

ANALIZA ZASTOSOWANIA WKŁADEK DASZKOWYCH W MIESZANIU KOMPONENTÓW ZIARNISTYCH

Dominika Matuszek, Marek Tukiendorf

Katedra Techniki Rolniczej i Leśnej, Politechnika Opolska

Petr Doležal

Faculty of Agronomy, Mendel University of Agricultural and Forest Brno

Streszczenie. W pracy przedstawiono wyniki mieszania dwuskładnikowego niejednorodnego układu ziarnistego metodą przesypu (ang. funnel flow system) Mieszalnik laboratoryjny został wyposażony we wkładki daszkowe systemu Roof Shaped Insert. Wykonano cztery serie badań, trzy z wkładkami RSI o różnych średnicach podstawy oraz jedną kontrolną (bez elementów wspomagających). Do oceny rozmieszczenia składników ziarnistych posłużono się komputerową analizą obrazu. Na podstawie danych dotyczących udziału procentowego traseru na powierzchni analizowanych przekrojów poprzecznych obliczano stopień zmieszania Rose'a. Następnie wykonując analizę wariancji Anova określono wpływ zastosowanych wkładek.

Słowa kluczowe: materiały ziarniste, system Roof Shaped Insert, system funnel flow, analiza wariancji

Wstęp

Mieszanie metodą przesypu jest rozwiązaniem trwale funkcjonującym w przemyśle rolnospożywczym czy cementowym do ujednolicania dużej ilości materiałów ziarnistych czy wyrównywania wilgotności podczas magazynowania ziarna zbóż [Boss 1987; Grochowicz 1996; Zander 2002]. Proces ten jest prowadzony na drodze wysypu materiału ziarnistego z jednego zbiornika do drugiego zainstalowanego poniżej, którym jest silos o odpowiedniej konstrukcji. Metoda ta pozwala na szybkie i tanie uzyskanie jednorodnej mieszanki [Schulze 1996; Tukiendorf 2002]. Jednak w przypadku układów silnie niejednorodnych, najczęściej spotykanych w praktyce przemysłowej, eksploatacja mieszalnika może być utrudniona (złe wymieszanie komponentów ziarnistych). Powodem tego jest obecność segregacji a w konsekwencji tendencja ziaren do zajmowania określonego miejsca w złożu. W praktyce proponowane jest instalowanie wewnątrz mieszalnika wkładek daszkowych [Schlick i in. 1996]. Udowodniono, iż ich stosowanie wpływa na poprawę jakości produktu finalnego; mieszanki ziarnistej [Tukiendorf 2002; Ding 2002/2003; Matuszek 2007]. W pracy zaproponowano montaż wkładek daszkowych systemu Roof Shaped Insert.

Szybko rozwijający się obszar badań w przemyśle wymaga poszukiwania racjonalizatorskich metod analizy danych, którymi z pewnością są aplikacje komputerowe służące do akwizycji obrazu czy statystycznej analizy wariancji Anova [Aczel 2005; Matuszek, Tukiendorf 2006]. Autorzy w poprzednich swoich pracach udowodnili słuszność użycia tych

metoda jako narzędzi usprawniających analizę procesu mieszania [Boss i in. 2002, 2003; Tukiendorf 2003; Matuszek, Tukiendorf 2006].

Cel badań

Celem badań było zobrazowanie i analiza przebiegu procesu mieszania metodą przesypu dwuskładnikowego niejednorodnego układu ziarnistego przy zmianie parametrów konstrukcyjnych mieszalnika.

Metodyka badań

Badania prowadzono przy użyciu laboratoryjnego mieszalnika skonstruowanego w sposób zapewniający wysyp kominowy. Parametry konstrukcyjne urządzenia mieszającego przedstawiono w innych publikacjach autorów [Tukiendorf 2003; Matuszek 2007]. Materiał ziarnisty stanowił układ złożony z dwóch komponentów różniących się wymiarami średnic ($d_1/d_2=1,6$) i gęstości ziaren ($\rho_1/\rho_2=2,10$). Autorzy dokonali analizy zachowania ziaren mieszaniny w przypadku gdy poszczególne składniki różnią się znacząco parametrami

fizycznymi jak: średnica, gęstość i kąt naturalnego usypu ziaren. Właściwości mieszanych komponentów zestawiono w tabeli 1. Stosunek objętościowy mieszanych składników wynosił 1:9.

