

Dr inż. Alicja KOLASA - WIĘCEK
Instytut Inżynierii Produkcji, Politechnika Opolska,

WYZNACZENIE FUNKCJI OPISUJĄCEJ PRZEBIEG PROCESU MIESZANIA NIEJEDNORODNYCH MATERIAŁÓW SYPKICH W MIESZALNIKU BĘBNOWYM®

W artykule zaproponowano funkcję opisującą przebieg procesu mieszania par materiałów sypkich. Do wyznaczenia tej funkcji wykorzystano program Statistica. Mieszanie prowadzono w mieszalniku bębnowym. Funkcja zgodnie opisująca przebieg zjawiska mieszania dla materiałów o stosunku ρ_k/ρ_r bliskim jedności nie odzwierciedla jej istoty dla układów par daleko odbiegających od liczby 1.

Słowa kluczowe: mieszanie, materiały sypkie, mieszalnik bębnowy, program Statistica.

WPROWADZENIE

Proces mieszania jest stosowany w celu ujednoczenia składu mieszaniny wieloskładnikowej. W każdym rodzaju mieszania z reguły jeden ze składników występuje w ilości większej od pozostałych i nazywany jest fazą rozpraszającą, zaś inne składniki tworzą fazę rozproszoną. Jest to proces powszechnie stosowany w licznych branżach przemysłu rolnego – spożywczego. Podobnie jak w innych procesach związanych z surowcami sypkimi – transporcie, dozowaniu, przesiewaniu itp., poszukuje się nowych efektywnych sposobów. Coraz wyższe wymagania w stosunku do ujednoczenia, a tym samym podwyższenia jakości produktów, powodują poszukiwanie szybkich i tanich metod mieszania.

Mieszanie prowadzono w poziomym mieszalniku bębnowym. Mieszarki tego typu, bądź wyposażone w mieszadła, często stosowane są w przemyśle paszowym [3]. Cechuje je przede wszystkim prostota budowy i łatwość czyszczenia.

W pracy podjęto próbę opisanie charakteru przebiegu mieszania par materiałów sypkich.

METODYKA BADAŃ I ANALIZA WYNIKÓW

Badaniu poddano 5 par materiałów sypkich niejednorodnych pod względem gęstości. Wykorzystano niektóre ziarna zbóż oraz materiały modelowe (tabela 1).

Tabela 1. Parametry mieszanych komponentów

Para materiałów	Stosunek gęstości składnika kluczowego do fazy rozpraszającej ρ_k/ρ_r
1	4,87
2	3,25
3	1
4	0,7
5	0,4

Na podstawie przeprowadzonych eksperymentów rozkładu składnika kluczowego dla przebadanych par materiałów

w oparciu o program Statistica zaproponowano funkcję opisującą charakter jego przebiegu. Ogólnie proponowaną funkcję daje się przedstawić w postaci:

$$z = (ax + by + c)^{-1} \quad (1)$$

gdzie: a, b, c – stałe

Wyniki doświadczenia oraz przebieg zaproponowanej funkcji zamieszczono na rys. 1. Są to przebiegi dla trzech układów materiałów. Pozostałe dwa układy par (rys. 2) trudno jest opisać jakąkolwiek funkcją, bowiem układy te w trakcie procesu mieszania wykazują tendencję do segregacji. Rozprzestrzenianie się składnika kluczowego ma charakter losowy i jest procesem niestabilnym, na co zwrócili już uwagę Roseman i Donald [5].

