

ANALIZA PROCESU PRZESIEWANIA MASY ZIARNISTEJ NA NACHYLONYM SICIE ŻALUZZJOWYM

Anna Olszewska

Instytut Inżynierii Rolniczej, Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu

Streszczenie. Wpływ nachylenia poprzecznego płaszczyzny roboczej sita skutkuje rosnącą asymetrią rozkładu masy przesianej. Rozkład masy przesianej w nachyleniu wzdłużnym opisuje statystyczny rozkład Gamma. Wzrost nachylenia β - skutkuje pogorszeniem rozkładu masy przesianej.

Słowa kluczowe: sito, nachylenie, rozkład przesiewalności

Wstęp i geneza badań

Postępowy ruch roboczy maszyny po pochyłości, poza zwiększonym zapotrzebowaniem energii, skutkuje wielokierunkową zmianą położenia mechanizmów i zespołów roboczych.

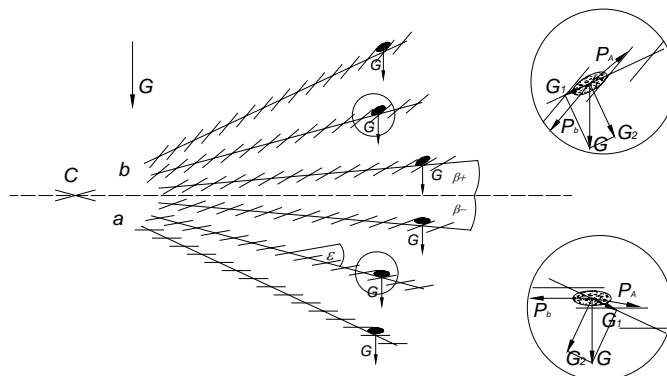
Jedną z istotnych zmian występujących podczas pracy kombajnu zbożowego na pochyłości jest zmiana nachylenia powierzchni roboczych sit. W zespołach separujących ziarno, stosowanych w kombajnach do zbioru zbóż, powszechne zastosowanie znajdują sita żaluzjowe. Zmiana nachylenia terenu, powoduje więc zmianę nachylenia płaszczyzny głównej sita i płytek żaluzji, co z kolei wpływa na kinematykę procesu przesiewania ziarna [Banasiak i in. 2006].

Wraz ze zmianą położenia płaszczyzny głównej w kierunku wzdłużnym, zmianie podlega położenie płaszczyzn roboczych płytek żaluzjowych względem geometrycznej płaszczyzny poziomej (rys. 1).

Schemat zmian nachylenia wzdłużnego β wskazuje, że rozpatrywać należy zmienność kąta jako sumę $\varepsilon + \beta_{\pm}$, występującą podczas jazdy maszyny „w dół” oraz „w górę” z boczka.

Źródłem sił oddziaływujących na przesiewane złożo ziarnowe jest grawitacja, tarcie wewnątrz w złożu, tarcie między ziarniakami (granulami) a powierzchnią roboczą sita [Banasiak i in. 2003a]. Odnosząc się do przedstawionego na rysunku 1 rozkładu sił działających na przesiewany ziarniak, możemy mówić o dwóch stanach sita (rys. 2), występujących podczas jazd roboczych wzdłuż linii spadku:

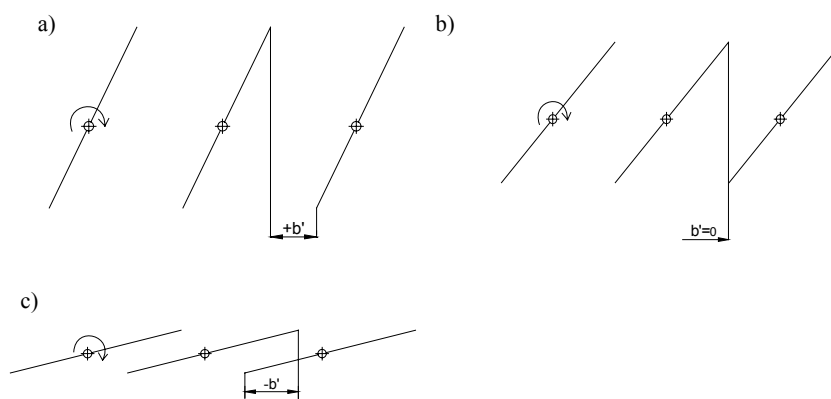
Schemat zmian nachylenia wzdłużnego sita β wskazuje, że zmienność kąta ε rozpatrywać należy jako sumę ($\varepsilon + \beta_{\pm}$), występującą podczas jazdy maszyny „w dół” oraz „w górę” z boczka.



