

szania. Czas mieszania w zakresie od 1 do 3 minut wpływał decydująco na jakość otrzymanej mieszaniny. Wydłużenie czasu do 3 minut spowodowało niemal w każdym przypadku wzrost jednorodności badanej mieszaniny.

Również ilość zastosowanych elementów mieszających powodowała poprawę jednorodności badanego materiału. Najlepsze efekty zaobserwowano stosując 5 i 6 pierścieni.

### Wnioski

Wyniki badań i ich analiza prowadzą do następujących wniosków:

1. zaprojektowane i wykonane mieszadło może być wykorzystane do mieszania sypkich komponentów roślinnych,
2. czas mieszania oraz liczba elementów mieszających wpływają na poprawę jednorodności otrzymanej mieszaniny. Najlepsze efekty mieszania uzyskane po 3-minutowym procesie z zastosowaniem 6 pierścieni (18 łopatek),

3. prędkość obrotowa łopatek mieszających w zakresie od 20–40 obr/min nie ma wpływu na jednorodność mieszaniny.

Znaczne rozbieżności między procentowym składem badanej mieszaniny, a układem kontrolnym sięgające nawet 20%, jak również stwierdzona przewaga ziaren pszenicy (materiał o mniejszych wymiarach) świadczą o zaistnieniu zjawiska segregacji składników mieszanin, co w dużym stopniu obniża jej jakość

### LITERATURA

1. *J. Grochowicz, K. Zawisłak, S. Walczyński, H. Podgórska*: Biuletyn Nauk Przemysłu Paszowego, nr 1/2, 51 (1998).
2. *A. Trybuski*: Przegląd Zbożowo Młynarski, nr 6, 35 (1997).
3. *S. Walczyński*: Pasze Przemysłowe, nr 11/12, 23 (1997).
4. *M. Węgrzyn*: Inżynieria Rolnicza, 11 (71), 497 (2005).
5. *D.L. Wicher, D.R. Pool*: Mixer performance. Petfood Industry, nr 4/5, 21 (1992).

JANUSZ BOSS  
PAWEŁ RATUSZNY

Katedra Inżynierii Procesowej, Uniwersytet Opolski, Opole

# Badanie procesu segregacji mieszanin materiałów ziarnistych podczas transportu pneumatycznego

## Wstęp

Proces mieszania jest stosowany w wielu gałęziach przemysłu. Znanych jest wiele metod mieszania oraz urządzeń do realizacji tego procesu [1]. Mieszaniny materiałów ziarnistych mogą stanowić gotowy produkt handlowy lub mogą być półproduktem wykorzystywanym w różnych technologiach. Zatem efekt mieszania materiałów ziarnistych decyduje o jakości i wartości handlowej produktów, a także ma istotne znaczenie tam, gdzie mieszanina jest półproduktem.

Gotową mieszaninę należy przetransportować do kolejnego etapu produkcji lub do odbiorcy. Można do tego celu zastosować różne urządzenia jak przenośniki taśmowe, kubełkowe, pneumatyczne i inne.

Przenośniki pneumatyczne mają wiele zalet, takich jak hermetyczność transportu, brak strat materiału i pylenia, możliwość łatwego doprowadzenia przewodów w dowolne miejsce [2]. Jednak część układów ziarnistych wykazuje silne skłonności do segregacji, stąd podczas transportu mieszaniny może nastąpić istotne pogorszenie jej jakości [3].

Zatem, z jednej strony musimy uzyskać mieszaninę o wysokiej jakości, z drugiej jednak należy zadbać o to, aby podczas transportu nie nastąpiło pogorszenie jej parametrów.

Ponieważ przenośniki pneumatyczne są bardzo chętnie stosowane w przemyśle rolno-spożywczym, postanowiono zbadać wpływ transportu na jakość mieszanin występujących w tej

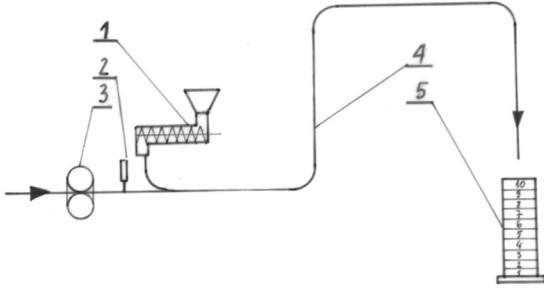
gałęzi gospodarki. W niniejszej pracy przedstawiono wyniki badań uzyskane podczas transportu pneumatycznego niejednorodnych, dwuskładnikowych układów materiałów ziarnistych, stosowanych w rolnictwie oraz przemyśle spożywczym.

