

Krzysztof, Konrad JADWISIENICZAK, Dariusz, Jan CHOSZCZ, Stanisław KONOPKA
Katedra Maszyn Roboczych i Procesów Separacji
Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie

Wyniki badań wstępnych rozdzielania mieszaniny w tryjerze obiegowym ze stożkową powierzchnią roboczą Etap II. Separator z powierzchnią roboczą obracającą się wokół osi własnej zasilanej od strony większej średnicy

Streszczenie

Praca dotyczy oceny skuteczności rozdzielania dwuskładnikowej (modelowej) mieszaniny składającej się z cząstek długich (ziaren żyta) i krótkich (nasion gorczycy) w separatorze z powierzchnią roboczą w postaci ściętego stożka z wgłębieniami, którą zasilano od strony większej średnicy i wprawiano w ruch obrotowy wokół osi własnej. Podano stochastyczne modele opisujące wpływ podstawowych czynników konstrukcyjnych i eksploatacyjnych separatora na skuteczność rozdzielania mieszaniny.

Słowa kluczowe: tryjer obiegowy, stożkowa powierzchnia robocza, mieszanina modelowa

Results of preliminary research into the separation of grain mixtures in a rotary grader with a conical working surface

Stage II: Grader with a working surface revolving around its own axis, supplied on the side of the larger diameter

Summary

The aim of this study was to evaluate the separation efficiency of a two-component (model) mixture comprising long particles (rye kernels) and short particles (mustard seeds) in a grader with a working surface in the shape of a beveled cone with indented pockets, supplied on the side of the larger diameter and set into circular motion around its own axis. The paper presents stochastic models describing the effect of the grader's structural and operating parameters on separation efficiency.

Keywords: tryjer circulation, conical working surface, a mixture model

Wykaz oznaczeń:

F – obliczona wartość statystyki F - Snedecora,
 n – prędkość obrotowa elementu roboczego [$\text{obr} \cdot \text{min}^{-1}$],
 P_e – procent wyjaśnionej zmienności,
 Q – wielkość zasilania elementu roboczego mieszaniną [$\text{kg} \cdot \text{h}^{-1}$],
 R – współczynnik korelacji wielokrotnej,
 α_r – kąt ustawienia roboczej krawędzi rynienki [$^\circ$],
 m_g – masa nasion gorczycy użytych do sporządzenia próbki [g],
 m_{pz} – masa ziaren żyta w produkcie po rozdzielaniu [g],

m_{rg} – masa nasion gorczycy w produkcie po rozdzielaniu [g],
 m_{rz} – masa ziaren żyta wydzielonych do rynienki [g],
 m_z – masa ziaren żyta użytych do sporządzenia próbki [g],
 S_z – straty ziaren żyta [%],
 ε – wskaźnik procesu rozdzielania;
 ε_1 – uzysk ziaren żyta,
 ε_2 – uzysk nasion gorczycy,
 η_g – skuteczność wydzielania nasion gorczycy [%].

Wprowadzenie

Zasada rozdzielania w tryjerze cylindrycznym polega na tym, że mieszanina ziarnista jest podawana na wewnętrzną powierzchnię obracającego się cylindra i przesuwana w nim stopniowo, układając się w warstwę, której kształt (w przekroju poprzecznym) przypomina nerkę (Grochowicz 1994).

Podczas pracy tryjera, przekrój poprzeczny nerki zmniejsza się w kierunku wylotu z cylindra. Ilość zanieczyszczeń wynoszonych do rynienki jest największa na wlocie i maleje w miarę zbliżania się do wylotu (Wierzbicki i in. 1997).

W oparciu o przeprowadzone dotychczas rozważania i doświadczenia można przewidywać, że zastąpienie powierzchni cylindrycznej powierzchnią stożkową zwiężającą się w kierunku wylotu i zasilaniu jej od strony większej średnicy pozwoli na lepsze jej wykorzystanie i umożliwi zwiększenie

wydajności tryjera. Rozwiązanie to musi jednocześnie zapewnić, przy zachowaniu niewielkich gabarytów separatora, odpowiednią jakość procesu czyszczenia mieszaniny (Wierzbicki i in. 1998; Wierzbicki 2000).