Tabela 1. Właściwości komponentów ziarnistych
Table 1. Properties of granular components

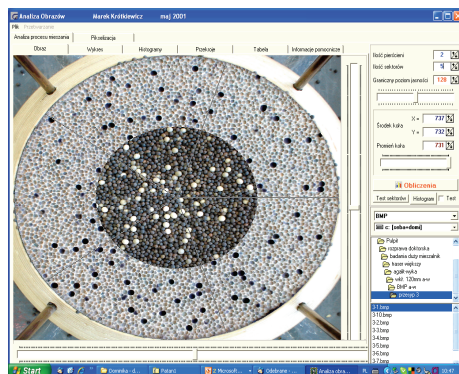
Parametr fizyczny	Wyka	Agalit
Średnia średnica ziaren [mm]	4,00	6,50
Gęstość nasypowa [$\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$]	1150	2410
Kąt naturalnego usypu [$^\circ$]	25	22

Źródło: obliczenia własne autorów

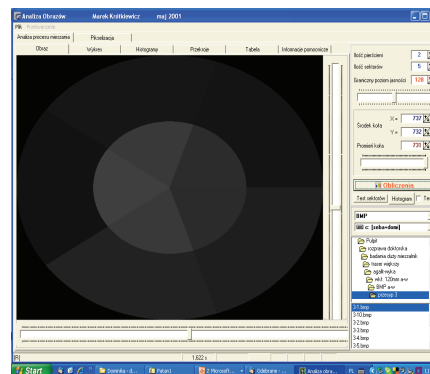
Czas mieszania określały kolejne etapy; przesypy od 1 do 10. Mieszalnik laboratoryjny wyposażano we wkładki systemu Roof Shaped Insert. Dodatkowe elementy instalowano w górnej części każdego z silosów. Użyto wkładek o jednakowym kącie rozwarcia $\alpha=110^\circ$, ale o trzech różnych średnicach podstawy $d_1=120$ mm, $d_2=150$ mm, $d_3=180$ mm.

Po każdym kroku mieszania określano rozmieszczenie traseru na trzech poziomach złoża (dolnym, środkowym i górnym). Jak już wspomniano wcześniej posłużyła do tego komputerowa analiza obrazu. Równomierność rozmieszczenia traseru w wybranych pierścieniach określano na podstawie analizy jego udziału procentowego w poszczególnych sektorach siatki obserwacyjnej (rys. 1 a, b).

a)



b)



Rys. 1. Komputerowa analiza wybranego przekroju poprzecznego mieszalnika a) podział obszaru kołowego na 2 pierścienie i 5 sektorów, b) rozkład koncentracji składnika ciemniejszego w poszczególnych 10 sektorach

Fig. 1. Computer analysis of selected mixer cross-section: a) division of circular area into 2 rings and 5 sectors; b) distribution of darker component concentration in individual 10 sectors

Na podstawie wyznaczonego udziału procentowego traseru obliczano odchylenie standardowe:

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n} \sum (x_i - p)^2} \quad (1)$$

gdzie:

- n – liczba prób. Liczba sektorów $n=10$,
- x_i – udział traseru w poszczególnych sektorach,
- p – wartość oczekiwana zmiennej X . $p=0,1$.

A następnie stopień zmieszania Rose'a wg równania:

$$M = 1 - \frac{\sigma}{\sigma_0} \quad (2)$$

gdzie:

- σ – odchylenie standardowe z próby,
- σ_0 – początkowe odchylenie standardowe dla stanu segregacji. $\sigma_0=0,3$.

Parametr ten określa jakość mieszaniny ziarnistej gdzie wartość 1 odnosi się do stanu idealnego natomiast 0 dotyczy całkowitej segregacji ziaren.

Kolejnym etapem było dokonanie statystycznej analizy porównawczej dla czterech serii badań. Zastosowano analizę wariancji Anova, ustalając poziom istotności $\alpha=0,05$.