Rys. 1. Schemat wzdłużnych zmian położenia płaszczyzny głównej sита wraz z rozkładem sił działających na element ziarnisty w szczelinie roboczej: a – jazda „w górę”; b – jazda „w dół”; $G = m_z \cdot g$ – ciężar ziarna; G_1, G_2 – składowe od siły ciężkości; P_A, P_B – wektory bezwładności wymuszone ruchem sита; C – punkt obrotu płaszczyzny głównej sита

Fig. 1. Scheme of longitudinal changes in the sieve principal plane position including distribution of forces acting on a granular element inside the working gap: a – run „up”; b – run „down”; $G = m_z \cdot g$ – grain weight; G_1, G_2 – gravity force components; P_A, P_B – vectors of inertia extorted by sieve motion; C – pivoting point of the sieve principal plane

Źródłem sił oddziaływujących na przesiewane złożę ziarnowe jest grawitacja, tarcie wewnątrz w złożu, tarcie między ziarniakami (granulami) a powierzchnią roboczą sита [Banasiak i in. 2003a]. Odnosząc się do przedstawionego na rysunku 1 rozkładu sił działających na przesiewany ziarniak, możemy mówić o dwóch stanach sита, występujących podczas jazd roboczych wzdłuż linii spadku (rys. 2):



Rys. 2. Wielkość szczeliny roboczej sита żaluzjowego w rzucie na płaszczyznę poziomą: a) $+b'$ – sito otwarte; b) $b' = 0$ – sito otwarte; c) $-b'$ – sito zamknięte

Fig. 2. The size of the working gap in a shutter sieve projected onto a horizontal plane: a) $+b'$ – open sieve; b) $b' = 0$ – open sieve; c) $-b'$ – closed sieve

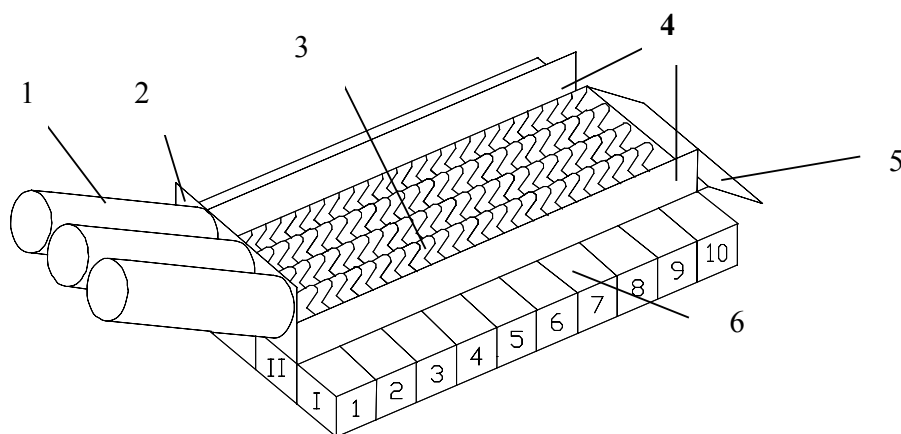
- geometrycznie otwarte - z możliwością swobodnego spadania ziarniaka, kiedy wielkość rzutu b' jest większa bądź równa 0 (rys. 2a, 2b);
- geometrycznie zamknięte – brak możliwości swobodnego spadania ziarniaka, gdy wielkość rzutu b' jest mniejsza od 0 (rys. 2c).

Specyfiką przesiewania na sicie żaluzjowym jest to, że separowane ziarno nie ma możliwości swobodnego spadania. W fazie początkowej ziarno przemieszczane jest po trajektorii skośnej, wymuszonej ruchem posuwisto-zwrotnym płaszczyzny głównej sita.

Celem opracowania jest, więc przedstawienie wpływu zmian geometrii sita żaluzjowego stosowanego w kombajnach do zbioru zbóż na proces separacji ziarna.

Metodyka

Badania symulacyjne przeprowadzono na stanowisku przechyłowym [Banasiak i in. 2003b] o parametrach kinematycznych zgodnych ze stosowanymi w aktualnie eksploatowanych kombajnach zbożowych. Dla wyznaczenia przesiewalności miejscowej (rozkładu przesiewalności) wykonano model (rys. 3), odpowiadający wymiarami jednej sekcji sita kombajnu.

