

Dr inż. Zbigniew Krzysiak
Katedra Inżynierii Mechanicznej i Automatyki
Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie
zbigniew.krzysiak@wp.pl

**OCENA CZYSZCZENIA ZIARNA ŻYTA W NOWYM, ROTACYJNYM URZĄDZENIU
CZYSZCZĄCYM
EVALUATION OF RYE GRAIN SEPARATION IN INNOVATIVE ROTARY
CLEANING DEVICE**

Streszczenie

W pracy przedstawiono analizę separacji oraz skuteczności i wydajności czyszczenia ziarna żyta w nowym, rotacyjnym urządzeniu czyszczącym. Budowę urządzenia oparto na rotacyjnym sicie stożkowym, w którym proces przesiewania jest wspomagany pneumatycznie. Analiza skuteczności czyszczenia wykazuje jego poprawne działanie w szerokim zakresie prędkości obrotowej sita stożkowego.

Przy konstrukcji urządzenia zastosowano systemy inżynierskie CAx, które wykorzystano do wykonania opatentowanego wzoru użytkowego.

Abstract

The paper analyzes separation, effectiveness and performance of rye grain cleaning in the innovative rotary cleaning device. The device construction is based on rotary conical sieve with pneumatically-assisted separation process. The systems engineering techniques CAx were used to construct the device, i.e. to develop utility model patent. The analysis of separation effectiveness has demonstrated its appropriate operation within a broad range of rotational speed of the conical sieve.

The systems engineering techniques CAx were used to construct the device, i.e. to develop utility model patent.

Słowa kluczowe: rotacyjne urządzenie czyszczące, czyszczenie ziarna, ziarno żyta, sito stożkowe, skuteczność czyszczenia, wydajność czyszczenia.

Keywords: rotary cleaning device, grain separation, rye grain, conical sieve, separation effectiveness, separation performance.

Wprowadzenie

W przemyśle rolno-spożywczym ważną kwestią jest oczyszczanie ziarna zbóż i nasion z różnego rodzaju zanieczyszczeń organicznych i nieorganicznych. Do tego celu stosuje się różnego rodzaju czyszczalnie stacjonarne. Budowa tego rodzaju urządzeń czyszczących głównie opiera się na sitach płaskich, a rzadziej na sitach cylindrycznych. Stosowane od lat urządzenia czyszczące są ciągle udoskonalane, a czasem powstają ich nowe rozwiązania konstrukcyjne.

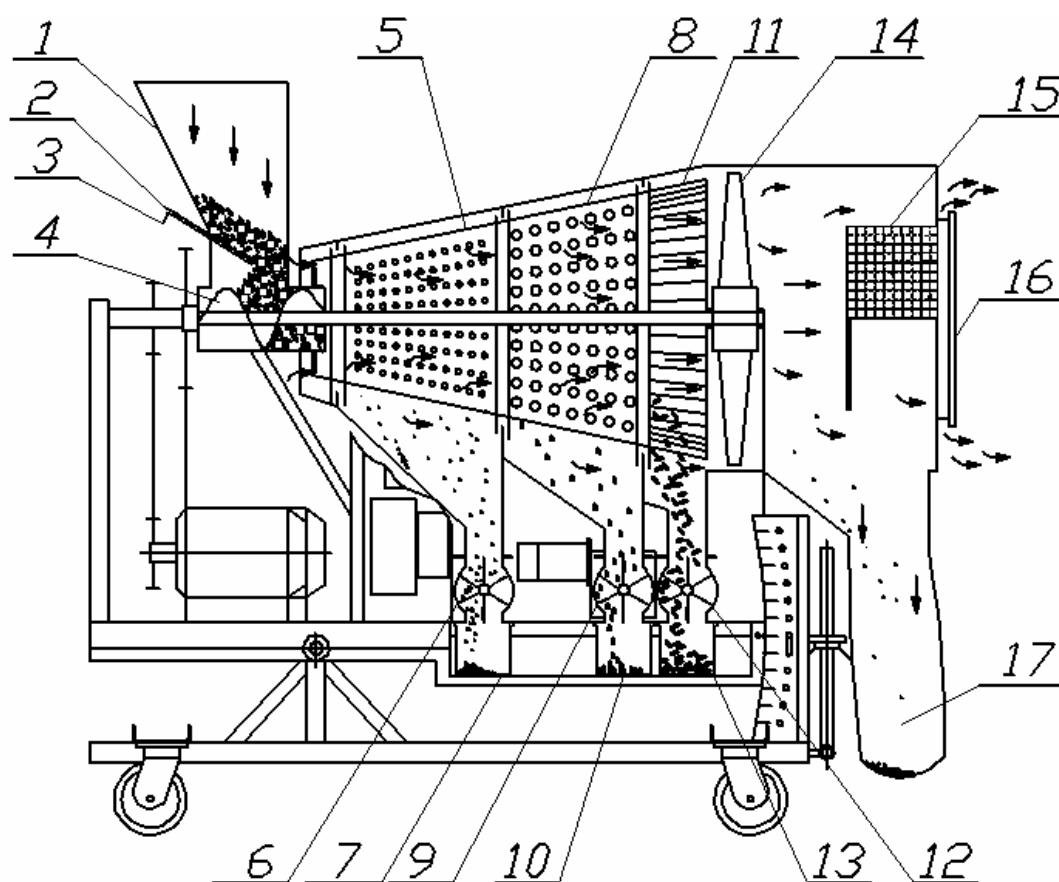
Problem czyszczenia ziarna jest niezwykle skomplikowany zarówno do przeprowadzenia, jak i opisu matematycznego [1, 7, 8, 10]. Problem zwiększa się jeśli pod uwagę weźmiemy urządzenia czyszczące o sitach stożkowych [6, 7, 14].

Po analizie literatury stwierdzono, że konstrukcję podobną do badanej, o sicie stożkowym, zastosowano w roku 1974 [9]. Nie była to jednak stacjonarna czyszczalnia tylko zespół młócaço – separujący kombajnu zbożowego produkowanego w tamtych latach. Następnie w roku 1994 również dla kombajnu zbożowego wynaleziono zespół czyszczący z obrotowym sitem stożkowym [2, 3, 4, 5, 11, 13, 14, 15].

Przeprowadzone badania czyszczenia ziarna żyta w aspekcie wydzielenia mas poszczególnych frakcji pozwoliły stwierdzić, że nowe rotacyjne urządzenie może być stosowane jako stacjonarna czyszczalnia. W tym artykule dokonano analizy i oceny czyszczenia ziarna żyta w nowym urządzeniu według przyjętych kryteriów.

1. Obiekt badań

Poniżej przedstawiono schemat obrazujący zasadę działania nowego rotacyjnego urządzenia czyszczącego (Rys. 1). Dokładny opis budowy i konstrukcji przedstawiono w poprzednich publikacjach [16,17,18].