Weryfikacja hipotezy zerowej:

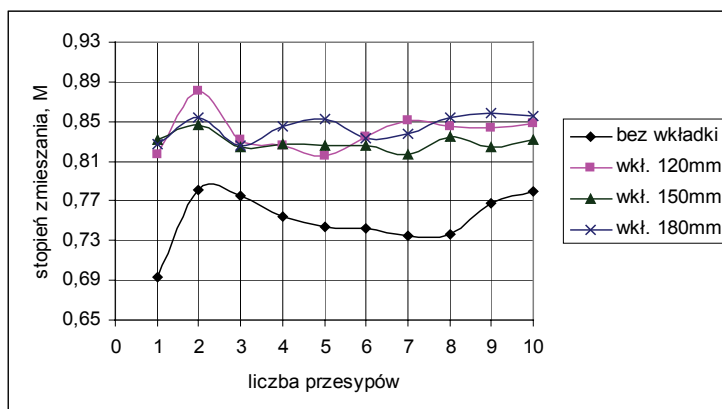
$$H_0: M_1=M_2=M_3=M_4$$

wobec hipotezy alternatywnej:

H_1 : co najmniej dwie średnie różnią się między sobą.

Wyniki i dyskusja

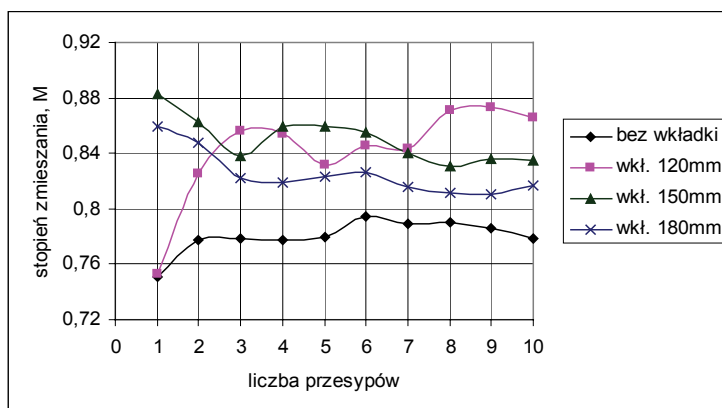
Wyniki badań pomiarowych zaprezentowano na rysunkach 2, 3, 4. Z przedstawionych wykresów wynika, że wraz ze wzrostem liczby przesypów wzrasta wartość stopnia zmieszania. Największe wartości stopnia odnotowano dla mieszania z zastosowaniem wkładek daszkowych co potwierdza analiza porównawcza Anova. Na podstawie tych danych nie można jednak określić jaki wymiar wkładki powoduje najlepsze rezultaty.



Źródło: opracowanie własne autorów

Rys. 2 Zmiana stopnia zmieszania w czasie kolejnych dziesięciu przesypów dla przekroju pierwszego (dolnego)

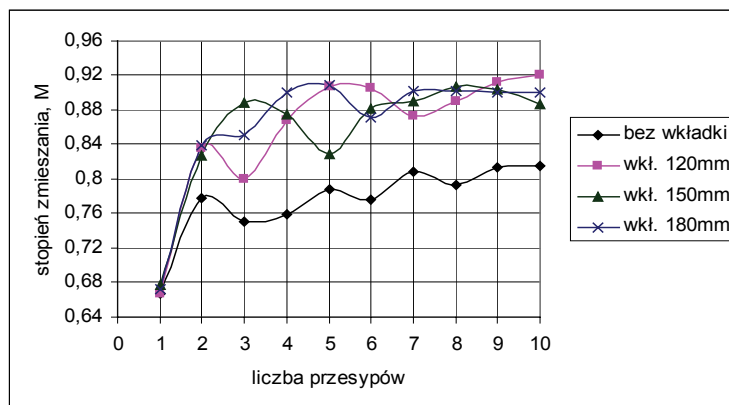
Fig. 2. Mixing degree change during ten successive funnel flows for first cross-section (lower)



Źródło: opracowanie własne autorów

Rys. 3. Zmiana stopnia zmieszania w czasie kolejnych dziesięciu przesypów dla przekroju drugiego (środkowego)

Fig. 3. Mixing degree change during ten successive funnel flows for second cross-section (central)



Źródło: opracowanie własne autorów

Rys. 4. Zmiana stopnia zmieszania w czasie kolejnych dziesięciu przesypów dla przekroju trzeciego (górnego)

Fig. 4. Mixing degree change during ten successive funnel flows for third cross-section (upper)

