

ANALIZA JAKOŚCI PRACY ROLKOWEGO SEPARATORA CZYSZCZĄCEGO DO ZIEMNIAKÓW

Wojciech Tanaś

Katedra Maszynoznawstwa Rolniczego, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie

Streszczenie. W publikacji przedstawiono analizę jakości pracy rolkowego separatora czyszczącego do ziemniaków. Na podstawie uzyskanych wyników badań laboratoryjnych opracowano model procesu separacji i określono parametry znacząco wpływające na czystość i poziom uszkodzeń ziemniaków.

Słowa kluczowe: ziemniak, mieszanina technologiczna, separator rolkowy, parametry separatora, czystość plonu, poziom uszkodzeń

Wprowadzenie

Analiza procesu technologicznego maszyn do zbioru ziemniaków pokazuje, że znaczącą rezerwę zwiększenia efektywności separacji mieszaniny technologicznej jest jej intensyfikacja w zespołach separujących drugiego stopnia [Lisowski 1999; Marks i inni 1997; Tanaś 2001]. W maszynach do zbioru ziemniaków intensyfikacja separacji w końcowej fazie procesu technologicznego pozwoli na zmniejszenie powierzchni roboczej zespołów separujących pierwszego stopnia i masy maszyny [Pietrow 1984; Tanaś 2006, 2007].

Jednym z perspektywicznych kierunków w separacji mieszaniny technologicznej jest zastosowanie sekcji wzdłużnych walcowo-rolkowych separatorów oczyszczających (parami współbieżnych), z których jeden na swojej powierzchni posiada spiralny występ [Tanaś 2008].

Szczególną cechą rotacyjnych oczyszczaczy tego typu jest to, że obrabiany materiał przemieszcza się wzdłuż osi obrotu walcowych separatorów. Sposób przemieszczania mieszaniny technologicznej powoduje, że większość brył gleby oddzielana jest w przedniej strefie sekcji walcowych separatorów, a następnie bulwy oczyszczane są z oblepionej gleby.

Opracowanie i zastosowanie rotacyjnych separatorów w maszynach do zbioru ziemniaków zapewni wzrost ich wydajności przy zwiększeniu czystości plonu i obniżeniu poziomu uszkodzeń bulw.

Materiał, metody, wyniki badań, analiza.

Na podstawie przeprowadzonych rozważań teoretycznych i analizy zakresów określonych parametrów konstrukcyjnych i roboczych rolkowego separatora czyszczącego do ziemniaków [Rapiunchuk, Tanaś 2006; Tanaś 2008], zaprojektowano i wykonano stanowisko do badań laboratoryjnych procesu separacji.

W stanowisku badawczym przewidziano stosowanie sekcji walców roboczych wykonanych z różnych materiałów, tj. stali, gumy i polimerów. Konstrukcja stanowiska umożliwiła zmiany odległości między walcami, ich prędkości obrotowej i kąta nachylenia sekcji roboczej.

Stanowisko (rys. 1) zbudowane jest z ramy, przenośnika podającego i modułu roboczego, składającego się z sześciu walców ze spiralnym występem. Napęd zespołów roboczych przeprowadzono od silnika poprzez reduktor i układ przekładni łańcuchowych.



Rys. 1. Stanowisko badawcze z sekcją walcowego separatora czyszczącego
Fig. 1. Test stand with section of cylindrical cleaning separator

W związku z tym, że wraz ze wzrostem wilgotności i poziomu zanieczyszczeń mieszaniny technologicznej proces separacji pogarsza się, w badaniach przyjęto skrajnie nie-sprzyjające warunki: wilgotność 26-28% i zawartość resztek roślinnych 10% i gleby również 10% masy całkowitej.

Masa przygotowanych prób kształtowała się w granicach 25-30 kg. Rozdzielane na separatorze frakcje ważono na hakowej wadze elektronicznej WPT 30/CG z dokładnością do 0,01 kg.