Rys. 1. Widok nowego rotacyjnego urządzenia czyszczącego

1- zbiornik zasypowy, 2- zasuwka regulująca wylot mieszanki, 3- zasuwka zamykająca szczelinę wylotową, 4- ślimak podający, 5- segment drobnych zanieczyszczeń, 6- zawór obrotowy segmentu drobnych zanieczyszczeń, 7- zbiornik drobnych zanieczyszczeń, 8- segment ziarna drobnego, 9- zawór obrotowy segmentu ziarna drobnego, 10- zbiornik ziarna drobnego, 11- segment ziarna celnego, 12- zawór obrotowy ziarna celnego, 13- zbiornik ziarna celnego, 14- wentylator, 15- system filtracji powietrza, 16- ekran podglądowy, 17- worek na lekkie zanieczyszczenia.

2. Metodyka badań

Pełną metodykę badań opisano w poprzedniej publikacji pt. „Analiza wydzielenia masy ziarna żyta w nowym rotacyjnym urządzeniu czyszczącym”. Poniżej została ona tylko uzupełniona o metody wykorzystywane w prezentowanych badaniach w tym artykule, tj.:

- metodę oceny wydzielania mas poszczególnych frakcji,
- metodę oceny skuteczności czyszczenia,
- metodę pomiaru wydajności czyszczenia.

Metodykę badań opracowano zgodnie z obowiązującymi normami i danymi literaturowymi [8,18,19,20,21,22].

2.1. Metoda oceny wydzielania mas poszczególnych frakcji

W literaturze nie ma kryteriów oceny procesu separacji dla stacjonarnych rotacyjnych czyszczalni o sitach stożkowych, wielostopniowych wydzielających kilka frakcji. Do oceny procesu separacji Autor zaproponował współczynnik wydzielania mas dla poszczególnych frakcji.

W celu określenia efektywności separacji wprowadzono współczynnik wydzielania W_i zdefiniowany wzorem:

$$W_i = \frac{m_i}{M_i}$$

gdzie: m_i – masa substancji wydzielonej po czyszczeniu, M_i – masa substancji przed czyszczeniem.

Określono cztery współczynniki wydzielania:

1. Współczynnik wydzielania drobnych zanieczyszczeń W_d zdefiniowany wzorem

$$W_d = \frac{m_d}{M_d}$$

gdzie: m_d – masa substancji wydzielonej po czyszczeniu w zbiorniku drobnych zanieczyszczeń, M_d – masa drobnych zanieczyszczeń zawartych w mieszaninie przed czyszczeniem.

2. Współczynnik wydzielania ziarna drobnego W_c zdefiniowanym wzorem

$$W_c = \frac{m_c}{M_c}$$

gdzie: m_c – masa substancji wydzielonej po czyszczeniu w zbiorniku ziarna drobnego, M_c – masa ziarna drobnego zawartych w mieszaninie przed czyszczeniem.

3. Współczynnik wydzielania ziarna celnego W_z zdefiniowany wzorem

$$W_z = \frac{m_z}{M_z}$$

gdzie: m_z – masa substancji wydzielonej po czyszczeniu w zbiorniku ziarna celnego, M_z – masa ziarna celnego zawartego w mieszaninie przed czyszczeniem.

4. Współczynnik wydzielania plew W_p zdefiniowany wzorem

$$W_p = \frac{m_p}{M_p}$$

gdzie: m_p – masa substancji wydzielonej po czyszczeniu na zewnątrz urządzenia (w worku zbierającym), M_p – masa i plew zawarta w mieszaninie przed czyszczeniem.

5. Współczynnik wydzielania ziarna drobnego i celnego W_{cz} zdefiniowano wzorem

$$W_{cz} = \frac{m_{cz}}{M_{cz}}$$

gdzie: m_{cz} – masy substancji wydzielonej po czyszczeniu w zbiorniku ziarna drobnego i celnego łącznie, M_{cz} – masy ziarna drobnego i celnego zawarte w mieszaninie przed czyszczeniem.

Metoda oceny wydzielania mas poszczególnych frakcji

W literaturze nie ma kryteriów oceny procesu separacji dla stacjonarnych rotacyjnych czyszczalni o sitach stożkowych, wielostopniowych wydzielających kilka frakcji. Do oceny procesu separacji Autor zaproponował współczynnik wydzielania mas dla poszczególnych frakcji.

W celu określenia efektywności separacji wprowadzono współczynnik wydzielania W_i zdefiniowany wzorem:

$$W_i = \frac{m_i}{M_i}$$

gdzie: m_i – masa substancji wydzielonej po czyszczeniu, M_i – masa substancji przed czyszczeniem.

W prezentowanych badaniach obliczono współczynniki wydzielania dla poszczególnych frakcji wg powyższych wzorów przy różnych parametrach pracy stacjonarnej czyszczalni.

3.2. Metoda oceny skuteczności czyszczenia

Ocena skuteczności czyszczenia ziarna w sposób wymierny z możliwością zastosowania do różnych urządzeń czyszczących nie jest łatwa. W literaturze nie ma szeroko opisanych jednoznacznych metod, dzięki którym możliwe byłoby praktyczne porównywanie jakości pracy poszczególnych urządzeń czyszczących.

Metodę oceny skuteczności czyszczenia oparto na zaproponowanym przez prof. Grochowicza wyznaczeniu całkowitego współczynnika skuteczności czyszczenia [8]. Według tej metody analizę przebiegu procesu rozdzielania oparto na próbie o określonej wielkości produktu. Ocenę skuteczności można wówczas przeprowadzić na podstawie obliczonego ułamka wagowego ziarna uzyskanego w produkcji a_1 w stosunku do ogólnej jego ilości w mieszaninie wejściowej ($a_1 + a_2$) oraz ilości zanieczyszczeń wydzielonych faktycznie do odpadu b_2 w stosunku do ogólnej ich ilości w mieszaninie wejściowej ($b_1 + b_2$) [8].

Mamy, zatem całkowity współczynnik skuteczności czyszczenia

$$E = \frac{a_1}{a_1 + a_2} \left[1 - \frac{b_2}{b_1 + b_2} \right]$$

gdzie: a_1 – ilość ziarna w produkcie, b_1 – ilość zanieczyszczeń w produkcie,
 a_2 – ilość ziarna w odpadzie, b_2 – ilość zanieczyszczeń w odpadzie.

Pierwszy człon prawej strony równania określa wielkość uzysku materiału podstawowego w stosunku do ilości wejściowej, drugi natomiast - stopień wydzielania zanieczyszczeń. Współczynnik E jest, więc sumą współczynnika efektywności czyszczenia i wskaźnika precyzji podziału (stratności). Uwzględniając, że:

$$a_1 + a_2 = a_0 = 1 - b_0$$

$$b_1 + b_2 = b_0 = 1 - a_0$$

gdzie: a_0 – ilość materiału podstawowego (ziarna) w materiale wejściowym, b_0 – ilość zanieczyszczeń w materiale wejściowym.

Po przekształceniach wzór na współczynnik E przyjmuje postać:

$$E = \frac{b_2}{b_0} - \frac{a_2}{a_0}$$

gdzie: a_2 , b_2 , a_0 , b_0 – jak wyżej

Według prof. Grochowicza, obliczona zgodnie z tym wzorem współczynnik E , przyjmuje wartość $+1$ dla procesu idealnego i wartość -1 dla procesu odwróconego tj., gdy ziarno w całości przedostanie się do odpadu, a wszystkie zanieczyszczenia do produktu. Całkowity współczynnik skuteczności czyszczenia E służy więc do oceny procesu rozdzielczego [8].

