

*Dr hab. inż. Zbigniew KRZYŚIAK*  
*Dr inż. Waldemar SAMOCIUK*  
*Dr inż. Grzegorz BARTNIK*  
*Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie*

DOI: 10.17814/mechanik.2015.7.260

*Dr inż. Sławomir WIERZBICKI*  
*Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie*

*Dr inż. Leszek KRZYWONOS*  
*Politechnika Lubelska*

*Dr Anna SKIC*  
*Mgr inż. Jarosław TATARCZAK*  
*Dr Piotr BRODZKI*

*Inż. Grzegorz KALITA*  
*Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie*

## **ANALIZA WYDZIELANIA MASY ZIARNA OWSA W ROTACYJNYM URZĄDZENIU CZYSZCZĄCYM**

*Streszczenie: W pracy przedstawiono analizę wydzielania masy ziarna owsa w nowym rotacyjnym urządzeniu czyszczącym. W urządzeniu tym wykorzystano obrotowe sito stożkowe. Czyszczenie ziarna polega na połączeniu przesiewania na sitach stożkowych z separacją pneumatyczną. Urządzenie umożliwia rozdzielenie mieszaniny czyszczonej na cztery frakcje. Analiza wydzielania masy ziarna owsa potwierdziła jego przydatność jako stacjonarnego urządzenia czyszczącego.*

*Przedstawione urządzenie czyszczące jest praktycznym przykładem wykorzystania systemów CAD do wytwarzania nowych urządzeń. Analizę wyników badań opracowano w programie Statistica.*

## **ANALYSIS OF OAT GRAIN MASS SEPARATION IN ROTARY CLEANING DEVICE**

*Abstract: The paper presents the analysis of oat grain mass separation in the innovative rotary cleaning device of rotary conical sieve-based construction. The cleaning process combines the sieving operation on the conical sieves and pneumatic separation. The cleaning device facilitates the separation of the treated mixture into four fractions. The analysis of oat grain mass separation has confirmed its usability as stationary grain cleaner.*

*The presented cleaning device is a genuine example of the CAD system applicability for creating novel equipment.*

*Słowa kluczowe: rotacyjne urządzenie czyszczące, czyszczenie ziarna, ziarno owsa, sito stożkowe*

*Keywords: rotary cleaning device, grain separation, oat grain, conical sieve*

## 1. WPROWADZENIE

Owies jest rośliną zbożową z rodzaju wiechlinowatych, osiągającą wysokość do około 80 cm. W niektórych rejonach występuje jeszcze w stanie dzikim. Jest zbożem jarym, które zajmuje czwarte miejsce co do wielkości upraw zbóż w Polsce (wg GUS).

Owies i jego produkty dają niezbędną porcję energii zarówno człowiekowi, jak i zwierzętom. Produkty owsiane są idealnym składnikiem porannego posiłku. Owies charakteryzuje się bowiem bardzo wysoką wartością odżywczą za sprawą dwa razy większej ilości tłuszczu niż inne zboża. Są to w głównej mierze wielonienasycone kwasy tłuszczowe, które oprócz dostarczania energii mają dobroczynny wpływ na zdrowie [2, 4].

Owies jest prawdziwą skarbnicą błonnika i beta-glukanu. Błonnik (inaczej: włókno pokarmowe) to ta część żywności pochodzenia roślinnego, która nie jest rozkładana przez enzymy trawienne w przewodzie pokarmowym człowieka. Nie jest to substancja jednorodna, a raczej grupa związków chemicznych, które, mimo że same nie są przyswajane przez organizm, to jednak wpływają w bardzo istotny sposób na funkcjonowanie człowieka [1, 10, 11].

Jednak zanim ziarno będzie mogło być użyte w farmaceutykach lub żywności, musi być poddane separacji i czyszczeniu. Czyszczenie ziarna owsa ma na celu oddzielenie zanieczyszczeń od ziarna celnego. Wymagania co do czystości są różne, zależnie od stopnia kwalifikacji ziarna normowanego. Największe wymagania stawiane są ziarnom konsumpcyjnym, przerabianym w przemyśle farmaceutycznym i spożywczym.

