
KOMITET TECHNIKI ROLNICZEJ PAN
POLSKIE TOWARZYSTWO INŻYNIERII ROLNICZEJ

INŻYNIERIA ROLNICZA

Rok **XIII**

7(116)

Kraków 2009

RADA PROGRAMOWA

czł. rzecz. PAN prof. dr hab. inż. Janusz Haman – przewodniczący
czł. rzecz. PAN prof. dr hab. inż. Rudolf Michałek – wiceprzewodniczący
prof. dr hab. inż. Małgorzata Bzowska-Bakalarz
prof. dr hab. inż. Stanisław Pabis
prof. dr hab. inż. Tadeusz Rawa
prof. dr hab. inż. Józef Szlachta
prof. dr hab. inż. Zdzisław Wójcicki
prof. dr hab. inż. Jan Dawidowski
prof. dr hab. inż. Jerzy Weres

CZŁONKOWIE ZAGRANICZNI

prof. Gerard Wiliam Isaacs (USA) – czł. zagr. PAN
prof. Stefan Cenkowski (Kanada)
prof. Jürgen Hahn (Niemcy)
prof. Radomir Adamovsky (Rep. Czeska)
prof. Oleg Sidorczuk (Ukraina)

KOMITET REDAKCYJNY

czł. rzecz. PAN prof. dr hab. inż. Rudolf Michałek – redaktor naczelny
czł. rzecz. PAN prof. dr hab. inż. Janusz Haman
prof. dr hab. inż. Janusz Laskowski
dr inż. Maciej Kuboń – sekretarz

RECENZENCI

Prof. dr hab. Stanisław Grundas – Instytut Agrofizyki PAN – Lublin
Prof. dr hab. Elżbieta Kusińska – Uniwersytet Przyrodniczy – Lublin

Wydawca

Polskie Towarzystwo Inżynierii Rolniczej

Praca wykonana

w Katedrze Maszyn Roboczych i Procesów Separacji
Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego w Olsztynie

Druk i oprawa:

S.C. DRUKROL (Kraków, al. 29 Listopada 46) tel. (012) 412 46 50
Nakład: 150 egzemplarzy

Rozprawy habilitacyjne

Nr 31

Dariusz Jan Choszcz

**Efektywność rozdzielania mieszaniny
nasion rzepaku i przytulii czepnej
w separatorze z taśmą pętawkową**

(rozprawa habilitacyjna)

Spis treści

WYKAZ WAŻNIEJSZYCH OZNACZEŃ	7
1. WPROWADZENIE	10
2. STAN BADAŃ NAD SKUTECZNOŚCIĄ CZYSZCZENIA NASION RZEPAKU	15
2.1. Skuteczność czyszczenia nasion rzepaku w urządzeniach stosowanych w liniach technologicznych	15
2.2. Zmodernizowane i nowe rozwiązania konstrukcyjne urządzeń czyszczących	18
3. CEL PRACY	22
4. MATERIAŁ I METODY	23
4.1. Proces rozdzielania mieszaniny rzepaku i przytulii czepnej	23
4.2. Badania wybranych cech fizycznych nasion	35
4.2.1. Materiał badawczy	35
4.2.2. Liczebność prób	36
4.2.3. Wilgotność nasion	36
4.2.4. Cechy geometryczne	37
4.2.5. Siła czepności nasion przytulii czepnej	38
4.2.6. Masa 1000 nasion	39
4.2.7. Metody statystyczne	39
4.3. Badania na stanowisku	41
4.3.1. Materiał doświadczalny	41
4.3.2. Obiekt badań	41
4.3.3. Czynniki doświadczalne	44
4.3.4. Procedura eksperymentu	44
4.3.5. Analiza statystyczna	45
5. WYNIKI BADAŃ	47
5.1. Cechy fizyczne nasion	47
5.1.1. Cechy geometryczne	47
5.1.2. Siła czepności haczykowatych szczecinek nasion przytulii czepnej	51
5.1.3. Masa 1000 nasion	54
5.1.4. Wilgotność składników mieszaniny	58
5.2. Parametry konstrukcyjne separatora	62
5.3. Teoretyczna efektywność rozdzielania mieszaniny	64
5.3.1. Skuteczność wydzielania nasion przytulii czepnej	64
5.3.2. Straty nasion rzepaku	67
5.3.3. Wydajność procesu	68