## Cel i metodyka badań

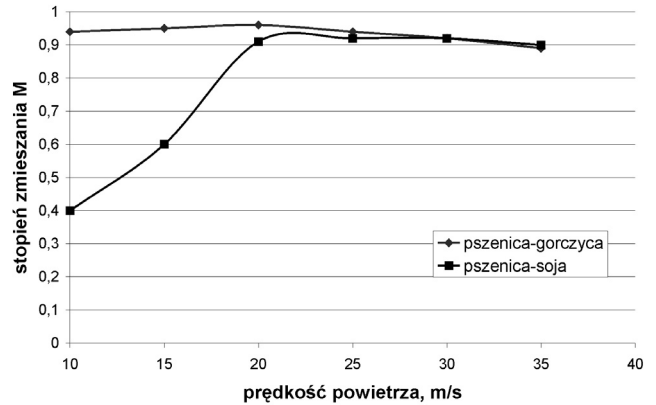
Celem badań było wyznaczenie krzywych mieszania dla dwuskładnikowych, niejednorodnych układów ziarnistych, składających się z ziaren pszenicy, soi oraz gorczycy, transportowanych przenośnikiem pneumatycznym. W tablicy 1 przedstawiono właściwości badanych układów.

Do badań wykorzystano laboratoryjny przenośnik pneumatyczny tłoczący, o średnicy przewodu 32 mm, składający się z odcinków poziomych, pionowych oraz 4 łuków. Łączna długość rur przenośnika wynosiła 5,5 m. Powietrze dostarczane było z wentylatora o regulowanej wydajności. Prędkość powietrza mierzono anemometrem elektronicznym. Schemat stanowiska badawczego przedstawiono na rys. 1.

Do urządzenia dozującego podawano mieszaninę o stopniu zmieszania  $M > 0,94$  (obliczonym ze wzoru (1)), czyli mieszaninę ocenianą jako bardzo dobrą. Udział ziaren traseira w mieszaninie wynosił we wszystkich pomiarach  $p = 0,1$ . W punkcie odbioru ustawiono kasetę, za pomocą której transportowany materiał był rozdzielony na 10 jednakowych pró-



Rys. 1. Schemat stanowiska badawczego: 1 – podajnik mieszanki, 2 – anemometr, 3 – wentylator promieniowy, 4 – rurociąg, 5 – kase-ta do rozdziału materiału na próbki



Rys. 2. Stopień zmieszania w zależności od prędkości powietrza

Tablica 1  
Właściwości układów ziaren użytych do badań

	Materiał	Średnia średnica ziaren, mm	Gęstość nasypowa, kg/m <sup>3</sup>	Stosunek gęstości fazy rozpraszającej i traseru	Prędkość unoszenia, m/s
Układ nr 1:					
faza rozpraszająca:	pszenica	4,5	754	0,91	8,9–11,5
traser:	gorzycyca	2,5	688		9,83–11,8
Układ nr 2:					
faza rozpraszająca:	pszenica	4,5	754	0,96	8,9–11,5
traser:	soja	5,5	723		17,25–20,16

bek. Zawartość każdego z segmentów ważono, następnie materiał rozdzielano i określano udział  $x_i$  traseru w próbce. Stopień zmieszania wyznaczono za pomocą równania Rose'a [4]:

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

gdzie

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

oraz

$$\sigma_0 = \sqrt{p(1-p)} \quad (3)$$

Krzywe mieszania dla badanych układów przedstawiono na wykresach zależności stopnia zmieszania od prędkości przepływu powietrza w przenośniku.

Dla układu pszenica-gorzycyca nie odnotowano pogorszenia jakości mieszanki w przedziale prędkości gazu: 10÷25 m/s, dla układu pszenica-soja odnotowano spadek stopnia zmieszania, przy czym w przedziale prędkości gazu: 20÷30 m/s stopień zmieszania  $M$  był większy od 0,9, co jeszcze klasyfikuje mieszankę jako dobrą.

### Wnioski

W badanym przypadku transportu pneumatycznego, wykazano, że istnieją przedziały prędkości przepływu powietrza, dla których występuje pogorszenie jakości mieszanki. Pomimo, że różnice gęstości ziaren w badanych układach nie są zbyt duże, istotne znaczenie odgrywa tu czynnik kształtu. Ziarna pszenicy są podłużne, a ziarna soi i gorzycy okrągłe. Ponadto ziarna soi są znacznie większe i cięższe od gorzycy, co w układzie z podłużnymi ziarnami pszenicy sprzyja segregacji.

Jak widać, jakość nawet najlepszej mieszanki może ulec pogorszeniu podczas transportu. Przy projektowaniu i doborze parametrów pracy przenośnika pneumatycznego, należy zatem zadbać nie tylko o to, aby prędkość powietrza znajdowała się w tzw. ekonomicznym przedziale, ale również o to, aby praca przenośnika nie powodowała segregacji układów ziarnistych, co może zaistnieć dla układów nie wykazujących dużej skłonności do segregacji w innych warunkach.

### LITERATURA

1. F. Stręk: Mieszanie i mieszalniki, wyd. 2, Warszawa, WNT, 1981.
2. E. Bień, J. Bień: Urządzenia pneumatyczne w rolnictwie, Warszawa, Państwowe Wydawnictwo Rolnicze i Leśne, 1979.
3. J. Boss: Mieszanie materiałów ziarnistych, Warszawa-Wrocław, PWN, 1987.
4. H.E. Rose: Trans. Inst. Chem. Engrs. 37, 47 (1959).