Czyszczenie jest to wydzielenie zbędnych lub nawet szkodliwych domieszek (zanieczyszczeń) z materiału użytkowego. Drugim ważnym, zwłaszcza w nasiennictwie, procesem jest sortowanie. Jest to podział materiału użytkowego na grupy (klasy) o różnej wartości (przydatności) użytkowej. Polega na podzieleniu oczyszczonej masy ziarna na frakcje różniące się jakością (głównie parametrami geometrycznymi). Stan czystości ziarna określa się procentową ilością zanieczyszczeń [3].

Celem pracy jest analiza wydzielenia poszczególnych frakcji masy ziarna owsa przy zmianie prędkości obrotowej zespołu sitowego (bębna sitowego) podczas jego czyszczenia. Badania miały charakter laboratoryjny, a prowadzone były na stanowisku badawczym opatentowanego wzoru użytkowego rotacyjnego urządzenia czyszczącego [7].

## 2. OBIEKT, MATERIAŁ I METODY BADAŃ

Rotacyjne urządzenie czyszczące zbudowane jest z obrotowego sita stożkowego podzielonego na trzy części: w pierwszej wydzielane są drobne zanieczyszczenia, w drugiej ziarno drobne, a w ostatniej ziarno celne. Na końcu większego otworu umieszczony jest osiowy wentylator ssący do usuwania lekkich zanieczyszczeń. Od strony mniejszego otworu wprowadzana jest mieszanina czyszczona, natomiast wzdłuż pobocznic stożka umieszczone są kanały odprowadzające i zbiorniki na poszczególne frakcje. Dokładny opis przedstawiono we wcześniejszej publikacji [5, 7].

## 2.1. Materiał badawczy

Materiałem badawczym była sztucznie przygotowana mieszanina składająca się z:

- ziarna owsa celnego (6,8 kg),
- ziarna owsa drobnego (2,6 kg),
- drobnych zanieczyszczeń w postaci nasion maku (0,2 kg),
- plew (0,4 kg).

Skład mieszaniny dobrano jakościowo tak, aby był on zbliżony do materiału czyszczonego występującego po zbiorze owsa kombajnem zbożowym. Jednak ilościowo zwiększono masę zanieczyszczeń, aby była możliwa lepsza ocena procesu czyszczenia i separacji, również metodą obserwacji i oceny organoleptycznej. Ziarno owsa pochodziło z gospodarstwa doświadczalnego Uniwersytetu Przyrodniczego w Lublinie. Drobne zanieczyszczenia, a więc nasiona chwastów i piasek występujące podczas zbioru zastąpiono w badaniach nasionami maku, które miały zbliżone cechy geometryczne i fizyczne.

## 2.2. Metoda badań i opracowania wyników

Eksperymenty wykonywano po uruchomieniu urządzenia czyszczącego i ustaleniu właściwych parametrów jego pracy.

Badania prowadzone są z uwzględnieniem kilku czynników, natomiast w prezentowanym artykule przyjęto stały kąt pochylenia bębna sitowego  $K = 0^\circ$  oraz stałą prędkość obrotową wentylatora  $n_w = 5$  obr/min). Następnie zsypany porcję mieszaniny czyszczonej (próbkę 10 kg) do zbiornika zasilającego. Mieszanina dostawała się do wnętrza bębna sitowego z ustaloną przepustowością zasilania wynoszącą 1,25 kg/s. Po oczyszczeniu, wydzielone do pojemników ziarno ważono na wadze laboratoryjnej z dokładnością 0,002 kg. Ponadto mierzono stoperem czas, tj. początek i koniec wydzielania się frakcji ziarna drobnego i celnego, niezbędny do określenia wydajności. Pomiary wykonano dla zmiennych wartości prędkości obrotowych bębna sitowego w zakresie od 0-80 obr/min z krokiem co 5 obr/min, w pięciu powtórzeniach.

Badania rotacyjnego urządzenia czyszczącego przeprowadzone były zgodnie z zasadami planu eksperymentu statycznego zdeterminowanego selekcyjnego wielokrotnego [12]. Pełna metodyka badań była opracowana zgodnie z założeniami zawartymi w literaturze [24, 25] i dokładnie przedstawiona we wcześniejszych publikacjach [6]. Wyniki pomiarów opracowano statystycznie, wykorzystując analityczne i graficzne procedury programu STATISTICA wersja 6.0 [8, 9].