Zgodnie z wytycznymi prof. Grochowicza podjęto próbę zastosowania tej metody do oceny skuteczności czyszczenia ziarna żyta w nowym rotacyjnym urządzeniu czyszczącym.

Ocenę wyników procesu separacji ziarna żyta z mieszaniny czyszczonej rozpatrzono dla dwu przypadków.

1. Produktem jest ziarno celne i występują cztery frakcje.
2. Produktem jest ziarno celne i drobne, występują trzy frakcje .

W pierwszym przypadku założono, że mieszanina czyszczona składa się z dwóch składników, to jest z materiału podstawowego (ziarna celnego) i składnika z cechą negatywną (zanieczyszczenia w postaci drobnych zanieczyszczeń, ziarna drobnego, plew i kawałków krótkiej słomy). W drugim przypadku założono, że mieszanina czyszczona składa się również z dwóch składników, ale produktem są: ziarno celne i drobne, a odpadem (zanieczyszczeniem) - drobne zanieczyszczenia, plewy i kawałki krótkiej słomy.

Dla obu przypadków dokonano analizy skuteczności czyszczenia.

Wzór na całkowity współczynnik skuteczności czyszczenia, dla przypadku 1 wyraża się w przystosowanej formie w postaci:

$$E = \frac{m_b}{M_b} - \frac{m_a}{M_z}$$

gdzie: m_a – masa ziarna celnego w odpadzie, m_b – masa zanieczyszczeń w odpadzie,

M_b – masa zanieczyszczeń w materiale wejściowym, M_z – masa ziarna celnego w materiale wejściowym.

Masę ziarna w odpadzie określono z zależności

$$m_a = M_z - m_z$$

gdzie: m_z – masa mieszaniny do czyszczenia.

Masę zanieczyszczeń w odpadzie określa się z zależności:

$$m_b = m_d + m_c + m_p$$

gdzie:

m_d – masa drobnych zanieczyszczeń po czyszczeniu, m_c – masa ziarna drobnego po czyszczeniu, m_p – masa plew po czyszczeniu

Wzór na całkowity współczynnik skuteczności czyszczenia E' , dla drugiego przypadku wyraża się w przystosowanej formie w postaci

$$E' = \frac{m'_b}{M'_b} - \frac{m'_a}{M'_z}$$

gdzie:

m'_a – masa ziarna celnego i drobnego w odpadzie, m'_b – masa zanieczyszczeń w odpadzie, M'_b – masa zanieczyszczeń w materiale wejściowym ($m_d + m_p$), M'_z – masa ziarna celnego i drobnego w materiale wejściowym ($M_z + M_c$).

Masę ziarna w odpadzie w tym przypadku określono z zależności

$$M'_a = M_z + M_c - (m_z + m_c)$$

gdzie: M_z – masa ziarna celnego w mieszaninie do czyszczenia, M_c – masa ziarna drobnego w mieszaninie do czyszczenia, m_z – masa ziarna celnego po czyszczeniu, m_c – masa ziarna drobnego po czyszczeniu,

2.3. Metoda pomiar wydajności czyszczenia

Wydajność czyszczenia zostanie przeanalizowana dla dwóch przyjętych przypadków. W pierwszym przypadku wydajność czyszczenia będzie limitowana przez ilość wydzielonego ziarna celnego w jednostce czasu. W drugim przypadku wydajność czyszczenia zostanie określona przez ilość ziarna drobnego i celnego wydzieloną w określonym czasie.

Wydajność czyszczenia ziarna celnego q_z określano wzorem

$$q_z = \frac{m_z}{t_z}$$

gdzie: m_z – masa ziarna celnego, t_z – czas wydzielania.

W analogiczny sposób można określić również wydajność wydzielania ziarna drobnego i celnego łącznie.

$$q_{cz} = \frac{m_{cz}}{t_{cz}}$$

gdzie: m_{cz} - masa ziarna drobnego i celnego, t_{cz} - czas wydzielania ziarna drobnego i celnego.

Czas wydzielania ziarna celnego mierzono stoperem. Natomiast masę ziarna celnego ważono na wadze.

Wyniki pomiarów opracowano statystycznie wykorzystując analityczne i graficzne procedury programu STATISTIKA w wersji 6.0.

Do obliczeń wyników badań wykorzystano również program Excel 2003.

3. Analiza i dyskusja otrzymanych wyników

Nowe urządzenie czyszczące z założenia rozdziela badaną mieszaninę na cztery frakcje. W praktyce nie zawsze istnieje potrzeba wydzielania ziarna drobnego i traktowania go jako odpad (zanieczyszczenie). Czasem może być to nie wskazane, bądź nawet niemożliwe, jeśli taka frakcja nie wystąpi w materiale wejściowym lub wystąpi w przeważającej ilości. Z powyższych względów w analizie i ocenie czyszczenia będą analizowane wspomniane już dwa przypadki:

1. Podział materiału wejściowego na cztery frakcje.
2. Podział materiału wejściowego na trzy frakcje

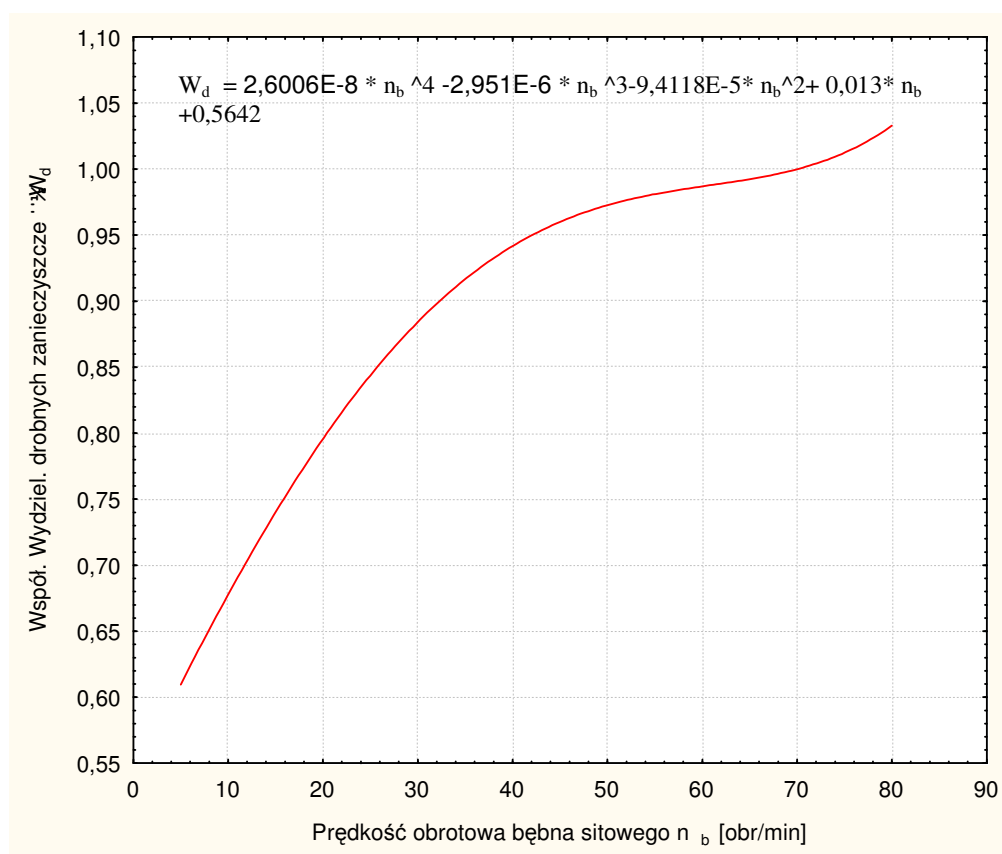
3.1. Analiza czyszczenia dla przypadku rozdzielenia na cztery frakcje

3.1.1. Współczynniki wydzielania poszczególnych frakcji

Wpływ prędkości obrotowej bębna sitowego na współczynnik wydzielania mas poszczególnych frakcji przy prędkości obrotowej wentylatora $n_w = 500$ obr/min, kącie pochylecia bębna sitowego $K = 0^\circ$ i przepustowości zasilania $q_1 = 1,25$ kg/s.