5.4. Efektywność rozdzielania mieszaniny na stanowisku badawczym	72
5.4.1. Skuteczność wydzielania nasion przytuli czepnej	72
5.4.2. Straty nasion rzepaku	80
5.4.3. Skuteczność rozdzielania mieszaniny	86
6. PODSUMOWANIE I DYSKUSJA WYNIKÓW	91
7. WNIOSKI	94
BIBLIOGRAFIA	96
STRESZCZENIE	105
SUMMARY	107

WYKAZ SKRÓTÓW

- a, b, c – podstawowe wymiary składników mieszanki, odpowiednio: długość, szerokość i grubość [mm],
- d_{\max} – maksymalna średnica nasion występujących w mieszanki [mm],
- d_{\min} – minimalna średnica nasion występujących w mieszanki [mm],
- \bar{d} – średnia średnica nasion występujących w mieszanki [mm],
- d – średnica zastępcza nasion [mm],
- \bar{d}_1 – średnia średnica nasion rzepaku [mm],
- \bar{d}_2 – średnia średnica nasion przytulii czepnej [mm],
- \hat{d}_1 – oczekiwana wartość zmiennej objaśnianej (d_1),
- \hat{d}_2 – oczekiwana wartość zmiennej objaśnianej (d_2),
- d_{2z} – średnica nasion przytulii czepnej wraz z haczykowatymi szczecinkami [mm],
- $d_{2\max}$ – maksymalna średnica nasion przytulii czepnej [mm],
- F_{cz} – siła czepności haczykowatych szczecinek nasiona przytulii czepnej do poliamidowego podłoża zakończonego pętelkami [mN],
- F_p – siła czepności haczykowatych szczecinek nasion przytulii czepnej do poliamidowego podłoża zakończonego pętelkami w płaszczyźnie prostopadłej, siła normalna [mN],
- \hat{F}_p – oczekiwana wartość zmiennej objaśnianej (F_p),
- F_r – siła czepności haczykowatych szczecinek nasion przytulii czepnej do poliamidowego podłoża zakończonego pętelkami w płaszczyźnie równoległej, siła styczna [mN],
- \hat{F}_r – oczekiwana wartość zmiennej objaśnianej (F_r),
- $F_{(d_2)}$ – dystrybuanta średnicy nasion przytulii czepnej,
- $F_{(F_p)}$ – dystrybuanta siły normalnej – siła czepności haczykowatych szczecinek nasion przytulii czepnej do poliamidowego podłoża zakończonego pętelkami w płaszczyźnie prostopadłej
- G_1 – siła ciężkości nasiona rzepaku [mN],
- G_2 – siła ciężkości nasiona przytulii czepnej [mN],
- h – odległość ustawienia zgarniaka od przenośnika dolnego [mm],
- K – współczynnik restytucji,
- l – długość „strefy docisku” [mm],
- m – przedział ufności dla średniej,
- m^* – wartość oczekiwana zmiennej logarytmicznej (F_r),