Analiza statystyczna zmienności badanych parametrów obejmowała analizę istotności różnic pomiędzy średnimi wartościami tych parametrów. Ogólną analizę przeprowadzono, wykorzystując metodę analizy wariancji. Dla parametrów uzyskanych podczas badań weryfikacyjnych wyznaczono zależności funkcyjne metodą analizy regresji krzywoliniowej. Wyboru właściwego równania regresji dokonano na podstawie wartości współczynnika determinacji  $R^2$ . Przy każdym równaniu regresji podano współczynnik determinacji.

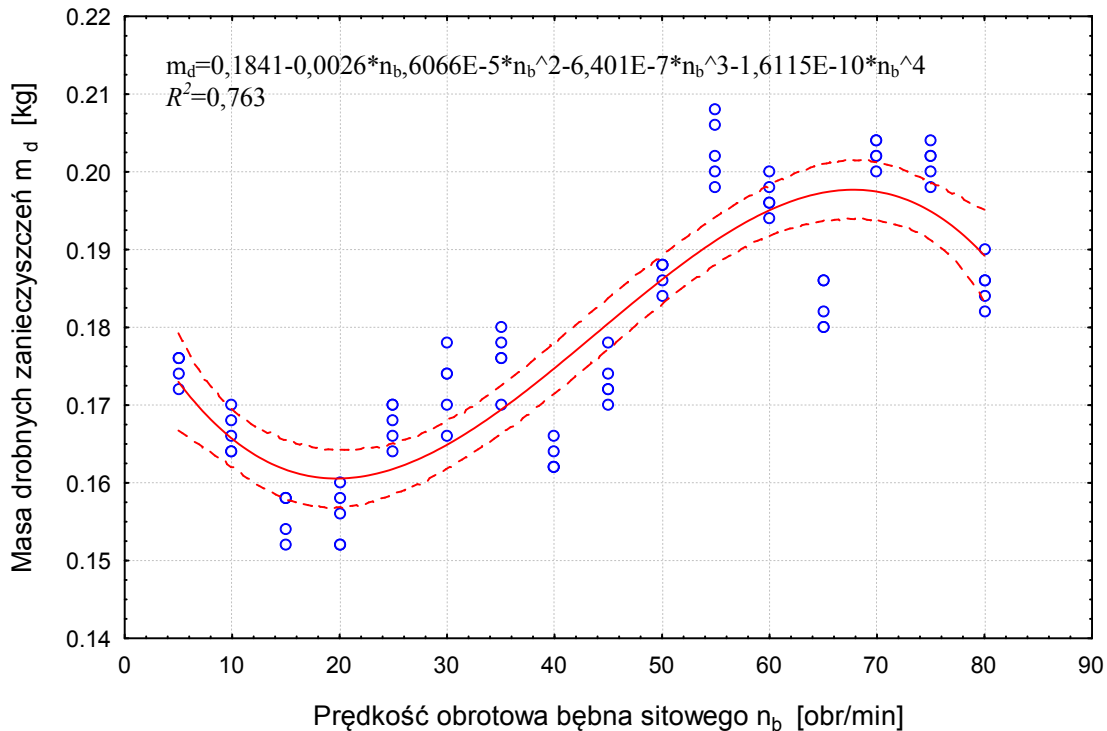
## 3. ANALIZA WYNIKÓW BADAŃ

Przeprowadzono badania wpływu prędkości obrotowej bębna sitowego ( $n_b$ ) na proces wydzielania mas poszczególnych frakcji dla mieszaniny czyszczonej (przy prędkości

obrotowej wentylatora  $n_w = 500$  obr/min, kącie pochylenia bębna sitowego  $K = 0^\circ$  i przepustowości  $q_1 = 1,25$  kg/s (szczelina zasilania  $s_1 = 4,8$  cm).

Parametrem zmiennym była prędkość obrotowa bębna sitowego  $n_b$ , zmieniana co 5 obr/min w zakresie 5-80 obr/min.

Analizując wpływ prędkości obrotowej bębna sitowego na wydzielenie masy drobnych zanieczyszczeń (rys. 1), stwierdzono, że w ogólnym ujęciu wydzielana masa drobnych zanieczyszczeń ( $m_d$ ) zwiększała się wraz ze wzrostem prędkości obrotowej bębna sitowego.