Poziom oddzielenia resztek roślinnych określano wg zależności (1):

$$P = \frac{P_i - P_o}{P_i} \cdot 100\% \quad (1)$$

gdzie:

- P_i – masa zanieczyszczeń w próbie przed separacją,
- P_o – masa zanieczyszczeń w próbie po przejściu przez separator.

Po przejściu mieszaniny przez separator określano rodzaj i ilość uszkodzeń bulw. Do bulw uszkodzonych zaliczano bulwy z:

- otartym naskórkim, od $\frac{1}{4}$ do $\frac{1}{2}$ powierzchni,
- otartym naskórkim powyżej $\frac{1}{2}$ powierzchni,
- wyrwami miąższu z głębokością większą niż 5 mm,
- pęknięciami dłuższe niż 20 mm,
- przecięciami,
- rozgniecione.

Uwzględniano wszystkie uszkodzenia na każdej bulwie [Szeptycki 1985]. Po 10-cio dniowym okresie przechowywania określano pociemniania miąższu na głębokość większą niż 5 mm.

W ciągu badań należało określić wartości optymalnych parametrów roboczych walcowego separatora czyszczącego, przy których jakość jego pracy odpowiada wymaganiom agrotechnicznym.

Jakość pracy oceniano na podstawie uzyskanej czystości plonu i poziomu jego uszkodzeń na wyjściu materiału z agregatu.

Czystość plonu (Y_1) przyjęto, jako parametr optymalizacji, a poziom uszkodzeń (Y_2) jako ograniczenie:

$Y_{1max} = 1$ - przy 100% czystości bulw,

$Y_{2min} = 0$ - przy braku uszkodzeń.

Jakość pracy separatora będzie najwyższa przy 100% czystości bulw bez uszkodzeń, tj.:

$$Y_{10} = 1; \quad Y_{20} = 0.$$

Parametry wpływające na jakość separacji to:

- materiał walców - X_1 ,
- kąt nachylenia sekcji walców - X_2 ,
- prędkość obrotowa walców - X_3 ,
- szczelina między walcami - X_4 .

Dla przeprowadzenia eksperymentu przyjęto symetryczny, niekompozycyjny plan Boksa-Benkna [Kukielka 2002] (tab. 1).

Parametry przyjmują wartości z trzech poziomów 0 i ± 1 . Plany przedstawiają sobą dwupoziomowe kombinacje (-1; +1) pełnych eksperymentów.

Warunki doświadczeń przedstawiono w tabeli 2.

W rezultacie przeprowadzonych badań procesu separacji na stanowisku laboratoryjnym z walcowym separatorem oczyszczającym uzyskano dane przy zbiorze ziemniaków.

Tabela 1. Symetryczny, niekompozycyjny plan Boksa-Benkena
 Table 1. Symmetrical, non-compositional Box-Benken's plan

Ilość parametrów k	Macierz planowania				Plan dla parametrów z dwoma poziomami ± 1	Ilość doświadczeń		
	X_1	X_2	X_3	X_4		w zbiorze dla planu 3^k	w poziomie zerowym (centralny)	Razem
4	± 1	± 1	0	0	2^2	24	3	27
	0	0	± 1	± 1				
	± 1	0	0	± 1				
	0	± 1	± 1	0				
	± 1	0	± 1	0				
	0	± 1	0	± 1				
	0	0	0	0				

Tabela 2. Przedziały zmienności parametrów eksperymentu
 Table 2. Variability intervals for the experiment parameters

Parametr	Współczynnik tarcia materiału walca o bulwy X_1	Kąt nachylenia sekcji walców [...°] X_2	Prędkość obrotowa walców [s^{-1}] X_3	Szczelina między walcami [mm] X_4
podstawowy poziom X_{i0}	0,4	5	8,3	16
interwał zmienności ΔX_i	0,2	5	0,8	4
poziom górny $X_i = \pm 1$	0,6	10	9,1	20
poziom dolny $X_i = -1$	0,2	0	7,5	12