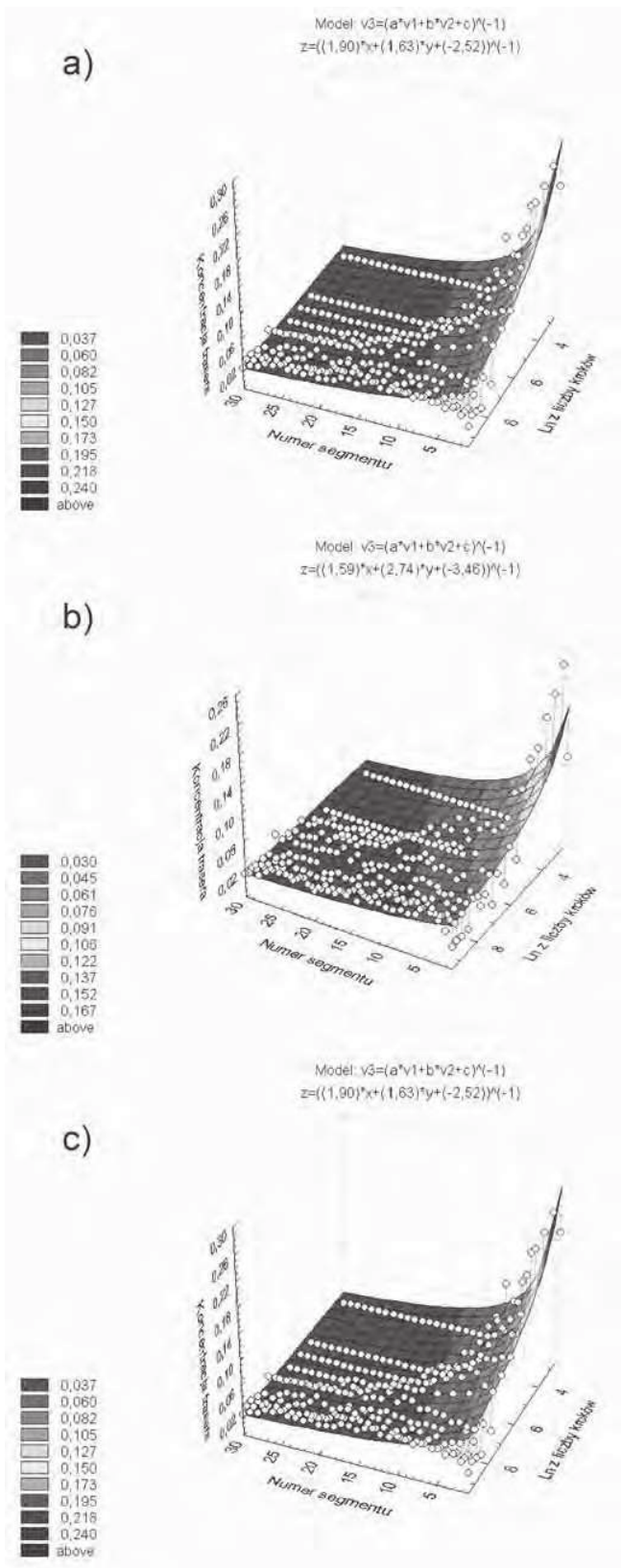
W zależności od rodzaju materiałów odpowiednio zmieniają się stałe a, b, i c.

Pary materiałów jednorodnych lub bliskie jednorodnym, gdzie proces mieszania przebiega bez zakłóceń, bez problemu dają się usystematyzować. Dla przypadków przedstawionych na rys. 1.a, b, i c proponowana funkcja zgodnie oddaje rozprzestrzenianie się badanego składnika kluczowego.

Podjęto próby opisanie funkcją przebiegu procesu mieszania par materiałów 1 oraz 2, jednak z ujemnym skutkiem. Funkcja zgodnie opisująca przebieg zjawiska mieszania dla materiałów o stosunku ρ_k/ρ_r bliskim liczbie 1, nie oddaje jej charakteru przebiegu dla układów par o ρ_k/ρ_r daleko odbiegających od jedności. Powyższe zależności mogą być spowodowane zjawiskiem segregowania się materiałów oraz losowym charakterem przebiegu procesu mieszania. Bardzo dobrze rozbieżności te obrazuje przykład zamieszczony na rys. 2.b.