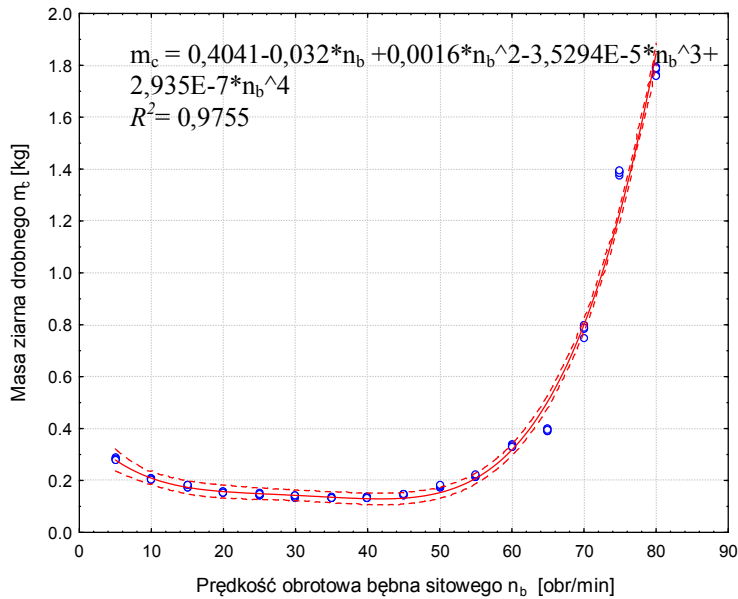


Rys. 1. Wpływ prędkości obrotowej bębna sitowego na wydzielenie masy drobnych zanieczyszczeń

Dla prędkości obrotowej bębna sitowego  $n_b = 20$  obr/min zauważono minimum lokalne, kiedy masa drobnych zanieczyszczeń jest najmniejsza. Natomiast całkowite wydzielenie drobnych zanieczyszczeń (około 0,2 kg) nastąpiło dla wartości  $n_b = 60$  obr/min.

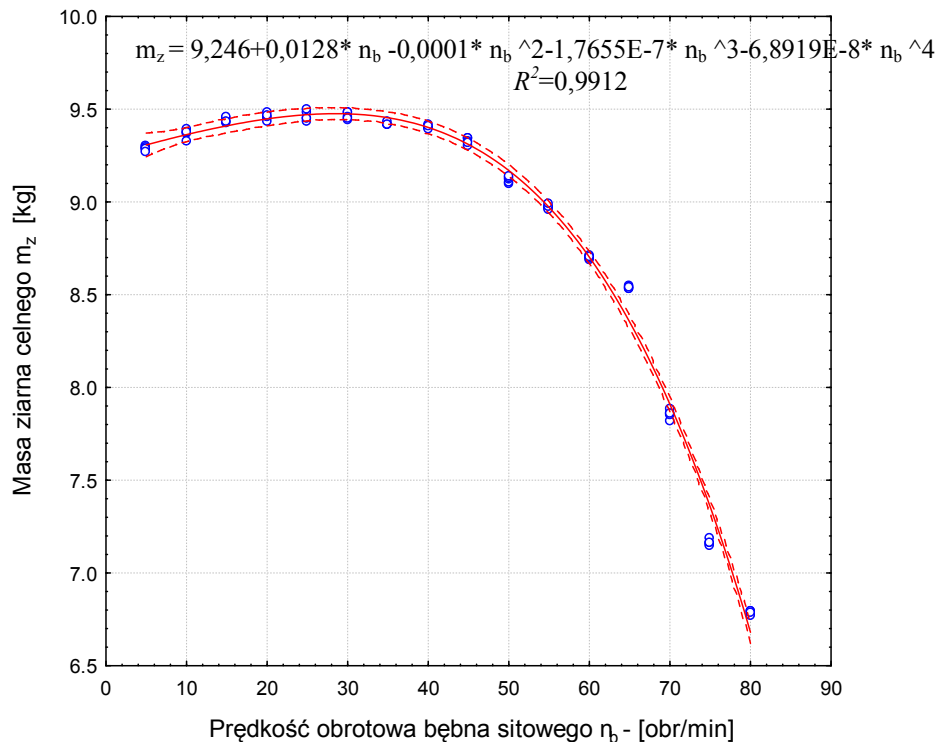
Analizując wydzielanie masy ziarna drobnego ( $m_c$ ), stwierdzono, że do wartości prędkości obrotowych bębna sitowego  $n_b < 60$  obr/min nie było istotnych zmian (rys. 2). Dla prędkości powyżej 60 obr/min nastąpił wzrost wydzielanej masy wraz ze wzrostem prędkości obrotowej bębna sitowego.