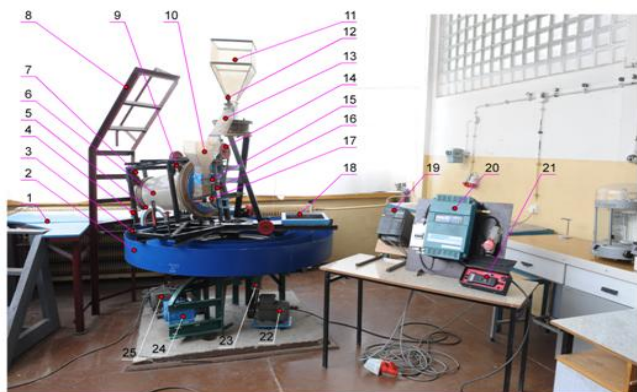
Cel pracy

Celem pracy była ocena skuteczności rozdzielania dwuskładnikowej (modelowej) mieszaniny składającej się z cząstek długich (ziaren żyta – składnik podstawowy) i krótkich (nasion gorczycy – składnik zanieczyszczający) w separatorze z powierzchnią roboczą w postaci ściętego stożka z wgłębieniami, zasilanej od strony większej średnicy, która obracała się tylko wokół podłużnej (poziomej) osi własnej.

Określono również wpływ podstawowych czynników konstrukcyjnych i eksploatacyjnych separatora na skuteczność rozdzielania mieszaniny.

Metodyka badań

Widok zmodernizowanego stanowiska badawczego przedstawiono na rysunku 1. Podstawowym zespołem roboczym obiektu badań jest powierzchnia w kształcie ściętego stożka, obracająca się wokół poziomej osi własnej, którą zasilano od strony większej średnicy. Dokładną budowę prototypu i jego parametry techniczne oraz zasadę rozdziału mieszaniny przedstawiono w pracy (Jadwisieńczyk i in. 2009).



Rys. 1. Widok stanowiska badawczego: 1 – pomost; 2 – rynna zbiorcza rozdzielonych frakcji; 3 – rama ruchoma; 4 – śruby oporowe; 5 – skala kątowna poziomowania wzdłużnego stożka; 6 – stożkowa powierzchnia rozdzielająca z wgłębieniami; 7 i 9 – rolki podporowe; 8 – schody; 10 i 13 – ukośny i pionowy kanał zasilający; 11 – zbiornik na nasiona; 12 – zasuwa; 14 – koło pasowo-klinowe; 15 – rynienka; 16 – skale kątowne ustawiania roboczej krawędzi rynienki; 17 – elektroniczny czujnik pomiaru prędkości kątowej stożka wokół własnej osi; 18 – obciążnik; 19 i 20 – przemienniki częstotliwości; 21 – rotametr; 22 i 25 – silniki elektryczne; 23 – wylot frakcji; 24 – przekładnia ślimakowa.

Fig. 1. View of the test stand: 1 – deck; 2 – collecting trough for separated fractions; 3 – mobile frame; 4 – stop screws; 5 – angular scale for longitudinal leveling of the cone; 6 – conical separating surface with indented pockets; 7 and 9 – support rollers; 8 – ladder; 10 and 13 – diagonal and vertical supply chutes; 11 – seed store; 12 – damper; 14 – sheave; 15 – trough; 16 – scale for setting the angle of the working edge of the trough; 17 – electronic sensor of angular velocity achieved by the cone revolving around its own axis; 18 – weight; 19 and 20 – frequency converters; 21 – rotameter; 22 and 25 – electric motors; 23 – long fraction outlet; 24 – worm gear.

Parametry techniczne stożkowej powierzchni roboczej były następujące:

– materiał użyty do wykonania stożka	polimetakrylan metylu;
– minimalna średnica stożka	245 mm;
– maksymalna średnica stożka	325 mm;
– długość tworzącej stożka	480 mm;
– średnica wgłębień	5 mm;
– głębokość wgłębień	2,7 mm;
– dno wgłębień	sferyczne;
– rozmieszczenie wgłębień na wierzchołkach trójkątów równobocznych zestawionych obok siebie o boku	7,5 mm.