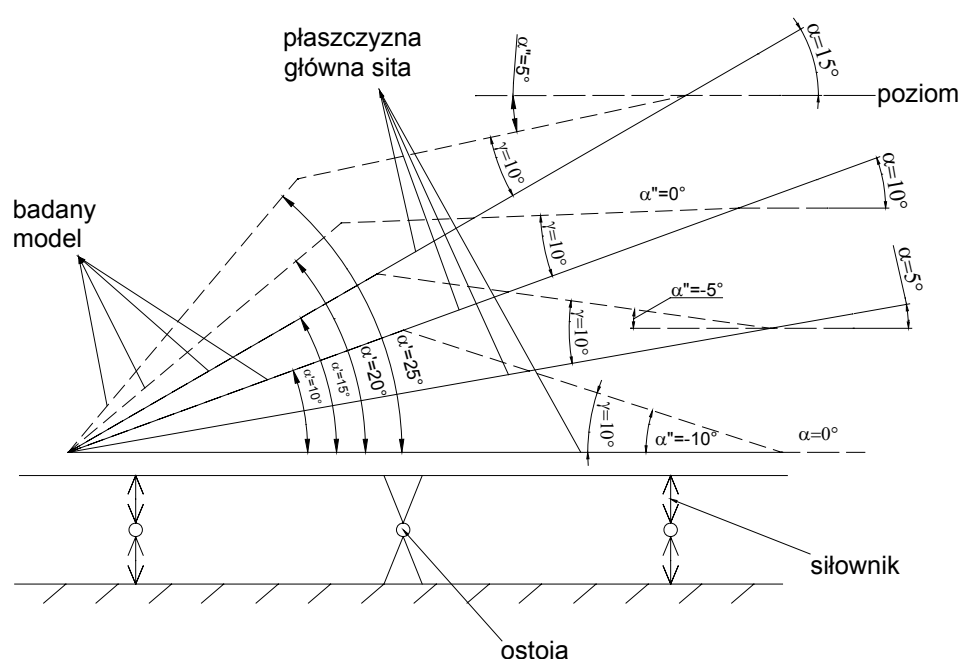


Rys. 3. Schemat badanej sekcji sita żaluzjowego: 1 – trójdzielny kosz zasypowy; 2 – zasuwą; 3 – sekcja sita; 4 – przegrody bierne; 5 – pojemnik na straty; 6 – strefy pomiarowe

Fig. 3. Diagram showing examined shutter sieve section: 1 – triple charging hopper; 2 – gate valve; 3 – sieve section; 4 – passive partitions; 5 – container for losses; 6 – measurement zones

Pomiary rozkładu masy [g] w pojemnikach, wykonywano w 7 powtórzeniach, eliminując w trakcie obróbki statystycznej 2 skrajne wyniki. Badany fragment sita, o powierzchni roboczej $P_r = 0,2375\text{m}^2$, umieszczono na stanowisku wypoziomowanym wzdłużnie ($\beta = 0^\circ$) a nachylnym poprzecznie w zakresie $\alpha = 0-10^\circ$, a następnie na stanowisku wypoziomowanym poprzecznie ($\alpha = 0^\circ$), nachylnym wzdłużnie w zakresie $\beta+ = 0-15^\circ$ Przy pomia-

rach w nachyleniu poprzecznym stosowano wielkość szczelin roboczych normatywnych dla pszenicy – $h = 4,5$ mm. Natomiast, gdy zmianom podlegały wielkości kąta nachylenia β^+ , eksperyment prowadzono przy zadawanych szczelinach roboczych: $h = 4,5$ mm; 6,5 mm oraz 9 mm. Odpowiednie wielkości szczelin roboczych h uzyskiwano poprzez zmianę kąta nachylenia płytek żaluzjowych: $\varepsilon = 7^\circ$; 11° ; 14° . Uzyskane wielkości masy przesianej, poddano analizie w rozkładzie poprzecznym i wzdłużnym. Przyjmując w założeniu badawczym możliwość daszkowego profilowania powierzchni roboczej sita [Bieniek 2005], o stałym kącie nachylenia $\gamma = 10^\circ$, zasymulowano przedstawiony na rysunku 4 rozkład kątów.