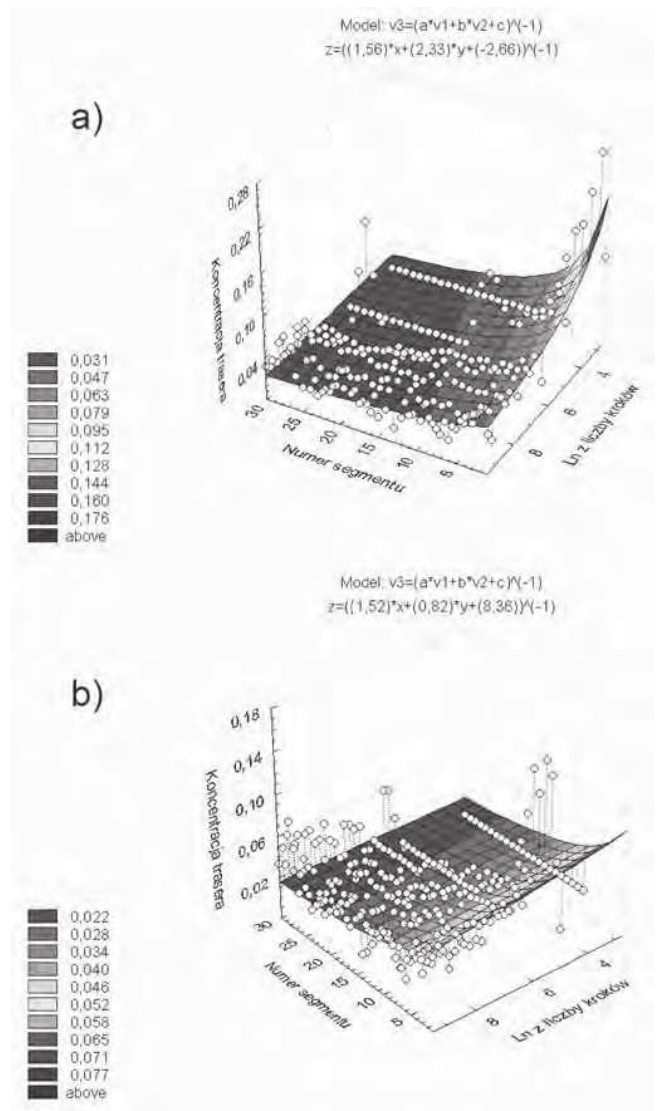
OCENA STANU RANDOMOWEGO MIESZANINY NA PODSTAWIE WARTOŚCI OBSERWOWANYCH I OCZEKIWANYCH PRZY POMOCY TESTU χ^2

Przy posiadaniu odpowiednio dużej liczby próbek pobranych z mieszaniny ziarnistej można sporządzić wykres bardzo dobrze ilustrujący stan zmieszania. Jest on nazywany rozkładem częstości składu próbek, gdzie na osi odczytanych zamieszcza się udział danego składnika w próbce, natomiast na osi



Rys. 1. Rozkłady rzeczywiste par materiałów i rozkład proponowanej funkcji: a) para materiałów 4; b) para materiałów 5; c) para materiałów 3.

rzędnych – liczbę próbek o danym składzie. Weryfikacja testem χ^2 na podstawie częstości występowania danego składu próbek pozwala stwierdzić, czy ich rozkład jest rozkładem normalnym i sprowadza się do wysunięcia hipotezy zerowej



Rys. 2. Rozkłady rzeczywiste par materiałów i rozkład proponowanej funkcji: a) para materiałów 1; b) para materiałów 2.

H_0 : dane mają rozkład normalny, wobec hipotezy alternatywnej H_1 : dane opisuje inny rozkład.

Wartość χ^2 oblicza się z zależności:

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^K \frac{(o_i - e_i)^2}{e_i}, \quad (2)$$

gdzie:

$o_1, o_2, o_3, \dots, o_n$ – zbiór zaobserwowanych częstości występowania danych składów próbek,

$e_1, e_2, e_3, \dots, e_n$ - zbiór odpowiednich częstości oczekiwanych składów próbek,

K – liczba par obserwowanych i oczekiwanych częstości.

