

Ryszard Myhan
Katedra Inżynierii Procesów Rolniczych
Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie

NAPEŁNIANIE SIŁOSU ZBOŻOWEGO OBROTOWĄ RYNNĄ ZASYPOWĄ, CZEŚĆ III – SYMULACJA PROCESU

Streszczenie

W opracowaniu dokonano oceny wpływu prędkości kątowej rynny zasypowej na kształt swobodnej powierzchni zasypu oraz strukturę zasypywanej masy. Badania wykonano w oparciu o symulację procesu napełniania silosu zbożowego Z704. Uzyskane wyniki wskazują, że zastosowanie rynny zwiększa równomierność swobodnej powierzchni zasypu. Przy zasypie centralnym frakcje o mniejszym naturalnym kącie usypu grupują się przy ściankach silosu, a frakcje o większym w pobliżu jego osi. Zjawiska tego nie zaobserwowano przy wykorzystaniu rynny zasypowej w całym zakresie badanych prędkości kątowych.

Słowa kluczowe: silos, napełnianie, rynna zasypowa, równomierność zasypu

Wykaz oznaczeń

c_0	– współczynnik lotności	m^{-1}
φ	– naturalny kąt usypu	rad
μ	– współczynnik tarcia ślizgowego ziarno-materiał rynny	-
ω	– prędkość kątowa rynny zasypowej	rad/s
κ	– współczynnik równomierności powierzchni zasypu	-
h	– wysokość napełnienia silosu	m
D	– średnica silosu	m

Wstęp

Jednym z wielu problemów występujących przy napełnianiu silosu jest zachowanie w miarę 'płaskiej' swobodnej powierzchni zasypu oraz jednorodnej struktury zasypywanego materiału w całej objętości zasypu. Problemy te są szczególnie widoczne przy centralnym zasypie silosu. Eksperyment przeprowadzony w skali laboratoryjnej wskazuje, że można ich w znacznym stopniu uniknąć stosując obrotową rynnę zasypową [Bowszys, 2002], przy czym uzyskiwane wyniki zależne są od parametrów konstrukcyjnych rynny, oraz od jej prędkości kątowej.

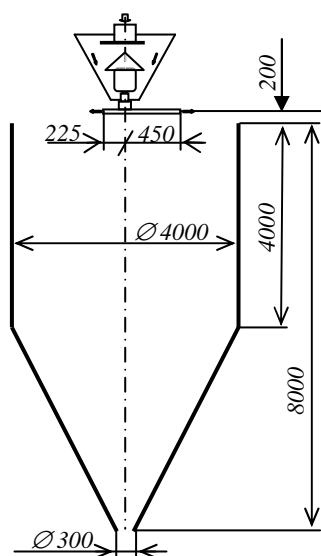
Cel i zakres

Celem pracy był dobór takiej prędkości kątovej, przy której uzyskuje się płaską swobodną powierzchnię zasypu w całym zakresie stopnia napełnienia silosu, oraz strukturę zasypywanej masy o minimalnie zróżnicowanym kącie naturalnego usypu w całej objętości silosu.

Metodyka

Ze względu na czasochłonność i koszt eksperymentu naturalnego, badania wykonano w oparciu o eksperyment symulacyjny z wykorzystaniem wcześniej opracowanego i zweryfikowanego matematycznego modelu procesu [Myhan 2003, 2005], przy stałych parametrach konstrukcyjnych rynny zasypowej i silosu.

Symulowano napełnianie silosu Z704, rynną umieszczoną 0,2 m powyżej jego górnej krawędzi (rys. 1). Eksperyment wykonano przy prędkościach kątovej rynny w zakresie od 1,05 do 8,40 co 1,05 rad/s. Dodatkowo wykonano symulację napełniania silosu przy zasypie centralnym, traktując ten eksperyment jako próbę kontrolną. Przyjęto, że cechami charakteryzującymi zasypywany materiał są: naturalny kąt usypu φ , współczynnik tarcia μ i współczynnik lotności c_0 . Wartości tych wielkości fizycznych generowano z rozkładu normalnego (tab.1), niezależnie dla każdej kolejno zasypywanej objętości elementarnej.