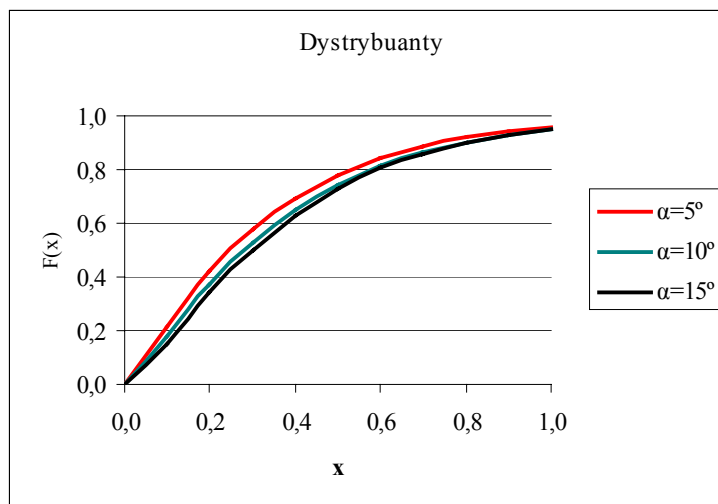


Rys. 4. Rozkład symulowanych w poprzecznym przekroju kątów nachylenia płaszczyzn daszków
Fig. 4. Distribution of inclination angles of roof planes, simulated in cross-section

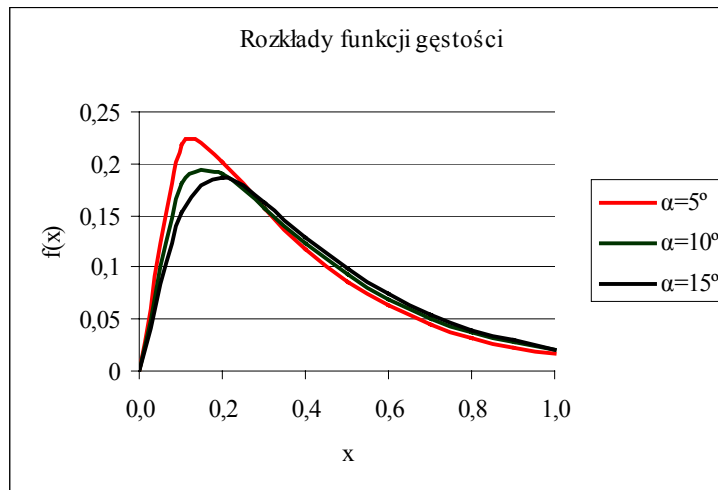
Przesiewaniu poddawano próby ziarna celnego o masie $m_0 = 2000$ g.

Wyniki badań

Przebiegi dystrybuant i funkcji gęstości (rys. 5 i rys. 6) obserwowane w nachyleniach poprzecznych o zakresie $\alpha = 0-15^\circ$, są podobne, wskazujące na przemieszczanie się masy przesiewanej zgodnie z kierunkiem nachylenia sita.

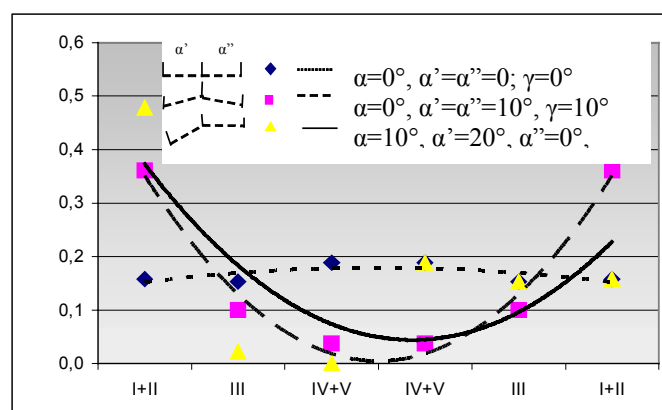


Rys. 5. Przebieg dystrybuanty przesiewalności funkcji kąta α
Fig. 5. Screening efficiency Cumulative distribution function graph for α angle function



Rys. 6. Przebieg rozkładów funkcji gęstości kąta α
Fig. 6. Distribution trajectories for α angle density function

Ekstremum funkcji gęstości mieści się w tym samym polu przesiewania, oznaczonym $x_0-x_{0,2}$. Rozkład tej funkcji wskazuje także, że nachylenie poprzeczne, podobnie jak wzdłużne, może generować pojawienie się strat rosnących wraz ze wzrostem kąta nachylenia. Linie trendu przesiewalności średniej w trzech charakterystycznych układach kątów nachylenia płaszczyzn sekcji symulujących układ daszkowy, przedstawia rysunek 7.