Po opracowaniu wyników badań wg metodyki [Pabis 1985; Kukielka 2002] otrzymano zależności regresyjne opisujące proces separacji mieszaniny technologicznej na walcowym separatorze oczyszczającym.

$$Y_1 = 96,64 + 16,6X_1 - 0,78X_2 + 0,94X_4 \quad (2)$$

$$Y_2 = 1,67 + 1,305X_1 + 1,22X_4 + 0,64X_3^2 + 1,01X_4^2 \quad (3)$$

W wyniku matematycznej weryfikacji zależność (2) przyjęła postać:

$$Y_1 = 95,64 + 1,61X_1 - 0,78X_2 + 0,94X_4 \quad (4)$$

Analiza zależności (4) pokazuje, że na czystość plonu w znaczący sposób wpływają:

- rodzaj materiału powierzchni walca,
- kąt wzdłużnego nachylenia walców,
- szczelina między walcami.

Ze wzrostem współczynnika tarcia powierzchni walców rośnie poziom czystości plonu, natomiast zwiększenie kąta nachylenia walców prowadzi do jego obniżenia. Zwiększenie szczeliny między walcami także powoduje wzrost poziomu czystości plonu.

Analizując zależność (3) opisującą poziom uszkodzeń bulw widzimy, że ze wzrostem współczynnika tarcia powierzchni walców, szczeliny między nimi oraz ich prędkości obrotowej rośnie poziom uszkodzeń bulw.

Z analizy zależności (4) i (3) wynika, że optymalnymi parametrami zapewniającymi najwyższą czystość bulw przy minimalnych uszkodzeniach są prędkość obrotowa walców (X_3) i wzdłużny kąt nachylenia (X_2) a ich wartości odpowiadają poziomowi podstawowemu:

$$X_2 = 0; \quad X_2 = 5^\circ (0,087 \text{ rad});$$

$$X_3 = 0; \quad X_3 = 8,3 \text{ s}^{-1}.$$

W zależności (4) nie występuje współczynnik b_3 , a w zależności (3) brak współczynnika b_2 . Brak jest też interakcji między nimi w obu modelach. Jednocześnie b_2 występuje w zależności (4) z ujemnym znakiem. Dlatego ze zwiększeniem wartości kąta nachylenia walców zmniejsza się poziom czystości bulw. Natomiast w zależności (3) współczynnik b_3 wskazuje, że wprowadzenie w model wartości parametru na poziomie

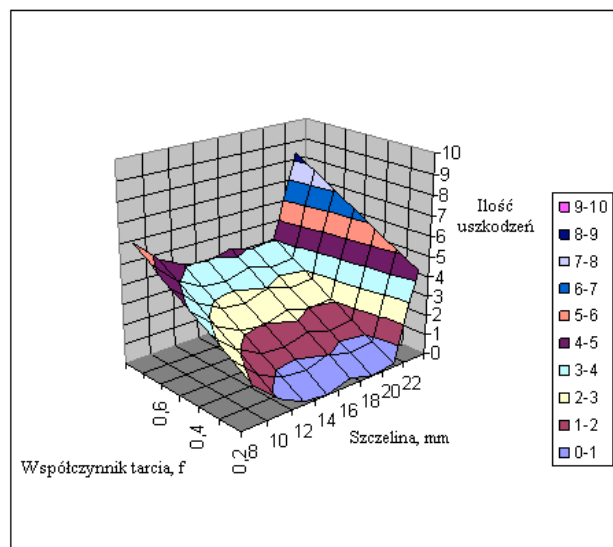
$X_3 = \pm 1$ zawsze prowadzi do wzrostu poziomu uszkodzeń bulw. Po wprowadzeniu parametrów X_2 i X_3 z poziomów $X_2 = 0$ i $X_3 = 0$ z zależności (4) i (3) otrzymano zależności wiążące poziomy czystości i uszkodzeń bulw z właściwościami powierzchni walców (X_1) i szczeliną między nimi (X_4).