Podczas realizacji doświadczeń zmieniano:

- prędkość obrotową (n) elementu roboczego wokół osi własnej w zakresie od 18 do 56 obr.·min⁻¹, co 3,1 obr.·min⁻¹;
- wielkość zasilania elementu roboczego (Q) mieszaniną, poprzez otwarcie zasuwy na: 3, 7 i 13 mm, co odpowiadało następującym wartościom zasilania mieszaniną: 37; 99 i 168 kg·h⁻¹;
- kąt (α_r) ustawienia roboczej krawędzi rynienki mierzony od dolnej części pionowej osi przekroju poprzecznego stożka w zakresie od 105° do 135°, co 15°.

Doświadczenia obejmujące ilościową i jakościową ocenę procesu rozdzielania mieszaniny w tryerze obiegowym ze stożkową powierzchnią roboczą rozpoczynano od ustalenia najniższych wartości parametrów zmiennych. Do doświadczeń sporządzono próbki o masie 1000 g każda (980 g ziaren żyta i 20 g nasion gorczycy). Wilgotność względna składników użytych do sporządzenia próbek wynosiła odpowiednio: ziarniaków żyta 13,5%, a nasion gorczycy 13,8%. Określono ją metodą suszarkową zgodnie z PN-91/A-74010.

Po procesie rozdzielania nasiona wydzielone do odpowiednich części rynny zbiorczej gromadzono do pojemników, a jedną z partii rozdzielano manualnie na 2 gatunki, których masę określano na wadze elektronicznej typu 3100/C/2 z dokładnością do 0,01 g. Doświadczenia przeprowadzono dla wszystkich kombinacji wartości czynników zmiennych (n , α_r , Q) w 3 powtórzeniach.

Na podstawie wyznaczonych mas składników mieszaniny wydzielonych do poszczególnych komór rynny zbiorczej określono skuteczność wydzielania nasion gorczycy (η_g) oraz straty ziaren żyta (S_z) stanowiących składnik podstawowy.

Skuteczność wydzielania nasion gorczycy (η_g) wyznaczono z zależności (1):

$$\eta_g = \frac{m_{rg}}{m_g} \cdot 100 \quad (1)$$

Straty ziaren żyta (S_z) określono ze wzoru (2):

$$S_z = \frac{m_{rz}}{m_z} \cdot 100 \quad (2)$$

Wyznaczono również wskaźnik całego procesu rozdzielania (ε) z równania (3):

$$\varepsilon = \varepsilon_1 \varepsilon_2 \quad (3)$$

Wskaźniki cząstkowe (ε_1) i (ε_2) obliczano odpowiednio z zależności (4) oraz (5):

$$\varepsilon_1 = \frac{m_{pz}}{m_z} \quad (4)$$

$$\varepsilon_2 = \frac{m_{rg}}{m_g} \quad (5)$$

Wyznaczone wartości wskaźników oceny jakości procesu rozdzielania (η_g , S_z oraz ε) poddano opracowaniu statystycznemu. Stosowano analizę regresji, której celem było opracowanie modeli opisujących:

$$\eta_g = f(n, \alpha_r, Q)$$

$$S_z = f(n, \alpha_r, Q)$$

$$\varepsilon = f(n, \alpha_r, Q)$$

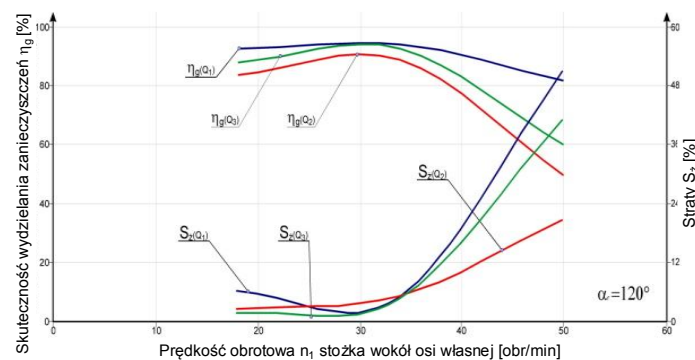
Do obliczeń wykorzystano pakiet programów statystycznych „WinStat” (Mikołajczak 2001) i Statistica PL (Luszniewicz 2008).