Zmianę wartości współczynników wydzielania drobnych zanieczyszczeń przedstawiono wykresy, ziarna celnego, drobnego i plew w zależności od prędkości obrotowej bębna sitowego przedstawiono w postaci wykresów.

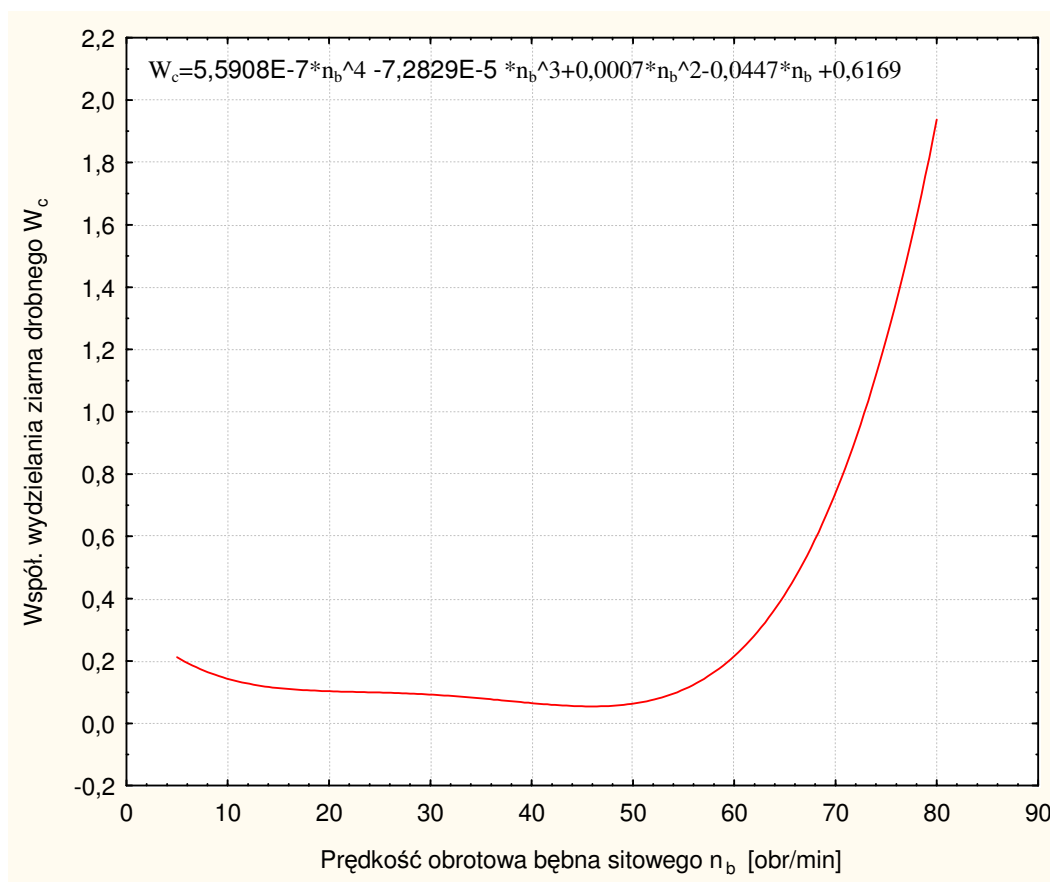
- Wykres zależności współczynnika wydzielania mas drobnych zanieczyszczeń od prędkości obrotowej bębna sitowego (Rys. 2).



Rys. 2. Wykres zależności współczynnika wydzielania masy drobnych zanieczyszczeń od prędkości obrotowej bębna sitowego

Jak widać, wartość współczynnika wydzielania drobnych zanieczyszczeń zwiększała się wraz ze wzrostem prędkości obrotowej bębna sitowego. Wartość ta zwiększyła się w wyniku zwiększania się wartości siły odśrodkowej, która powodowała lepsze wydzielanie.

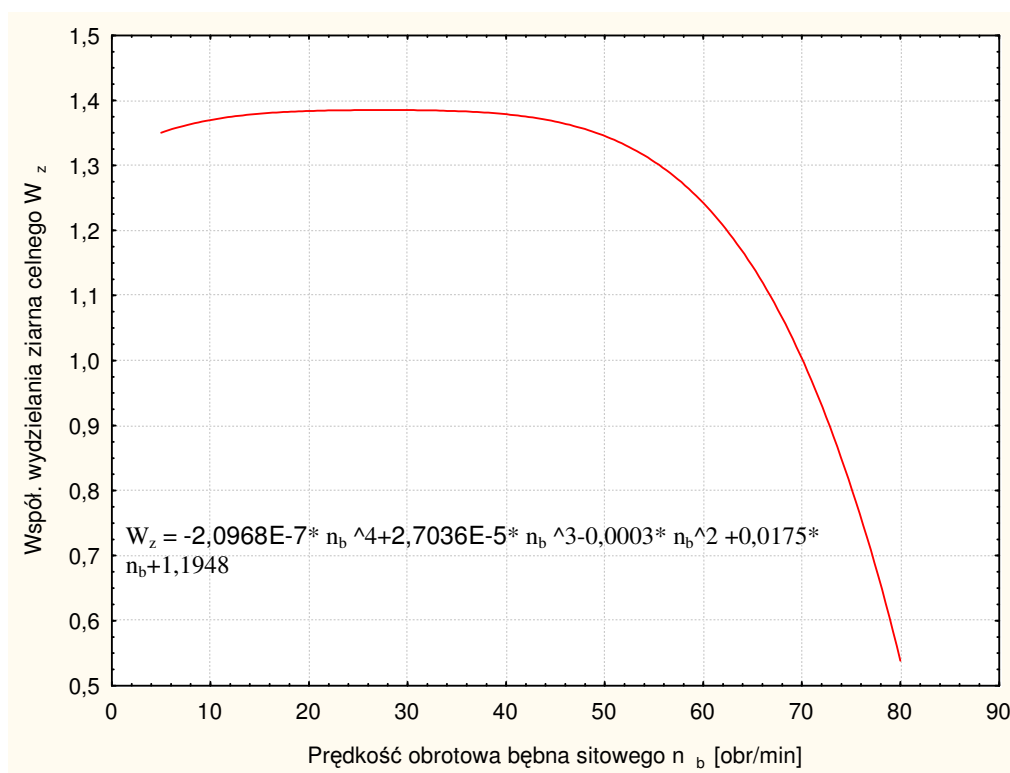
■ Wykres zależności współczynnika wydzielania masy ziarna drobnego od prędkości obrotowej bębna sitowego (Rys. 3).