$$Y_1 = 95,64 + 1,61X_1 + 0,94X_4 \quad (5)$$

$$Y_2 = 1,67 + 1,3X_1 + 1,22X_4 + 1,01X_4^2 \quad (6)$$

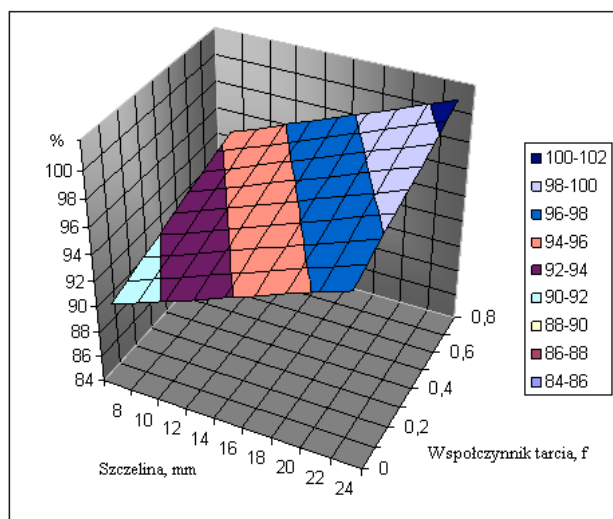
Z pomocą „Microsoft Excel” zależności (5) i (6) przedstawiono graficznie na rys. (2) i (3).

Izolinie o jednakowym poziomie czystości i udziale uszkodzeń bulw przy zmianie rodzaju powierzchni walców i szczeliny między nimi przedstawiono na rys. (4) i (5).



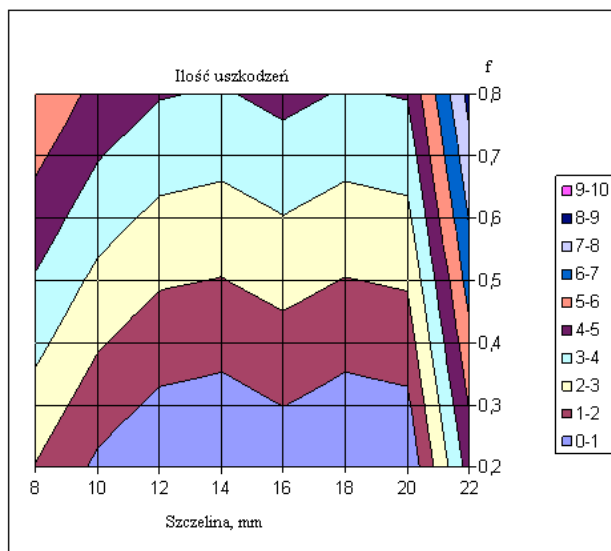
Rys. 2. Zależność poziomu uszkodzeń bulw od właściwości powierzchni walców i szczeliny między nimi

Fig. 2. Dependence between tuber damage level and cylinder surface properties and gap between the cylinders

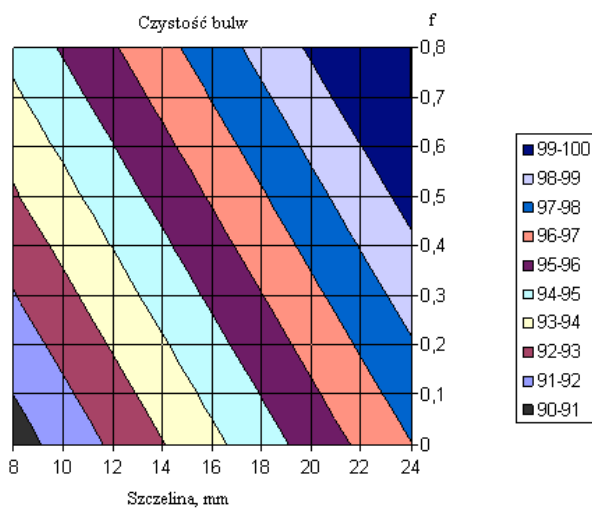


Rys. 3. Zależność poziomu czystości bulw od właściwości powierzchni walców i szczeliny między nimi