Rys. 1. Silos z obrotową rynną zasypową

Fig. 1. Silo with a rotary chute

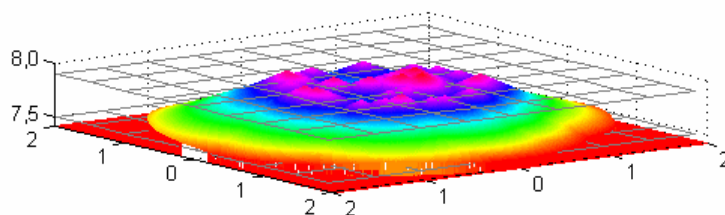
Tabela 1. Wielkości fizyczne, charakteryzujące materiał [Myhan, Bowszys 2005]

Table 1. Physical values of the material [Myhan, Bowszys 2005]

Wielkość	Symbol	Jednostka	Wartość średnia	Odchylenie przeciętne
Naturalny kąt usypu	φ	radian	0.390	0.040
Współczynnik tarcia	μ	-	0.350	0.030
Współczynnik lotności	c_0	m ⁻¹	0.345	0.015

Wyniki

Jako miarę oceny kształtu swobodnej powierzchni zasypu przyjęto współczynnik κ , określający jaka część wysokości położenia h tej powierzchni mieści się w arbitralnie przyjętym przedziale $\pm 0,2$ m wokół chwilowej wartości średniej dla całego przekroju poprzecznego silosu (rys. 2).



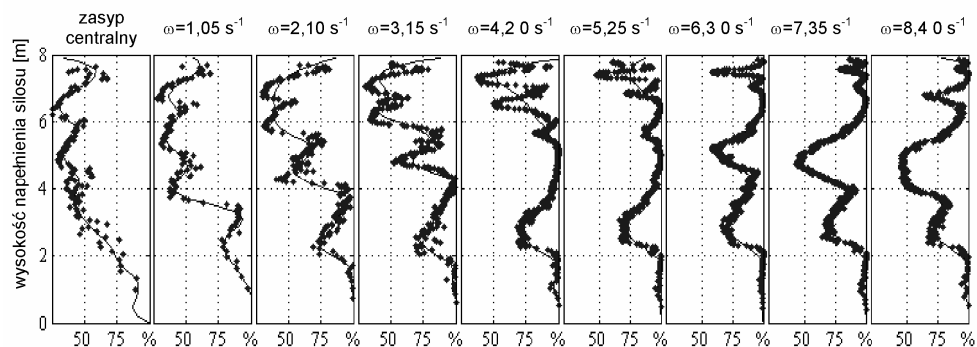
Rys. 2. Ocena równomierności swobodnej powierzchni zasypu

Fig. 2. Valuation of uniformity of the free filling surface

$$\kappa = \frac{\int_{r=0}^{D/2} \int_{\alpha=0}^{2\pi} h \, dr \, d\alpha}{\int_{r=0}^{D/2} \int_{\alpha=0}^{2\pi} h \, dr \, d\alpha} \quad (1)$$

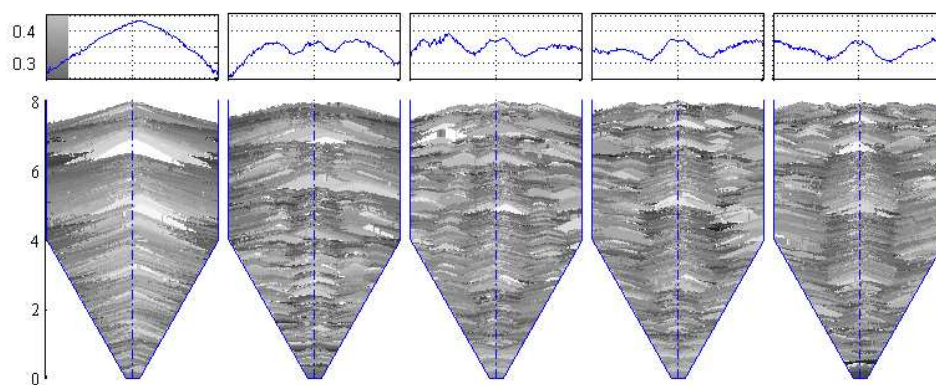
Równomierność powierzchni oceniano w całym zakresie napełniania silosu i przy wszystkich badanych prędkościach kątowych rynny zasypowej. Uzyskane wyniki (rys. 3) wskazują, że kształt powierzchni jest zależny od prędkości kątowej ω i stopnia napełnienia silosu. Dla zadanych parametrach konstrukcyjnych i całego zakresu napełnienia, najlepsze wyniki uzyskano przy prędkości kątowej $\omega=6,3 \text{ s}^{-1}$.