Rys. 3. Wykres zależności współczynnika wydzielania masy ziarna drobnego od prędkości obrotowej bębna sitowego

W początkowej fazie wartość współczynnika wydzielania ziarna drobnego nieznacznie się zmniejszała wraz ze zwiększeniem prędkości obrotowej bębna sitowego. Spowodowane jest to tym, że ziarno drobne przedostaje się do frakcji ziarna celnego. **Czas przebywania mieszaniny czyszczonej jest krótszy**, przez co zmniejsza się wydzielanie masy ziarna drobnego. Po przekroczeniu 60 obr/min zauważono znaczącą poprawę wartości współczynnika wydzielania ziarna drobnego. Spowodowane jest to zwiększeniem oddziaływania siły odśrodkowej.

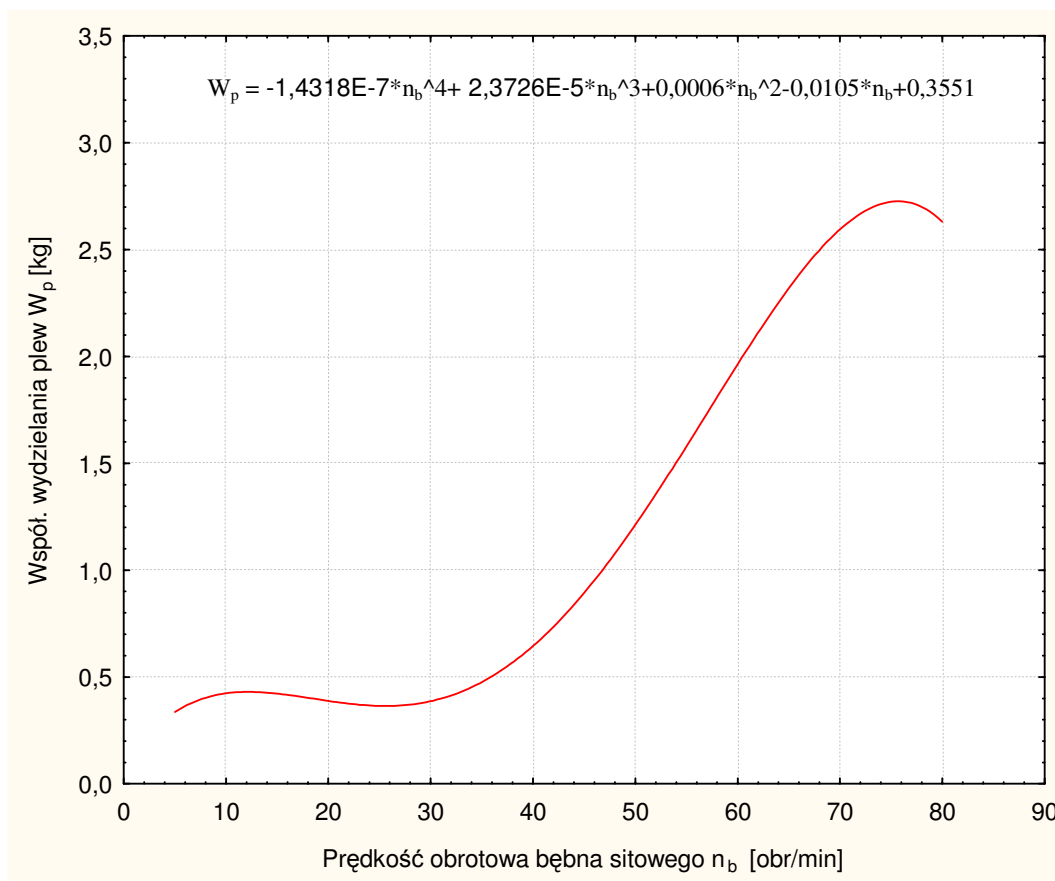
■ Wykres zależności współczynnika wydzielania masy ziarna celnego od prędkości obrotowej bębna sitowego (Rys. 4).



Rys. 4. Wykres zależności współczynnika wydzielania mas ziarna celnego od prędkości obrotowej bębna sitowego

Najpierw wartość współczynnika wydzielania ziarna celnego utrzymywała się prawie na stałym poziomie. Wartość ta była > 1 , gdyż do frakcji ziarna celnego przedostawało się ziarno drobne. Wraz ze zwiększeniem prędkości obrotowej bębna sitowego zwiększała się siła odśrodkowa ułatwiająca proces przesiewania w segmencie ziarna drobnego, dlatego wartość współczynnika wydzielania ziarna celnego zmniejszała się na skutek zmniejszania wydzielonej masy tego ziarna.

■ Wykres zależności współczynnika wydzielania masy plew od prędkości obrotowej bębna sitowego (Rys. 5).

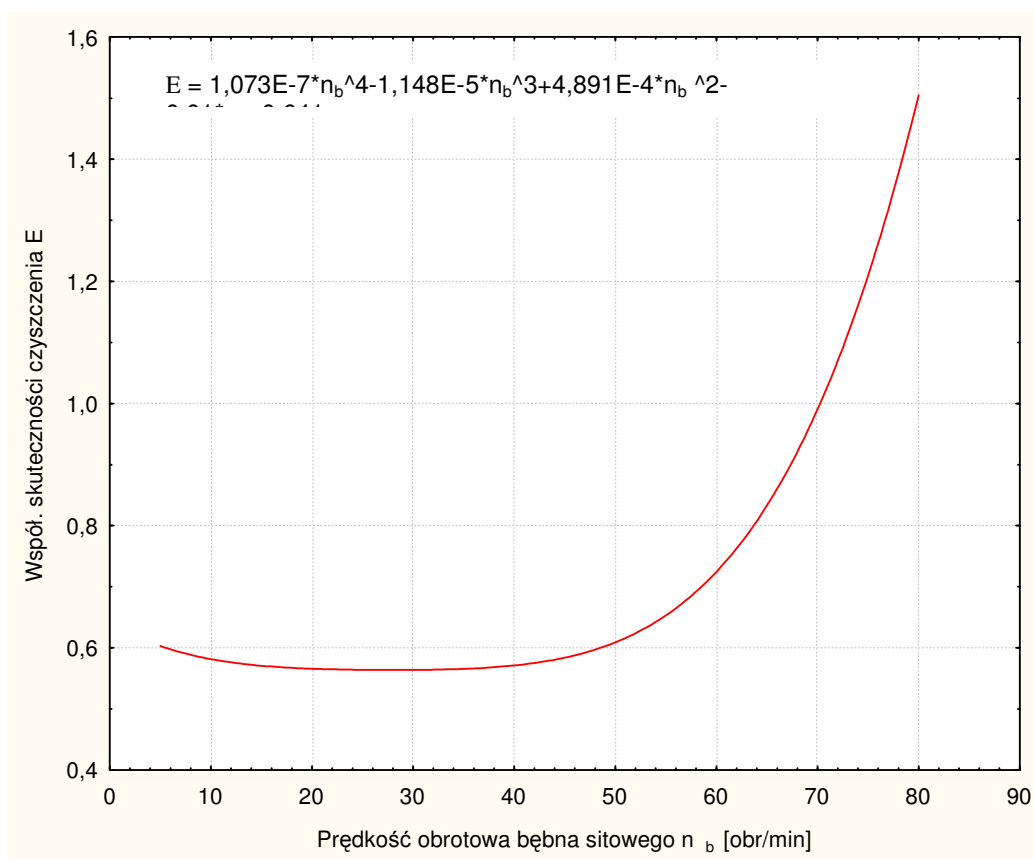


Rys. 5. Wykres zależności współczynnika wydzielania masy plew od prędkości obrotowej bębna sitowego

Stwierdzono, że wartość współczynnika wydzielania plew zwiększyła się wraz ze wzrostem prędkości obrotowej sita bębnowego. Wzrost wartości współczynnika powyżej jedności powodowało przedostawanie się ziarna do plew.