Wyniki badań i ich analiza

Analizując wpływ prędkości obrotowej elementu robocze- go wokół osi własnej (n) zaobserwowano, że wraz ze wzro- stem prędkości rosną straty składnika podstawowego (S_z), natomiast skuteczność wydzielenia zanieczyszczeń (η_g) początkowo wzrasta, a po przekroczeniu prędkości ok. 30 obr. \cdot min $^{-1}$ zaczyna maleć.

Stwierdzono również, że wielkość zasilania mieszaniną (Q) nie ma jednoznacznego wpływu na wartość wskaźników procesu rozdzielania. Najwyższą wartość skuteczności wydzielenia zanieczyszczeń oscylującą w granicach 98%, odnotowano dla zasilania stożka mieszaniną (Q) ok. 37 kg \cdot h $^{-1}$, następnie 168 kg \cdot h $^{-1}$, a najmniejszą dla 77 kg \cdot h $^{-1}$.

Zanotowano również, że najniższe straty ziaren żyta (S_z), występują przy wartości zasilania mieszaniną (Q) ok. 168 kg \cdot h $^{-1}$. Zastosowanie separatora umożliwia uzyskanie skuteczności rozdzielania mieszaniny wynoszącej ok. 93%. Maksymalne wartości wskaźników jakości procesu roz- dzielania (η_g) oraz (S_z) można uzyskać przy kącie ustawie- nia roboczej krawędzi rynienki $\alpha_r = 120^\circ$ oraz prędkościach obrotowych stożka wokół osi własnej $n = 32$ obr. \cdot min $^{-1}$ oraz zasilaniu stożka mieszaniną (Q) nawet 168 kg \cdot h $^{-1}$ (rys. 2).



Rys. 2. Przebieg zmian skuteczności wydzielenia zanieczyszczeń (η_g) i strat ziaren gatunku podstawowego (S_z), przy rozdzielaniu mieszaniny w separatorze ze stożkową powierzchnią roboczą obracającą się tylko wokół osi własnej (O_1) i zasilanej mieszaniną od strony większej średnicy odpowiednio: $Q_1 = 37$ kg \cdot h $^{-1}$; $Q_2 = 99$ kg \cdot h $^{-1}$; $Q_3 = 168$ kg \cdot h $^{-1}$; oraz danym ustawieniu robo- czej krawędzi rynienki określonym kątem ($\alpha_r = 120^\circ$).

Fig. 2. Changes in the efficiency of impurity separation (η_g) and loss of basic grain species (S_z) during mixture separation in a grader with a conical working surface revolving around its own axis (O_1), supplied with the grain mixture on the side of the larger diameter at $Q_1 = 37$ kg \cdot h $^{-1}$ $Q_2 = 99$ kg \cdot h $^{-1}$ and $Q_3 = 168$ kg \cdot h $^{-1}$, respectively, with setting angle of the working edge of the trough ($\alpha_r = 120^\circ$).

Wartość współczynników korelacji wielokrotnej dla wszyst- kich opracowanych modeli była stosunkowo wysoka i przekraczała wartość 0,9011, co świadczy o dobrym dopa- sowaniu opracowanego modelu do danych empirycznych.

Zestawienie wyników analizy statystycznej zostało zapre- zentowane w tabeli 1.