Ponadto stwierdzono, że na początku rozważanych prędkości obrotowych  $n_b$  masa ziarna owsa drobnego zmniejszała się nieznacznie i dopiero dla końcowych wartości następowało nagle zwiększenie wydzielania tej masy. Należy zauważyć, że w tym przypadku prędkość obrotowa korzystnie wpływa na wydzielanie się ziarna drobnego. Ziarno drobne trafia do swojej frakcji, nie przedostając się do zbiornika ziarna celnego. Występuje jednak niekorzystne zjawisko częściowego przedostawania się ziarna celnego do zbiornika ziarna drobnego na skutek zwiększonego oddziaływania siły odśrodkowej ułatwiającej proces wydzielania.



Rys. 2. Wpływ prędkości obrotowej bębna sitowego na wydzielenie masy ziarna drobnego owsa

Natomiast poniżej pokazano wykres wpływu prędkości obrotowej bębna sitowego na wydzielenie masy ziarna celnego (rys. 3).

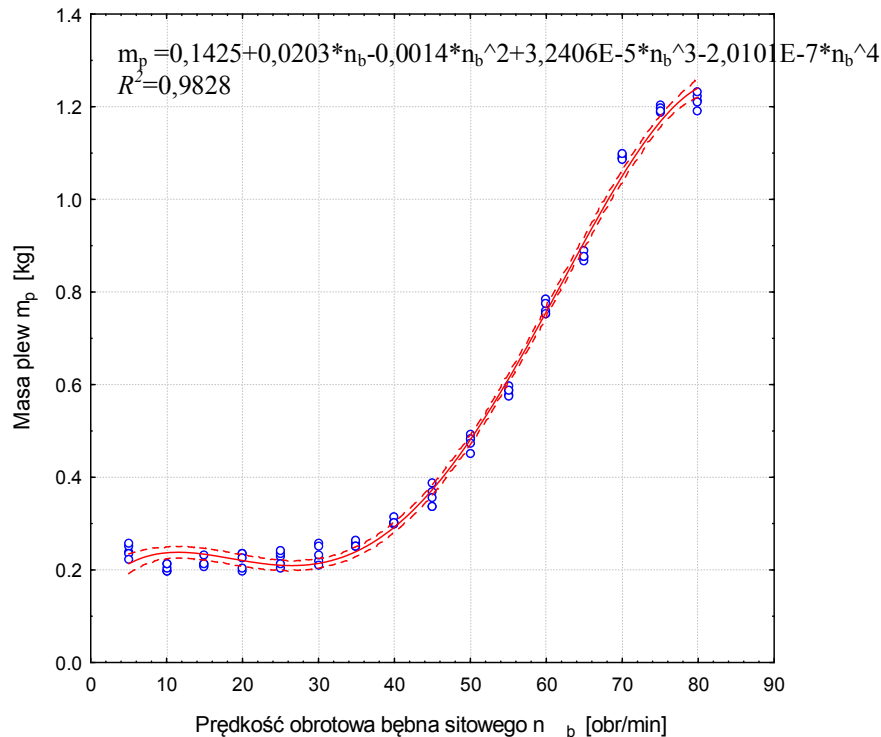


Rys. 3. Wpływ prędkości obrotowej bębna sitowego na wydzielenie masy ziarna celnego

Na podstawie uzyskanych wyników stwierdzono, że w początkowej fazie wydzielana masa ziarna celnego zwiększała się wraz ze zwiększaniem wartości prędkości obrotowej bębna sitowego. Dopiero przy wartości prędkości bębna sitowego powyżej 30 obr/min wystąpiło zmniejszenie wydzielania masy ziarna owsa celnego. Spowodowane jest to zwiększeniem siły odśrodkowej, która niekorzystnie wypycha część ziarna owsa celnego przez sito ziarna

drobnego, które w pewnej ilości przedostaje się do zbiornika ziarna drobnego. Powyżej  $n_b = 70$  obr/min mieszanina czyszczona zaczyna przylegać do bębna sitowego, ponieważ wartość siły odśrodkowej jest na tyle duża, że nie pozwala na całkowite wydzielenie się poszczególnych frakcji.