m_1	– masa nasiona rzepaku [mg],
\hat{m}_1	– oczekiwana wartość zmiennej objaśnianej (m_1),
m_2	– masa nasiona przytulii czepnej [mg],
\hat{m}_2	– oczekiwana wartość zmiennej objaśnianej (m_2),
m_p	– masa nasion przytulii czepnej wydzielona w zbiorniku na zanieczyszczenia [g],
m_{rz}	– masa nasion rzepaku wydzielona w zbiorniku na produkt [g],
M_1	– masa 1000 nasion rzepaku [g],
\hat{M}_1	– oczekiwana wartość zmiennej objaśnianej (M_1),
M_2	– masa 1000 nasion przytulii czepnej [g],
\hat{M}_2	– oczekiwana wartość zmiennej objaśnianej (M_2),
M_m	– jednostkowe obciążenie powierzchni mieszaniną przy pełnym jej wypełnieniu [$\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$],
M_{Qs}	– jednostkowe obciążenie powierzchni mieszaniną [$\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$],
M_{pp}	– masa nasion przytulii w próbce przed rozdzielaniem [g],
M_{prz}	– masa nasion rzepaku w próbce przed rozdzielaniem [g],
M_p	– jednostkowe obciążenie powierzchni nasionami przytulii czepnej [$\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$],
M_{rz}	– jednostkowe obciążenie powierzchni nasionami rzepaku [$\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$],
M_{s1}	– masa próbki przed suszeniem [g],
M_{s2}	– masa próbki po zakończeniu suszenia [g],
n_0	– przyjęta liczba powtórzeń pomiarów,
n	– niezbędna liczba powtórzeń pomiarów,
r_1	– promień nasiona rzepaku [mm],
r_2	– promień nasiona przytulii czepnej [mm],
r	– promień bębna przenośnika [mm],
s	– odchylenie standardowe obciążone,
\hat{s}	– odchylenie standardowe nieobciążone,
s_1	– odchylenie standardowe średnicy nasion rzepaku,
s_2	– odchylenie standardowe średnicy nasion przytulii czepnej,
s^*	– odchylenie standardowe zmiennej logarytmicznej (F_r),
S	– zczelina między taśmami [mm],
S_r	– szczelina robocza [mm],
S_p	– długość poliamidowych pętelek [mm],
Q_h	– jednostkowa wydajność procesu czyszczenia przypadająca na 1 m szerokości taśmy separatora [$\text{kg}\cdot\text{h}^{-1}\cdot\text{m}^{-1}$],
Q_s	– współczynnik statycznego obciążenia taśmą,
t_α	– wartość rozkładu t-Studenta dla współczynnika ufności $1-\alpha=0,95$,
u_z	– udział masowy nasion przytulii czepnej w mieszaninie [%],
v	– prędkość liniowa taśm przenośników separatora [$\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$],
v_1	– prędkość nasiona rzepaku po opuszczeniu przenośnika dolnego [$\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$],
v_2	– prędkość nasiona przytulii czepnej po odcięciu od przenośnika górnego [$\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$],
v_0	– prędkość początkowa spadającego nasiona przytulii czepnej [$\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$],

Efektywność rozdzielania mieszaniny...

w_1	– wilgotność nasion rzepaku [%],
w_2	– wilgotność nasion przytulii czepnej [%],
\hat{W}_2	– oczekiwana wartość zmiennej objaśnianej (w_2),
w_{S1}	– współczynnik sferyczności nasion rzepaku,
w_{S2}	– współczynnik sferyczności nasion przytulii czepnej,
W_p	– początkowa wilgotność próbki nasion [%],
W_k	– wymagana wilgotność próbki nasion [%],
W_s	– współczynnik sferyczności,
V_z	– współczynnik zmienności [%],
W_m	– wilgotność mieszaniny [%],
X	– zmienna niezależna (objaśniająca),
Y	– zmienna zależna (objaśniana),
\hat{Y}	– oczekiwana wartość zmiennej objaśnianej Y ,
Z	– straty nasion rzepaku [%],
\hat{Z}	– oczekiwana wartość zmiennej objaśnianej Z ,
δ_z	– założony błąd szacunku wartości danej cechy,
δ_{max}	– wyznaczony maksymalny błąd szacunku,
ε	– skuteczność rozdzielania mieszaniny [%],
$\hat{\varepsilon}$	– oczekiwana wartość zmiennej objaśnianej (ε),
$\xi_0, \xi_1, \xi_2, \dots, \xi_n$	– parametry strukturalne równań,
\mathfrak{S}	– odchylenia losowe,
χ^2_{obl}	– obliczona wartość statystyki chi-kwadrat,
$p(\chi^2_{obl})$	– prawdopodobieństwo przekroczenia obliczonej wartości statystyki chi-kwadrat,
η_{II}	– teoretyczna skuteczność zaczepiania się nasion przytulii w strefie rozdziału [%],
η_{III}	– teoretyczna skuteczność wynoszenia zaczepionych nasion przytulii czepnej przenośnikiem górnym w strefie rozdziału [%],
η_t	– całkowita (teoretyczna) skuteczność wydzielania nasion przytulii czepnej [%],
η	– skuteczność wydzielania nasion przytulii czepnej [%],
$\hat{\eta}$	– oczekiwana wartość zmiennej objaśnianej (η),
ω	– prędkość kątowna bębna [$\text{rad}\cdot\text{s}^{-1}$],