3.1.2 Całkowity współczynnik skuteczności czyszczenia

■ Wykres zależności całkowitego współczynnika skuteczności czyszczenia E od prędkości obrotowej bębna sitowego (Rys, 6).



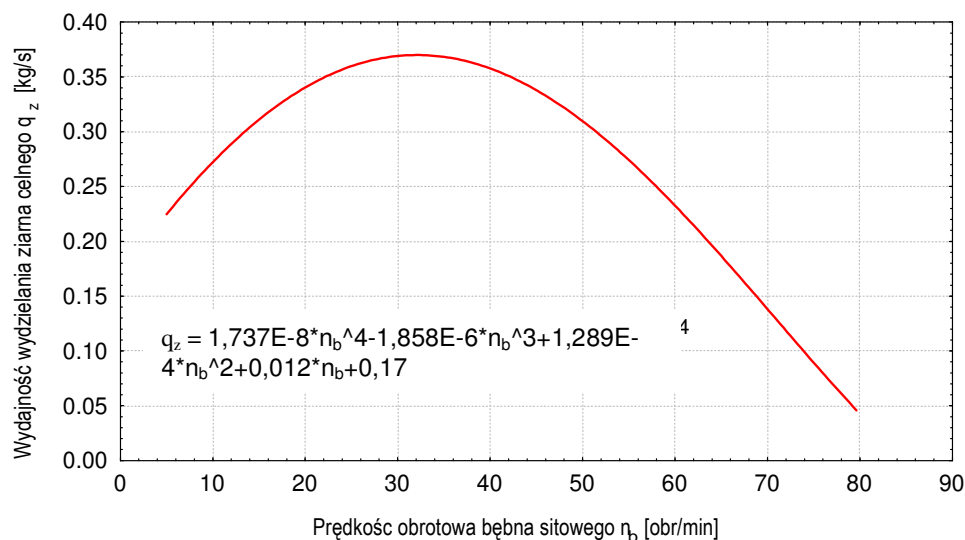
Rys. 6. Wykres zależności całkowitego współczynnika skuteczności czyszczenia E od prędkości obrotowej bębna sitowego

Całkowity współczynnik skuteczności czyszczenia wykazuje zadowalające wartości przy dużych wartościach prędkości obrotowych bębna sitowego (powyżej 60 obr/min). Skuteczność czyszczenia jest wtedy najlepsza, z powodu korzystnego oddziaływania siły odśrodkowej, poprawiającej wydzielanie ziarna drobnego. Zgodnie z założeniem proces czyszczenia jest najlepszy dla wartości całkowitego współczynnika skuteczności czyszczenia $E = 1$.

Należy jednak zauważyć, że wartość całkowitego współczynnika skuteczności czyszczenia znacznie przekracza wartość 1, co świadczy o zakłóceniu prawidłowości przebiegu procesu czyszczenia.

3.1.3. Wydajność czyszczenia dla ziarna celnego

■ Wykres zależności wydajności wydzielania ziarna celnego od prędkości obrotowej bębna sitowego (Rys. 7).



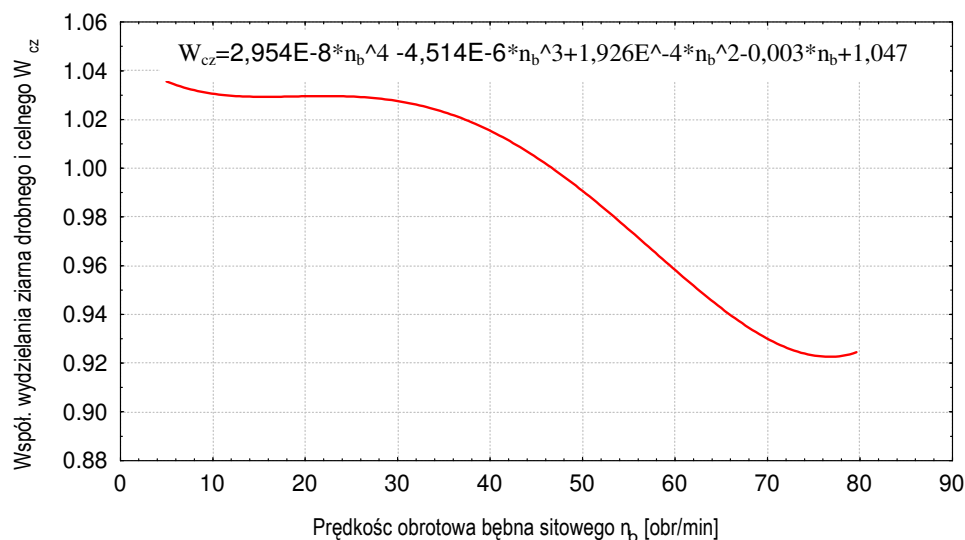
Rys. 7. Wykres zależności wydajności wydzielenia ziarna celnego q_z od prędkości obrotowej bębna sitowego

Wraz ze zwiększeniem się wartości prędkości obrotowej bębna sitowego zwiększała się wydajność czyszczenia ziarna celnego. Wartość wydajności czyszczenia ziarna celnego była największa dla wartości prędkości obrotowej bębna sitowego ok. 33 obr/min przy dalszym zwiększaniu wartości prędkości obrotowej wartość wydajności zmniejszała się.

3.2. Analiza czyszczenia dla przypadku rozdziału na trzy frakcje

3.2.1. Współczynnik wydzielenia

■ Wykres zależności współczynnika wydzielenia masy dla połączonej frakcji ziarna drobnego i celnego od prędkości obrotowej bębna sitowego (Rys. 8).