Weryfikację hipotezy zerowej przeprowadza się na z góry ustalonym poziomie istotności ($\alpha = 0,05$). Z tablic χ^2 , przy liczbie stopni swobody $K - 1$, odczytujemy wartość krytyczną χ^2_{kr} . W przypadku, gdy obliczona wartość $\chi^2 \leq \chi^2_{kr}$, to z 5% prawdopodobieństwem możemy przyjąć hipotezę H_0 . Dla danego przykładu $\chi^2_{kr} = 5,99$ [2].

Tabela 2. Porównanie wartości oczekiwanych i obserwowanych w oparciu o test χ^2

Para materiałów	Liczba kroków*		
	15	2542	12624
1	0,125	0,159	0,631
2	0,079	1,866	1,983
3	0,336	0,244	0,228
4	0,300	0,248	0,295
5	0,219	0,178	0,201

*krok mieszania równy jest pięciu obrotom bębna, ustalenie kroku mieszania odbywa się na drodze doświadczalnej i polega na znalezieniu optymalnego czasu trwania tego kroku [1].

Otrzymane wartości χ^2 (tabela 2) są mniejsze od odczytanej z tablic. Pozwala to na stwierdzenie, iż dla przeanalizowanych prób słuszną jest hipoteza zerowa, zakładająca, że rozkład wartości oczekiwanych i obserwowanych jest rozkładem normalnym.

WNIOSKI

W oparciu o program Statistica do opisu procesu mieszania układów sypkich zaproponowano funkcję o wzorze $z = (ax + by + c)^{-1}$. Funkcja ta jest zgodna z przebiegiem rzeczywistym dla trzech z pięciu par materiałów (pary 3, 4 i 5). Podjęto próby znalezienia takiej funkcji dla dwóch pozostałych par, jednak jej nie odnaleziono. Są to układy niejednorodne, które wykazują tendencje do segregowania się i z tego powodu trudno jest znaleźć zależność oddającą charakter przebiegu procesu. Są to układy o niestabilnym charakterze mieszania.

W przypadku mieszania par materiałów o stosunkach gęstości jak przebadanych lub zbliżonych, niewątpliwie proponowana funkcja pozwoli z góry przewidzieć jak zachowywać się będą mieszane materiały i jakiego stopnia zmieszania surowców można oczekiwać. Uzyskane wyniki można wykorzystać w branżach przemysłu rolno-spożywczego do optymalizacji procesu mieszania.

LITERATURA

- [1] J. Boss, A. Knapik.: Modele stochastyczne procesu mieszania, Zesz. Nauk. WSI – Opole Studia i Monografie z. 78, 1995.
- [2] D. Bobrowski.: Probabilistyka w zastosowaniach technicznych, Wydawnictwo Naukowo - Techniczne, Warszawa 1986.
- [3] J. Grochowicz.: Technologia produkcji mieszanek paszowych, Państwowe Wydawnictwo Rolnicze i Leśne, 1996 Warszawa.
- [4] Polska Norma PN-73/R-74007: Ziarno zbóż. Oznaczenie gęstości.
- [5] B. Roseman, M. B. Donald.: Effects of Varying the Operating Conditions of a Horizontal Drum Mixer. Part II. Brit. Chem. Eng. 1962, 7, No 11.

SETTING FUNCTION OF MIXING PROCESS OF HETEROGENOUS GRAIN MATERIALS IN DRUM MIXER

SUMMARY

In this work the mixing process of the particulate materials with the different density has been investigated. The function describe this process was suggested. It was used Statistica program. The investigation have been performed in a drum mixer. The function in harmony describe process for homogeneous mixture or mixture for materials about ratio ρ_k/ρ_r near 1 but doesn't describe for raw materials depart from ratio 1.