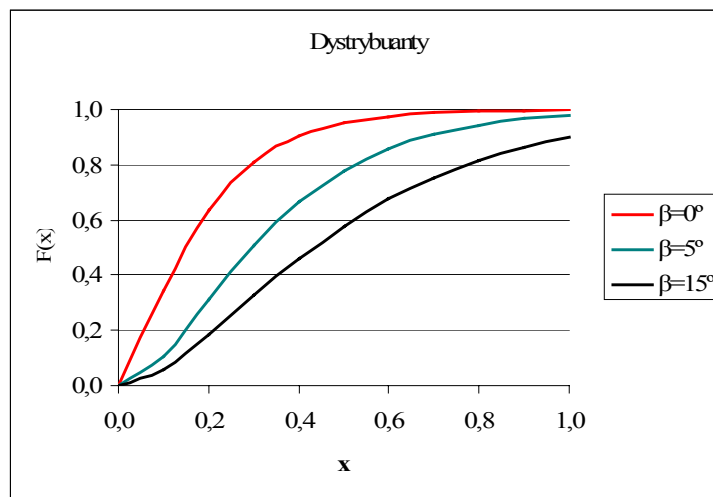


Rys. 7. Średnie wartości masowych współczynników przesiewu ziarna w punktach pomiarowych i wyznaczone linie trendu w trzech charakterystycznych układach daszkowej sekcji sitowej
 Fig. 7. Average values of grain screening mass ratios in measurement points, and determined tendency lines in three characteristic configurations of roof-type sieve section

Bazą odniesienia układów daszkowych są wyniki uzyskane na sicie płaskim ($\alpha' = \alpha'' = 0^\circ, \gamma = 0^\circ$) ilustrowane symetrycznym rozkładem przesiewalności, z nieznacznie wyższym przesiewem w osi sekcji. Wyprofilowanie układu daszkowego ($\alpha' = \alpha'' = 10^\circ, \gamma = 10^\circ$) dało również symetryczny rozkład przesiewalności ze zdecydowanie niższymi wartościami w osi sekcji (przy wierzchołku daszka). Układ odwzorowujący boczne nachylenie podstawy daszka pod kątem $\alpha = 10^\circ$ ($\alpha' = 20^\circ, \alpha'' = 0^\circ, \gamma = 10^\circ$), powoduje asymetrię rozkładu w kierunku wzrostu przesiewu na stronie α' , który osiąga tam swoje maksimum, przy równoważącym spadku przesiewu po stronie α'' .

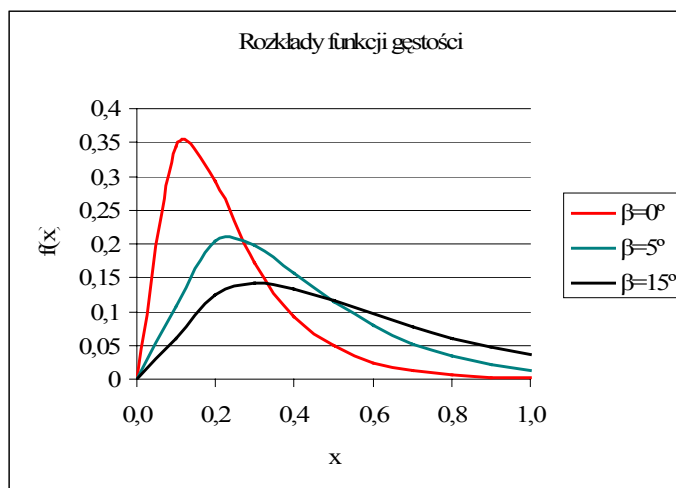
Analiza rozkładów przesiewalności wzdłużnej została wykonana dla trzech szczelin roboczych sita ($h = 4,5; 6,5; 9$ mm), przy zmiennym nachyleniu β -, oznaczającym wzdłużne nachylenie sita podczas jazdy kombajnu „pod górę”.