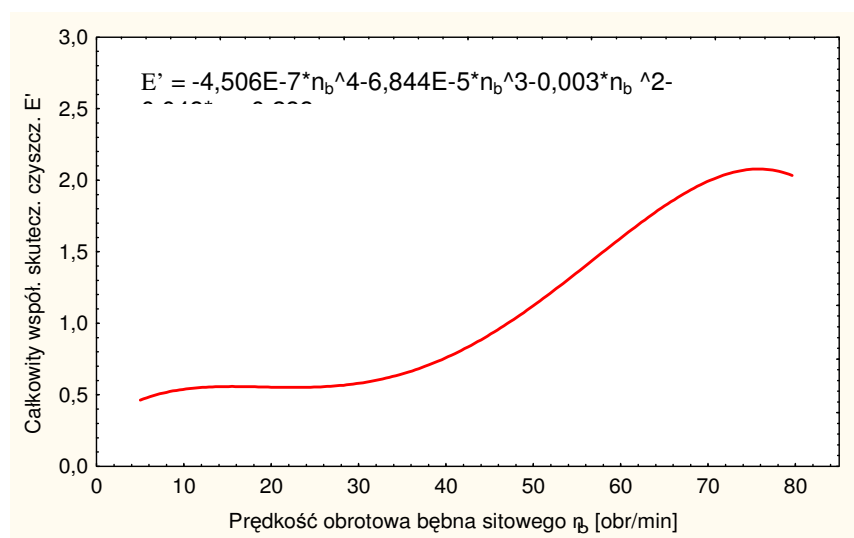


Rys. 8. Wykres wartości współczynnika wydzielania masy ziarna drobnego i celnego w zależności od prędkości obrotowej bębna sitowego

Wartość współczynnika wydzielania masy ziarna drobnego i celnego utrzymywała się prawie na stały poziomie w niewielkim stopniu odbiegając od wartości jeden. Ta zadawalająca wartość była aż do prędkości obrotowej bębna sitowego ok. 75 obr/min. Następnie wartość współczynnika wydzielania zmniejszała się. Powodem było przedostawanie się ziarna celnego i drobnego do frakcji plew oraz częściowy zanik wydzielania przy zbliżaniu się do wartości granicznej prędkości obrotowej bębna sitowego.

3.2.2. Całkowity współczynnik skuteczności czyszczenia

■ Wykres zależności całkowitego współczynnika skuteczności czyszczenia E' od prędkości obrotowej bębna sitowego (Rys. 9).

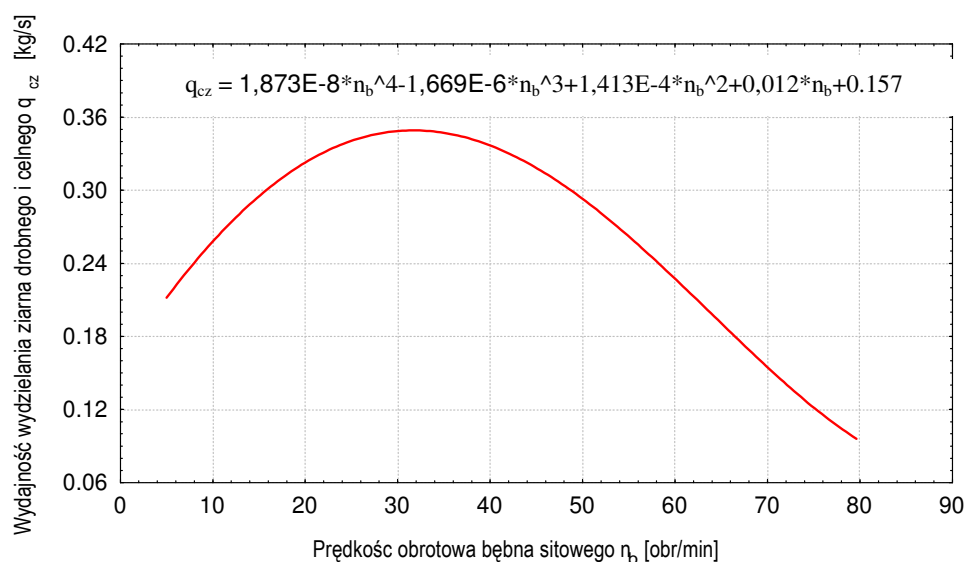


Rys. 9. Wykres zależności całkowitego współczynnika skuteczności czyszczenia E' od prędkości obrotowej bębna sitowego

Całkowity współczynnik skuteczności czyszczenia E' dla połączonych frakcji ziarna drobnego i celnego wykazuje zadawalające wartości prawie dla całego zakresu prędkości obrotowych bębna sitowego. Dla dużych wartości prędkości obrotowych bębna sitowego (powyżej 60 obr/min), skuteczność czyszczenia jest niewłaściwa, spowodowana nieprawidłowym przebiegiem procesu czyszczenia. Wartość całkowitego współczynnika czyszczenia była > 1 .

3.2.3. Wydajność czyszczenia dla połączonych frakcji ziarna drobnego i celnego

- Wykres zależności wydajności wydzielania ziarna drobnego i celnego od prędkości obrotowej bębna sitowego (Rys. 10).



Rys. 10. Wykres zależności wydajności wydzielenia ziarna drobnego i celnego q_{cz} od prędkości obrotowej bębna sitowego

Wydajność czyszczenia dla połączonych frakcji ziarna żyta drobnego i celnego jest najlepsza w zakresie prędkości obrotowej bębna sitowego 15 ÷ 55 obr/min. Wraz ze zwiększeniem prędkości obrotowej bębna sitowego zwiększa się wydajność czyszczenia osiągając ekstremum dla prędkości obrotowej ok. 33 obr/min, przy zwiększaniu wartości prędkości obrotowej wartość wydajności zmniejsza się aż do zakończenia procesu wydzielenia ziarna żyta.

Analiza wyników badań oraz obserwacje i pomiary podczas pracy nowego stacjonarnego urządzenia czyszczącego pozwalają na wyciągnięcie ogólnych i szczegółowych wniosków dotyczących zakresów parametrów technicznych użytkowania nowego urządzenia i doboru prędkości obrotowej zespołu sitowego.

5. Podsumowanie

Przedstawione badania nowego stacjonarnego urządzenia czyszczącego z zespołem sit stożkowych z uwzględnieniem przyjętych kryteriów oceny separacji oraz skuteczności czyszczenia ziarna żyta przy zadowalającej wydajności czyszczenia potwierdziły możliwość jego zastosowania jako czyszczalni ziarna żyta.

Bezpośrednie obserwacje podczas badań i analiza wyników potwierdzają możliwość stosowania współczynnika wydzielenia poszczególnych frakcji do oceny efektywności i skuteczności czyszczenia ziarna, Jednak obliczona wartość

całkowitego współczynnika skuteczności czyszczenia w niektórych przypadkach przekroczyła wartość 1. Zgodnie z przyjętą metodyką obliczona wartość współczynników E i E' powinna przyjmować wartości z zakresu od +1 dla procesu idealnego do wartości -1 dla procesu niewłaściwego, tj. gdy ziarno w całości przedostanie się do odpadu a wszystkie zanieczyszczenia do produktu. Powyższe analizy i obserwacje poczynione podczas doświadczeń upoważniają do rozszerzenia interpretacji wartości całkowitego współczynnika skuteczności czyszczenia. Według autora współczynnik ten może przekraczać wartość 1 dla rotacyjnych urządzeń wielostopniowych wydzielających więcej niż dwie frakcje. Wartości współczynnika > 1 świadczą o zakłóceniu prawidłowego przebiegu procesu czyszczenia przez czynniki i zjawiska zarówno zewnętrzne, jak i wewnętrzne związane z bezpośrednim oddziaływaniem na przebieg czyszczenia i separacji. Czynniki te powodują zanik pełnionej funkcji urządzenia na skutek np.: zapychania oczek sit, nadmiernego wzrostu siły odśrodkowej lub niewłaściwego doboru rozmiaru oczek sit, czy uszkodzenia elementów sitowych urządzenia. Stwierdzenie, który czynnik lub jakie zjawisko zaistniało wymaga obserwacji i kontroli podczas badań i okresowej diagnostyki urządzenia czyszczącego

Na obecnym etapie badań wpływu prędkości obrotowej bębna sitowego n_b na wydzielanie ziarna żyta i skuteczność jego czyszczenia stwierdzono, że najlepsze rezultaty uzyskuje się dla prędkości obrotowych bębna sitowego w zakresie $n_b=40-75$ obr/min, przy założonych stałych: przepustowości zasilania masą czyszczoną $q_1=1,25$ kg/s, prędkości obrotowej wentylatora $n_w=500$ obr/min i kącie pochylenia zespołu sitowego $K=0^\circ$.