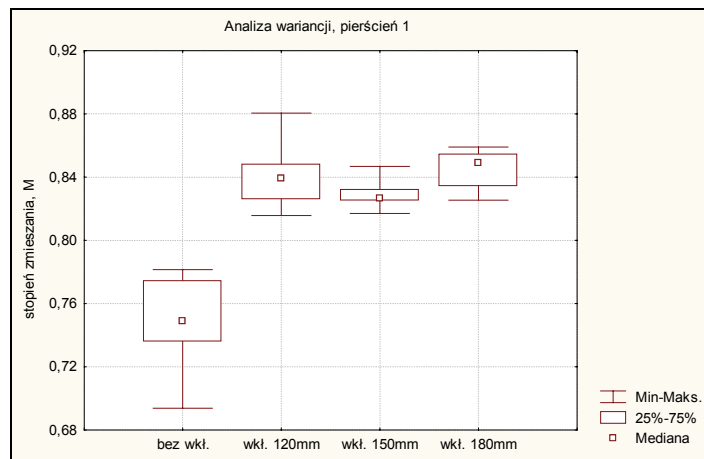
Wyniki statystycznej analizy porównawczej (test Fishera) zestawiono w tabeli 2 oraz zaprezentowano interpretację graficzną (rys. 5, 6, 7). Statystyczna analiza porównawcza jednoznacznie wskazuje na istotne różnice pomiędzy średnimi stopnia zmieszania dla rozpatrywanych przypadków, zatem potwierdza wysunięty wcześniej wniosek że, wkładki systemu RSI wpływają na poprawę jakości mieszanki ziarnistej. Na niskim poziomie istotności można odrzucić hipotezę zerową.

Tabela 2. Wyniki testu Fishera

Table 2. The results of Fisher's test

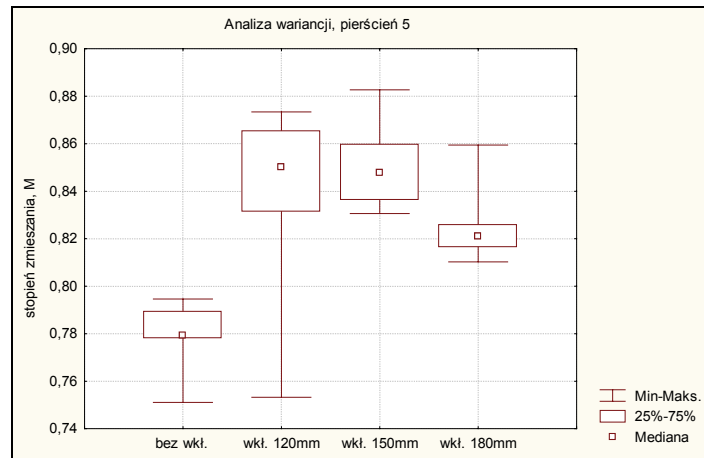
Przekrój poprzeczny mieszalnika	Wartość testu F	Poziom prawdopodobieństwa
dolny	59,25563	5,318E-14
środkowy	20,46729	6,525E-08
górny	4,097595	0,013

Źródło: obliczenia własne autorów



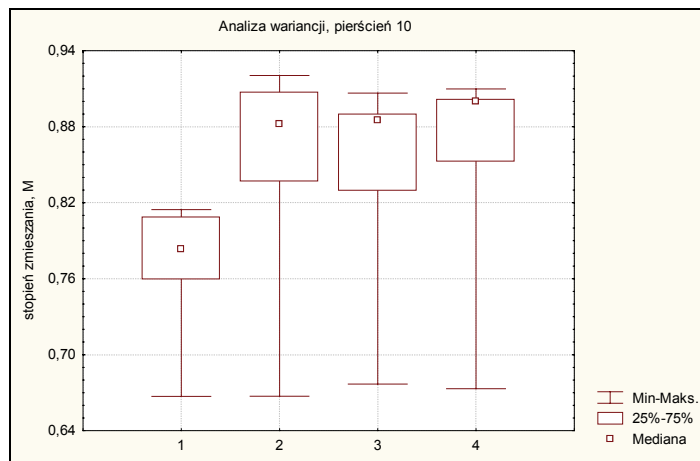
Źródło: opracowanie własne autorów

Rys. 5. Interpretacja graficzna analizy wariancji dla poziomego dolnego mieszalnika
Fig. 5. Graphical interpretation of variance analysis for mixer lower level



Źródło: opracowanie własne autorów

Rys. 6. Interpretacja graficzna analizy wariancji dla poziomego środkowego mieszalnika
Fig. 6. Graphical interpretation of variance analysis for mixer middle level



Źródło: opracowanie własne autorów

Rys. 7. Interpretacja graficzna analizy wariancji dla poziomego dolnego mieszalnika

Fig. 7. Graphical interpretation of variance analysis for mixer lower level

Wnioski

1. Przeprowadzona analiza statystyczna potwierdziła, iż stosowanie wkładek daszkowych RSI wpływa na poprawę jakości mieszanki ziarnistej.
2. Zastosowana metodyka badań pozwoliła na szybkie i właściwe określenie zmian jakości dwuskładnikowej mieszanki ziarnistej w czasie oraz zasadność użycia elementów daszkowych w mieszaniu układów niejednorodnych.