Tabela 1. Zestawienie równań regresji oraz ocen dopasowania funkcji
Table 1. Regression equations and evaluations of goodness of fit

Równania regresji; Regression equation	Oceny dopasowania funkcji regresji; Evaluate the fit of the regression function		
	F	R	P_e
$\eta_g = 5,939n + 5,528\alpha_r - 0,097n^2 - 0,028\alpha_r^2 - 252,450$	43,31	0,9011	80,12
$S_z = 4,659n - 3,742\alpha_r + 0,041n^2 + 0,019\alpha_r^2 + - 0,001Qn - 0,052n\alpha_r + 190,698$	99,56	0,9674	93,58
$\varepsilon = 7,886\alpha_r - 0,006n^2 - 0,042\alpha_r^2 + 0,054n\alpha_r + - 334,299$	174,29	0,9705	94,19

Wnioski

- Opracowany separator z powierzchnią roboczą w po- staci ściętego stożka z wgłębieniami zasilany od strony większej średnicy, charakteryzuje się wysoką precyzją rozdzielania dwuskładnikowej mieszaniny składającej się z ziaren żyta (składnik podstawowy) i nasion gorczycy (składnik stanowiący zanieczyszczenie).
- Wskaźniki oceny jakości procesu rozdzielania można opisać wielomianem wielu zmiennych stopnia drugiego. Sformułowane a posteriori probabilistyczne modele mate- matyczne opisujących zmianę wartości zmiennych zależ- nych, tj. skuteczności wydzielenia nasion gorczycy (η_g), strat ziaren żyta (S_z) oraz skuteczności rozdzielania miesza- niny (ε) w funkcji zmiennych niezależnych umożliwiają precyzyjną predykcję wskaźników charakteryzujących ja- kość procesu rozdzielania mieszaniny.
- Badania należy kontynuować, a ich zakres rozszerzyć o zwiększenie zasilania tryjera, które w realizowanych doświadczeniach nie miało istotnego wpływu na skutecz- ność wydzielenia nasion gorczycy (η_g) i strat ziarna żyta (S_z) oraz zbadać np. wpływ wilgotności mieszaniny na przebieg procesu rozdzielania.

Literatura

- Grochowicz J. 1994. *Maszyny do czyszczenia i sortowania nasion*. Wyd. AR – Lublin.
- Jadwisieńczyk K., Choszcz D., Konopka S. 2009. *Wyniki badań skuteczności rozdzielania mieszaniny w tryjerze obie- gowym ze stożkową powierzchnią roboczą. Etap I. Separator z powierzchnią roboczą obracającą się wokół osi własnej*. Inżynieria Rolnicza Nr 6(115). s. 117-123.
- Luszniewicz A. 2008. *Statystyka z pakietem komputerow- ym Statistica PL. Teoria i zastosowania*. Wyd. C.H. Beck. Warszawa.
- Mikołajczak J. 2001. *Statystyka matematyczna z paki- etem WinStat na CD*. UWM, Olsztyn. ISBN 83-7299-113-8.
- Polska Norma PN-91/A-74010. *Ziarno zbóż i przetwory zbożowe. Oznaczanie wilgotności (rutynowa metoda odwo- ławcza)*. Wydawnictwo Normalizacyjne, Warszawa.
- Wierzbicki K., Konopka S., Choszcz D. 1997. *Badania porównawcze jakości czyszczenia tryjera z powierzchniami rozdzielającymi w postaci cylindra i stożków ściętych*. Zesz. Nauk ART Olsztyn. Mech. i Bud., 29, s. 13-21.
- Wierzbicki K., Konopka S., Choszcz D. 1998. *Analysis of Short Fraction Distribution in the Calibration Trough of a Trieur with a Truncated Cone as the Separation Surface*. Technical Sciences 1. s. 59-69.

Krzysztof, Konrad JADWISIEŃCZAK, Dariusz, Jan CHOSZCZ, Stanisław KONOPKA

8. Wierzbicki K., Choszcz D., Konopka S. 2000. *Studies on the kinematic conditions of a cylindrical trieur set in additional rotary motion*. Technical Sciences, 3, s. 101-110.

Krzysztof, Konrad Jadwisięnczak, Dariusz, Jan Choszcz, Stanisław Konopka,
Katedra Maszyn Roboczych i Procesów Separacji
Uniwersytet Warmińsko-Mazurski
ul. M. Oczapowskiego 11, 10-719 Olsztyn,
tel. (0-89) 523 36 07,
e-mail: krzychi@moskit.uwm.edu.pl

pobrano z www.ips.wm.tu.koszalin.pl