Wartość wydajności czyszczenia w obu przypadkach (na cztery i trzy frakcje) miała podobny przebieg i była maksymalna dla wartości prędkości obrotowej bębna sitowego wynoszącej ok. 33 obr/min. Stwierdzono, że wydajność czyszczenia jest najwyższa w tym zakresie prędkości obrotowych, w którym skuteczność czyszczenia jest mniejsza.

Należy zauważyć, że dla obu rozważanych przypadkach rozdziału ziarna zakresy prędkości obrotowych bębna sitowego właściwej pracy urządzenia są takie same. Jednak zgodnie z przyjętymi kryteriami oceny procesu czyszczenia lepsze rezultaty uzyskano dla produktu stanowiącego połączenie ziarna drobnego i celnego (separacja na trzy frakcje), zarówno w odniesieniu do wydzielania masy i skuteczności czyszczenia ziarna żyta oraz wydajności czyszczenia.

W przeprowadzonych badaniach potwierdzonych analizą procesu czyszczenia z uwzględnieniem przyjętych kryteriów zauważono niewłaściwe przesiewanie ziarna celnego przez otwory sita ziarna drobnego. Przy czym zjawisko to miało miejsce dla górnego zakresu wartości prędkości obrotowych bębna sitowego. Proces ten można wyeliminować poprzez zastosowanie sita ziarna drobnego o mniejszym rozmiarze oczek. Problem ten jednak nie występuje dla rozpatrywanego drugiego przypadku, kiedy ziarno drobne i celne traktujemy jako produkt docelowy czyszczenia.

Literatura

1. Dreszer K., Gieroba J., Roszkowski A.: *Kombajnowy zbiór zbóż*, Wyd. IBMER, Warszawa 1998.
2. Dreszer K, Gołacki K, Krzysiak Z.: *Stożkowy rotacyjny zespół czyszczący materiałów ziarnistych*. Materiały Konferencyjne V Międzynarodowej Konferencji Naukowej, Problemy Techniki Rolniczej i Leśnej. 19-20.06.2002. Wydawnictwo Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie. Streszczenie, s. 23-26.
3. Dreszer K., Krzysiak Z., Gołacki K.: *Stożkowy rotacyjny zespół czyszczący materiałów ziarnistych*. Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych, z. 486, s. 289-298. Warszawa 2002.
4. Dreszer K, Krzysiak Z.: *Nowy zespół czyszczący kombajnu zbożowego*. Promotorski projekt badawczy KBN, nr projektu: 5 P06F 014 15. Warszawa 1998.
5. Gieroba J., Dreszer K.: *Czyszczalnia ziarna zwłaszcza dla maszyn omlotowych i kombajnów zbożowych*. Patent PRL, Nr 137121, Warszawa 1987.
6. Gołacki K, Dreszer K, Krzysiak Z.: *Model ruchu ziarna w obrotowym sicie stożkowym*. Materiały Konferencyjne Jubileuszowej Międzynarodowej Konferencji Naukowej XXX lat Wydziału Techniki Rolniczej AR w Lublinie. Lublin 13-14.09.2000, Aktualne problemy inżynierii rolniczej w aspekcie integracji Polski z Unią Europejską. Wydawnictwo Akademii Rolniczej w Lublinie. Streszczenie. s. 50-51. 2000.
7. Gołacki K, Krzysiak Z, Graboś A.: *Czyszczenie ziarna zbóż w rotacyjnym sicie stożkowym dla kombajnu zbożowego*. Inżynieria Rolnicza. Nr 4, s. 111-117. 2000.
8. Grochowicz J.: *Maszyny do czyszczenia i sortowania*, Wydawnictwo Akademii Rolniczej, Lublin 1994.
9. Herbsthofer F. J.: *Wo stehen wir in Mahdrescherbau und wie geht es weiter?*. Grundlagen der Landtechnik, Nr 3, s. 94-102, 1974.
10. Kanafojski Cz., Karwowski T.: *Teoria i konstrukcja maszyn rolniczych*. Tom 2, PWRiL, 1980.
11. Krzysiak Z., Gołacki Z., Dreszer K.: *Przegląd zespołów czyszczących kombajnów zbożowych*. Problemy Inżynierii Rolniczej PAN, nr 7, 1998, s. 43-54. Warszawa 1998.
12. Krzysiak Z.: *Budowa nowego rotacyjnego urządzenia czyszczącego*. Mechanik. Nr 2/2012, Miesięcznik Naukowo Techniczny, Agenda Wydawnicza SIMP, s. 153.
13. Krzysiak Z. *Budowa i konstrukcja nowego zespołu czyszczącego*. Mechanik. Nr 1/2011, Miesięcznik Naukowo Techniczny, Agenda Wydawnicza SIMP, s. 59.
14. Krzysiak Z.: *Stożkowy rotacyjny zespół czyszczący dla kombajnu zbożowego*. Praca doktorska. Wydział Techniki Rolniczej, Akademia Rolnicza, Lublin. 1999.
15. Krzysiak Z.: *Urządzenie do rozdzielania mieszanin ciał stałych*. Wzór użytkowy, nr W-109066 (PL 60084 Y1), Urząd Patentowy RP, Warszawa 2003.

- 16.Krzysiak Z.: Urządzenie do oczyszczania ziarna. Zgłoszenie patentowe na wzór użytkowy, nr W 118618, Urząd Patentowy RP, Warszawa, 2009.
- 17.Krzysiak Z.: Urządzenie do oczyszczania ziarna. Wzór użytkowy, nr Ru 65892 (PL 65892 Y1), Urząd Patentowy RP, Warszawa 2012.
- 18.Krzysiak Z.: Zawór obrotowy. Zgłoszenie patentowe na wzór użytkowy, nr W 118619, Urząd Patentowy RP, Warszawa, 2009.
- 19.Oktała W.: Elementy statystyki matematycznej i metody doświadczalnictwa. PWN, Warszawa 1979.
- 20.Pabis S.: Metodologia i metody nauk empirycznych. PWN, Warszawa 1985
- 21.Polska Norma PN-79/R-65950, Materiał siewny. Metody badań nasion. WN, Warszawa 1979.
- 22.Rumszyński L.Z.: Matematyczne metody opracowania wyników pomiarów. PWN, Warszawa 1975.