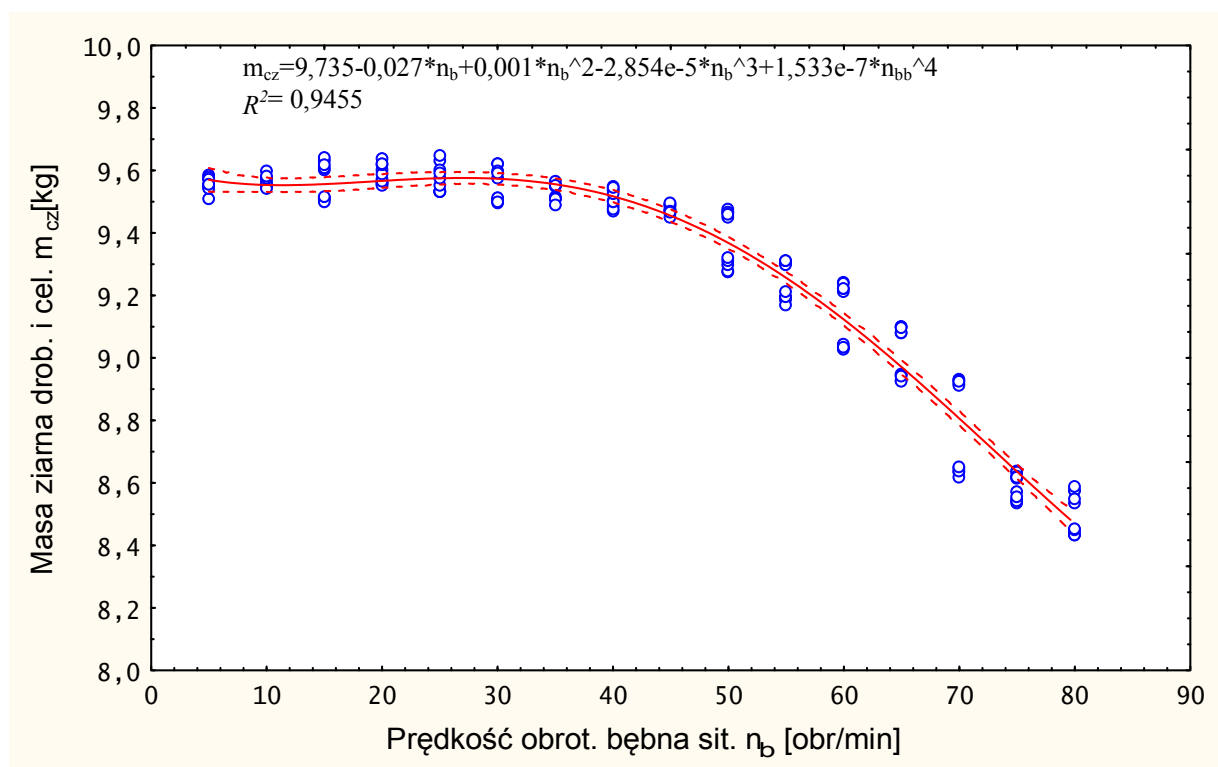
Rozważając wpływ prędkości obrotowej bębna sitowego na wydzielenie masy plew ( $m_p$ ) (rys. 4) należy stwierdzić dużą zmienność jej wydzielania.



Rys. 4. Wpływ prędkości obrotowej bębna sitowego na wydzielenie masy plew

Stwierdzono, że w początkowej fazie masa plew utrzymywała się prawie na jednakowym poziomie, jednak w miarę zwiększania prędkości obrotowej bębna sitowego, masa plew również zwiększała się, co jest spowodowane przedostawaniem się ziarna owsa do plew. Istotny wpływ na to miało oddziaływanie siły odśrodkowej, jak również zakłócenie procesu pneumatycznego czyszczenia przez strumień powietrza pochodzący od łopatek przesypujących masę czyszczoną, umieszczonych w segmencie drobnych zanieczyszczeń.