Bibliografia

- Aczel A.D.** 2005. Statystyka w zarządzaniu. Wydawnictwo Naukowe PWN. Warszawa. ISBN 83-01-14548-X.
- Boss J.** 1987. Mieszanie materiałów ziarnistych. Państwowe Wydawnictwo Naukowe Warszawa. ISBN 83-01-07058-7.
- Boss J., Krótkiewicz M., Tukiendorf M.** 2002. Porównanie metod oceny jakości stanu mieszaniny ziarnistej podczas mieszania w przesypie. Inżynieria Rolnicza. Nr 4(37). Warszawa. s. 27-31.
- Boss J., Krótkiewicz M., Tukiendorf M.** 2003. An application of picture analysis as a method of evaluation of granular blend's quality. Pol. J. Food Nutr. Sci. Number 12/53. s. 27-30.
- Ding S.** 2002/2003.: Parameter investigation of the effect of a double-cone Insert on silo discharge mode. POSTEC Newsletter. Number 21. s. 13-14.
- Grochowicz J.** 1996. Technologia produkcji mieszanek paszowych. Państwowe Wydawnictwo Rolnicze i Leśne. Warszawa. ISBN 83-09-01656-5.

- Matuszek D., Tukiendorf M.** 2006. Ocena wpływu wkładek daszkowych na proces mieszania układów ziarnistych. *Inżynieria Rolnicza*. Nr 12(87). Kraków. s. 351-360.
- Matuszek D.** 2007. Modelowanie procesu mieszania materiałów ziarnistych w mieszalniku przesypowym. Rozprawa doktorska. Politechnika Opolska. Opole.
- Schlick H., Gehbauer F., Auchter A., Gallinat J.** 1996. Relationships Between Flow Properties and the Process of Loading in Silos With Central Cones and Plough Feeder Discharge. *Bulk Solids Handling*, volume.16. Number 2. April/June. s. 83-89.
- Schulze D.** 1996. Silos-Design Variants and Special Types. *Bulk Solids Handling*, volume. 16. Number 2. April/June. s. 225-232.
- Tukiendorf M.** 2002. Zastosowanie elementów wspomagających mieszanie w przesypie niejednorodnych układów ziarnistych, system Roof Shaped Insert. *Inżynieria Rolnicza*. Nr 4(37). Warszawa. s. 337-343.
- Tukiendorf M.** 2003. Characteristics of mixing granular material achieved by using methods of variance analysis and geostatistical function. *EJPAU*. Volume 6, issue 1. Dostęp on line: www.ejpau.media.pl/series/volume6/issue1/engineering/art-03.html
- Zander L.** 2002. Mieszanie – zagadnienie stale aktualne. *Inżynieria i Aparatura Chemiczna*. numer 4s. s. 5-6.

ANALYSIS REGARDING THE USE OF ROOF SHAPED INSERTS FOR MIXING OF GRANULAR COMPONENTS

Abstract. The paper presents results of mixing a two-component heterogeneous granular pattern using the funnel flow system method. Laboratory mixer was equipped with inserts of the Roof Shaped Insert system. Four test series were performed: three with the RSI inserts with varying base diameters and one check series (without supportive elements). Computer image analysis was employed to assess the layout of granular components. Data concerning percent share of tracer on the surface of analysed cross-sections allowed to compute Rose's mixing degree. Then, the researchers carried out analysis of variance (ANOVA) in order to determine the effect of employed inserts.

Key words: mixing the granular materials, Roof Shaped Insert system, funnel flow system, analysis of variance

Adres do korespondencji:

Dominika Matuszek; e-mail: d.matuszek@po.opole.pl
Katedra Techniki Rolniczej i Leśnej
Politechnika Opolska,
ul. Mikołajczyka 5
45-271 Opole