Z kolei, stopień jednorodności struktury oceniano na podstawie zmienności wartości naturalnego kąta usypu, w zasypywanej objętości silosu. W trakcie symulacji procesu, dla każdej zasypywanej elementarnej objętości, rejestrowano charakteryzujący ją kąt naturalnego usypu oraz jej położenie w obrębie silosu. Przykładowe wyniki uzyskane przy prędkościach kątowych rynny 2,1; 4,2; 6,3 i 8,4 s^{-1} , i w próbie kontrolnej, dla wybranego osiowego przekroju silosu oraz ich wartości uśrednione zawiera rys. 4.



Rys. 3. Wpływ prędkości kątowej rynny zasypowej i stopnia napełnienia silosu na równomierność swobodnej powierzchni zasypu

Fig. 3. Influence of the angular velocity of chute and the grade of silo filling on uniformity of the free filling surface



Rys. 4. Rozmieszczenie frakcji materiału, charakteryzujących się zróżnicowanym kątem naturalnego usypu w osiowym przekroju napełnianego silosu zbożowego

Fig. 4. Distribution of the material fractions, characterized by the diversified natural angle of repose, in the axial section of the silo

Wnioski

Uzyskane wyniki wskazują, że:

1. Zastosowanie rynny zasypowej istotnie wpływa na zwiększenie równomierność swobodnej powierzchni zasypu.
2. W całym zakresie stopnia napełnienia silosu najwyższe wartości wskaźnika równomierności powierzchni uzyskano przy prędkości kątowej 6,3 rad/s.
3. Przy zasypie centralnym, zgodnie z oczekiwaniami, frakcje o mniejszym naturalnym kącie usypu grupują się przy ściankach silosu, a frakcje o większym w pobliżu jego osi. Zjawiska tego nie zaobserwowano przy wykorzystaniu rynny zasypowej w całym zakresie badanych prędkości kątowych.

Bibliografia

Bowszys J. 2002. Analiza przebiegu suszenia i przechowywania nasion w silosach oraz wpływu tych procesów na jakość nasion. Projekt badawczy KBN Nr 5P06F00917.

Myhan R. 2003. Modelowanie procesu napełniania silosu zbożowego. *Inżynieria Rolnicza*, 13(55), 27-34.

Myhan R. 2005. Napełnianie silosu zbożowego obrotową rynną zasypową część 1 – modelowanie procesu. *Inżynieria Rolnicza*, 8(68), 259-268.

Myhan R., Bowszys J. 2005. Napełnianie silosu zbożowego obrotową rynną zasypową, część 2 – weryfikacja modelu. *Inżynieria Rolnicza*, 8(68), 269-275.

FILLING THE GRAIN SILO BY MEANS OF A ROTARY CHUTE, PART III - SIMULATION OF THE PROCESS

Summary

The effect of the angular velocity of chute on the shape of free surface and the structure of filling mass was investigated. The simulation researches of filling of the grain silo (Type Z704) were carry out. The results indicates that using the chute improving a uniformity of the free filling surface. The fractions with a smaller natural angle of repose and a grater natural angle of repose assembling near the silo wall and the axial respectively. It was not observed in the all scope of the angular velocity examination for the chute using.

Key words: grain silo, filling, chute, uniformity of batch