Dla badanego rozkładu charakterystycznym jest statystyczny rozkład Gamma o zmieniających się parametrach. Uzyskane rozkłady wykazały duże podobieństwo do rozkładów modelowych, na co wskazują wysokie współczynniki determinacji R^2 , mieszczące się w przedziale od 0,982 dla kąta $\beta = 15^\circ$ i szczeliny roboczej $h = 4,5$ mm do 0,998 dla kąta $\beta = 0^\circ$ i szczeliny $h = 4,5$ mm. Współczynnik determinacji R^2 na tak wysokim poziomie oznacza, że 99,8% zmiennych jest wyjaśnionych przez tę funkcję. Porównując zmienność przebiegu dystrybuant w funkcji nachylenia kąta β - (rys. 8), obserwujemy wraz z jego wzrostem spłaszczenie krzywych.



Rys. 8. Przebieg dystrybuanty przesiewalności funkcji kąta β -
 Fig. 8. Screening efficiency Cumulative distribution function graph for β -angle function

W praktyce przyjmuje się potrzebę uzyskania całości przesiewu w $2/3 - 3/4$ długości sita. Potwierdza to przebieg dystrybuanty kąta $\beta = 0^\circ$. Wtedy to przyrosty wyrażane funkcją gęstości w ostatnich punktach pomiarowych są bliskie 0. Przedstawione krzywe funkcji gęstości (rys. 9) wskazują także na możliwość wzrostu ilości ziaren nieprzesianych (strat), wraz ze wzrostem kąta nachylenia β .



Rys. 9. Przebieg rozkładów funkcji gęstości kąta β -
 Fig. 9. Distribution trajectories for β -angle density function

Podsumowanie i wnioski

Uzyskane wyniki wskazują, że analiza procesu przesiewania ruchomego złoża masy zbożowej na sicie żaluzjowym może być oparta na ocenie rozkładu masy lub rozkładu liczby ziaren przesianych w poszczególnych strefach sita.

Przedstawiona analiza wyników umożliwia sformułowanie następujących wniosków:

1. Daszkowo ukształtowana powierzchnia sitowa umożliwia, w warunkach przechyłu poprzecznego $\alpha > 0$, uzyskanie przesiewalności wyższej od uzyskiwanej na porównywalnie nachylonej powierzchni sita płaskiego.
2. Przesiewalności wzdłużną sita opisuje statystyczny rozkład Gamma o parametrach $\alpha_g = 1,46-1,97$; $\beta_g = 0,13-0,26$, rosnących wraz ze wzrostem kąta β , w zakresie $0-15^\circ$.
3. Wzrost kąta β powoduje efekt efektu geometrycznego zamykania sita, skutkujący pogorszeniem rozkładu przesiewalności wzdłuż biegu sita.

Bibliografia

- Banasiak J., Bieniek J., Detyna J.** 2003a. Stan naprężeń i tarcia wewnętrznego materiału przesiewanego jako determinanty skutecznego procesu separacji sitowej. *Eksploatacja i Niezawodność*, nr 4 (20). Warszawa. s. 69-74.
- Banasiak J.; Bieniek J.; Lewandowski B.** 2003b. Stanowisko do badania zespołów roboczych maszyn pracujących w warunkach zmiennego nachylenia. *Górnictwo Odkrywkowe*, 2-3. s. 18-21.
- Bieniek J.** 2005. Wheat grain separation on a canopy sieve. (Separacja ziarna pszenicy na sicie daszkowym.) *Eksploatacja i Niezawodność*, nr 3 (27). Warszawa. s. 20-24.
- Banasiak J., Bieniek J., Olszewska A** 2006 Przesiewalność i straty ziarna na nachylonej wzdłużnie powierzchni roboczej sita żaluzjowego. *Inżynieria Rolnicza 2 (77)*. s. 71-79.

ANALYSIS OF THE PROCESS INVOLVING GRANULAR MASS SCREENING THROUGH AN INCLINED SHUTTER SIEVE

Summary. Transverse inclination of sieve working plane increases sieved mass distribution asymmetry. Statistical gamma distribution characterises sieved mass distribution for longitudinal inclination. Increase of β - inclination results in deterioration of sieved mass distribution.

Key words: screen, inclination, screening efficiency distribution

Adres do korespondencji:

Anna Olszewska; e-mail: olszewska@imr.ar.wroc.pl
Zakład Eksploatacji Maszyn Rolniczych
Instytut Inżynierii Rolniczej
Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu
ul. Chełmońskiego 37/41
51-630 Wrocław