (9)$$

$$a_{y_max} = 4,8428\beta^3 - 270,04\beta^2 + 5121,7\beta - 17710, \quad R^2 = 0,9982 \quad (10)$$

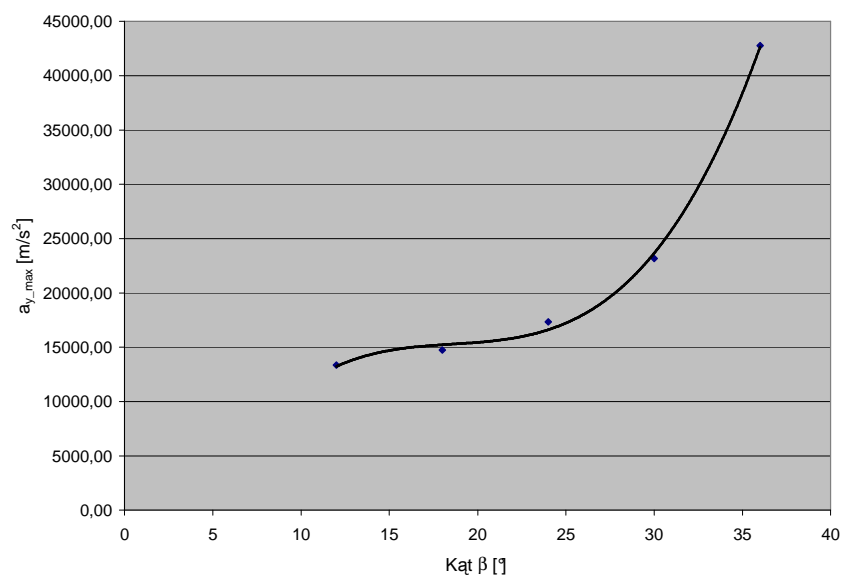
$$a_{y_min} = -1,0147\beta^4 + 85,246\beta^3 - 2598,6\beta^2 + 33977\beta - 188799, \quad R^2 = 1 \quad (11)$$

Jak łatwo zauważyć istnieje ścisła zależność pomiędzy zmianą kąta β a maksymalnymi wartościami składowych przyspieszeń (równania (8) i (10)). Graficznie zależności te przedstawiono na rys. 5

a)



b)



Rys. 5. Wykresy funkcji maksymalnych wartości składowych przyspieszeń a_x (rys. 5a) i a_y (rys. 5b)

Fig. 5. Graphs of the function of maximum values of accelerations component a_x (fig. 5a) and a_y (fig. 5b)

Przedstawione zależności sugerują na możliwość „sterowania” przepływem masy ziarnowej wzdłuż powierzchni sita przy pomocy zmiany parametru – kąta β . Zakres wartości tego kąta (dla analizowanego modelu) był dość duży ($6^\circ - 32^\circ$). Powyżej wartości 32° pojawiało się coraz więcej asynchronicznych ekstremów składowych harmonicznych, co w konsekwencji miałyby w warunkach empirycznych może mieć niekorzystny wpływ na przebieg procesu separacji.

Bibliografia

Beck F., Zhao Y., Kutzbach H.D. 1997. Mähdreschersimulation. Modellierung der Korn / Stroh / Spreu – Trennung. Jahrgang Landtechnik 4/.

Bieniek J., Banasiak J., Detyna J. 1999. Badania obciążeń roboczych zespołu czyszczącego w kombajnie zbożowym pracującym na pochyłości. Metody doświadczalne w budowie i eksploatacji maszyn, t. 1, Wrocław – Szklarska Poręba.

Gach S., Kuczewski J., Waszkiewicz Cz. 1991. Maszyny rolnicze. Elementy teorii i obliczeń. Wyd. SGGW Warszawa.

Gieroba J., Dreszer K., Nowak J. 1983. Wpływ konstrukcji kombajnów zbożowych na straty i uszkodzenia ziarna. Maszyny i Ciągniki Rolnicze nr 1.

Hulbój M., Michałek R. 1976. Czynniki kształtujące wydajności kombajnów zbożowych. Roczniki Nauk Roln. Seria C, t. 74, Warszawa.

Kanafojski Cz., Karwowski T. 1980. Teoria i konstrukcja maszyn rolniczych. T.II cz.1 Maszyny do zbioru ziemiopłodów. PWRiL Warszawa.

Konieczna M., Banasiak Michałem. 1999. Straty spowodowane uszkodzeniem mechanicznym ziarna zbieranego kombajnem. Mat. VI Międzynarodowego Sympozjum pt. Inżynieria Systemów Bioagrotechnicznych, z. 7.

Michałek R., Kowalski J. 1993. Wybrane problemy mechanizacji rolnictwa w rejonach górskich i podgórskich. Nauka Praktyce Rolniczej, z. 1 Wyd. PITS i KTR – PAN, Kraków.

Miłosz T. 1993. Efektywność procesu zbioru zbóż kombajnami zbożowymi. Rozprawa habilitacyjna, IBMER Warszawa.

Wacker P., Kutzbach H.D. 1992. Dresch- und trenneinrichtungen moderner mäh-drescher. Landtechnik nr 6.

Jerzy Detyna, Jan Banasiak, Jerzy Bieniek

KINEMATICAL ASPECTS OF MOVING THE GRAINY MATERIALS IN PROCESS OF SIEVE SEPARATION

Summary

The phenomenon of separation of particles on sieves is determined by kinematics of system cleaner. If purgative aggregate works in stable conditions (e.g. in case of stationary sieves), then we can choose of specific kinematical parameters by use dependence, which was described in literature. If however we will install in moving in terrain machine engine the same separating aggregate, then the relating the selection of kinematical parameters matter is less comfortable. In the article were described methods of kinematical modeling the separating aggregates in conditions of change the longitudinal (in relation to direction of movement of particles on sieve) angle of inclination of sieve.

Key words: sieve, kinetostatics, combines harvester, cleaner aggregate