STRESZCZENIE

W pracy przedstawiono zagadnienia dotyczące rozdzielania mieszaniny na dwa składniki: nasiona gatunku podstawowego (rzepaku) oraz nasiona stanowiące zanieczyszczenie (przytulii czepnej). Do separacji składników mieszaniny wykorzystano nowy, opracowany według koncepcji autora, separator taśmowy, w którym jako element rozdzielczy zastosowano poliamidową taśmę zakończoną pętelkami. Określono wpływ podstawowych czynników konstrukcyjnych i eksploatacyjnych separatora na skuteczność rozdzielania mieszaniny. Oceniono również skuteczność rozdzielcza separatora pod względem wymagań jakościowych dotyczących czystości produktu i możliwości ograniczenia strat nasion rzepaku. Stwierdzono, że separator taśmowy, w którym rozdział mieszaniny nasion rzepaku i przytulii czepnej jest oparty na wykorzystaniu różnic w teksturze jej składników, charakteryzuje się wysoką skutecznością rozdzielania mieszaniny, która może wynosić ponad 99%. Dla wilgotności mieszaniny wynoszącej 14%, skuteczność wydzielania nasion przytulii czepnej może osiągnąć 99,8%, przy stratach nasion rzepaku wynoszących 0,63%. Wyznaczono parametry konstrukcyjno-eksploatacyjne, przy jakich powinno być prowadzone rozdzielanie składników mieszaniny w proponowanym separatorze. Przedstawiono modele matematyczne umożliwiające prognozowanie wskaźników oceny jakości rozdzielania mieszaniny.

Słowa kluczowe: mieszanina, nasiona rzepaku i przytulii czepnej, separator z pętelkową taśmą poliamidową, skuteczność rozdzielania

SEPARATION EFFICIENCY FOR MIXTURE OF RAPE AND CLEAVERS SEEDS IN A SEPARATOR WITH LOOPED BELT

Abstract. The paper presents the issues concerning mixture separation into two ingredients: basic species seeds (rape) and seeds considered to be impurities (cleavers - *Galium aparine* L.). A new belt separator built according to author's concept has been used to separate mixture ingredients. A polyamide belt terminated with small loops has been used in it as the separating element. The authors determined the impact of basic constructional and operating factors of the separator on mixture separation efficiency. Moreover, they evaluated operating efficiency of the separator in respect of qualitative requirements concerning product purity and possibility to reduce rape seeds losses. It has been found that belt separator, in which separation of rape and cleavers seeds mixture is based on using differences in texture of its components, is characterised by high mixture separation efficiency that may exceed 99%. For mixture humidity of 14%, efficiency in separation of cleavers seeds may reach 99.8%, with rape seeds losses amounting to 0.63%. The research allowed to determine constructional and operating parameters, at which separation of mixture components in the proposed separator should be carried out. The work presents mathematical models allowing to forecast quality assessment indexes for mixture separation.

Key words: mixture, rape and cleavers seeds, separator with looped polyamide belt, separation efficiency