Fig. 3. Dependence between tuber cleanliness level and cylinder surface properties and gap between the cylinders



Rys. 4. Izolinie jednakowych udziałów uszkodzeń bulw w warunkach zbioru ziemniaków
 Fig. 4. Isolines of identical tuber damage shares in potato harvest conditions



Rys. 5. Izolinie jednakowej czystości bulw przy zbiorze ziemniaków
 Fig. 5. Isolines of identical tuber cleanness during potato harvest

Podsumowanie

Opracowane stanowisko badawcze z walcowym separatorem czyszczącym umożliwia efektywną separację brył gleby i resztek roślinnych od bulw ziemniaka.

Otrzymane analityczne modele adekwatnie opisują zależność jakości pracy walcowego separatora od jego parametrów konstrukcyjnych z uwzględnieniem ich zakresów roboczych.

Analiza otrzymanych modeli wykazała, że na poziom czystości bulw znaczący wpływ wywierają:

- właściwości materiału walca,
- kąt nachylenia walców,
- szczelina między walcami,

a na poziom uszkodzeń:

- właściwości materiału walców,
- szczelina między walcami,
- prędkość obrotowa walców.

Bibliografia

- Kukielka L.** 2002. Podstawy badań inżynierskich. Wydawnictwo Naukowe PWN. Warszawa. s. 76-130.
- Lisowski A.** 1999. Modele matematyczne opisujące pracę agregatu do zbioru ziemniaków. Przegląd Techniki Rolniczej i Leśnej 6. s. 17-20.
- Lisowski A.** 2000. Wpływ czynników technicznych i eksploatacyjnych na pracę agregatu do zbioru ziemniaków. Wyd. SGGW Warszawa. Rozprawy Naukowe i Monografie. s. 14-52.
- Marks N. i inni.** 1997. Wpływ nowej techniki uprawy na powstawanie mechanicznych uszkodzeń bulw ziemniaka podczas zmechanizowanego zbioru. Inżynieria Rolnicza 1. s. 71-76.
- Pabis S.** 1985. Metodologia i metody nauk empirycznych. PWN. Warszawa. ISBN 83-010526-2.
- Pietrow G.** 1984. Kartofielieuborocznyje masziny. Maszynostrojenije. Moskwa. s. 80-232.
- Rapiunchuk A., Tanaś W. i inni.** 2006. Obosnowanije osnovnych konstruktywnych paramietrow rolikowogo worochooczistitielia. Monografie PIMR, t. 3. s. 193-197.
- Szeptycki A.** 1985. Metodyka badań jakości pracy kombajnów do ziemniaków. IBMER XVII/291.
- Tanaś W.** 2001. Razrabotka niekotorych riekomiendacji po rieszieniju koncepcji powyszienija proizvodstwa kartofielia i owoszcziej. BGATU Mińsk. Monografie YDK 631.5. s. 31-60.
- Tanaś W.** 2008. Parametry konstrukcyjne rolkowego separatora czyszczącego do ziemniaków. Inżynieria Rolnicza. Nr 10(108). Kraków. s. 261-267.
- Tanaś W., Zawierucha M.** 2006. Proces separacji mieszaniny technologicznej na górcie palcowej kombajnu do zbioru ziemniaków. Inżynieria Rolnicza. Nr 12(87). Kraków. s. 501-509.

OPERATION QUALITY ANALYSIS FOR POTATO CLEANING ROLLER SEPARATOR

Abstract. The publication presents completed operation quality analysis for potato cleaning roller separator. Obtained laboratory test results were used to develop separation process model and to determine parameters having significant effect on potato cleanness and damage level.

Key words: potato, technological mixture, roller separator, separator parameters, crop cleanness, damage level

Adres do korespondencji:

Andrzej Tanaś; e-mail: wojciech.tanas@up.lublin.pl
Katedra Maszynoznawstwa Rolniczego
Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie
ul. Głęboka 28
20-612 Lublin