Najlepsze efekty czyszczenia uzyskuje się, jeśli potraktujemy ziarno drobne i ziarno celne łącznie jako jedną frakcję (rys. 5).



Rys. 5. Wpływ prędkości obrotowej bębna sitowego na wydzielenie masy łącznie ziarna drobnego i celnego

Na podstawie analizy wyników badań wpływu prędkości obrotowej bębna sitowego na wydzielenie mas łącznie ziarna drobnego i celnego ( $m_{cz}$ ) stwierdzono, że do wartości  $n_b = 40$  obr/min. wydzielanie mas nie zmienia się, natomiast dla dalszego zakresu prędkości obrotowych bębna sitowego następuje zmniejszenie intensywności wydzielania ziarna celnego i drobnego łącznie.

#### 4. PODSUMOWANIE

Badane stacjonarne rotacyjne urządzenie czyszczące umożliwia czyszczenie i separację ziarna owsa i może być przydatne w zakładach zbożowych i gospodarstwach rolnych.

Czyszczenie ziarna owsa w rotacyjnym urządzeniu czyszczącym wspomaganym pneumatycznie jest ograniczone wartością prędkości obrotowej sita stożkowego wynoszącą 80 obr/min. Wyniki badań wykazują, iż prędkość obrotowa 80 obr/min jest zbyt wysoka ze względu na przyczepianie się mieszaniny czyszczonej do powierzchni sita stożkowego (brak przesiewania). Techniczne ograniczenie prędkości do tej wartości nie pogarsza zatem możliwości technologicznych urządzenia.

Analiza uzyskanych wyników wydzielania mas ziarna celnego wykazuje właściwe wydzielanie mas poszczególnych frakcji z masy czyszczonej dla prędkości obrotowych bębna sitowego w zakresie wartości 45÷75 obr/min.

W dalszych badaniach należy ocenić wielkość doboru oczek w sicie ziarna drobnego w stosunku do zmiennej siły odśrodkowej dla zastosowanej prędkości obrotowej, tak aby ziarno celne nie przedostawało się do frakcji ziarna owsa drobnego, być może sytuację poprawi zmiana otworów w sicie na podłużne.

**LITERATURA**

- [1] Brown L., Rosner B., Willet W.W. i wsp.: *Cholesterol lowering effect of dietary fiber. A metaanalysis*, Am. J. Clin. Nut, 69, 1999, pp. 30-42.
- [2] Gibiński M., Gumul D., Korus J.: *Prozdrowotne właściwości owsa i produktów owsianych*, ŻYWNOSĆ. Nauka. Technologia. Jakość, 2005.
- [3] Grochowicz J.: *Maszyny do czyszczenia i sortowania*, Wydawnictwo Akademii Rolniczej, Lublin 1994.
- [4] Kiryluk J., Gąsiorowski H., Kowalewski W.: *Otręby owsiane produkt, który zdobywa świat*, Przegląd Zbożowo-Młynarski, 2004.
- [5] Krzysiak Z.: *Budowa nowego rotacyjnego urządzenie czyszczącego*, Mechanik, nr 2/2012, Miesięcznik Naukowo-Techniczny, Agenda Wydawnicza SIMP, s. 153/14.
- [6] Krzysiak Z.: *Ocena czyszczenia ziarna żyta w nowym, rotacyjnym urządzeniu czyszczącym*, Mechanik, nr 2/2013, Miesięcznik Naukowo-Techniczny, Agenda Wydawnicza SIMP, s. 143/20.
- [7] Krzysiak Z.: *Urządzenie do oczyszczania ziarna*, Urząd Patentowy RP, Wzór użytkowy, nr Ru 65892 (PL 65892 Y1), Warszawa 2012.
- [8] Luszniwicz A., Słaby T.: *Statystyka z pakietem STATISTICA PL. Teoria i zastosowania*, Wyd. C.H. Beck, Warszawa 2008.
- [9] Magiera R.: *Modele i metody statystyki matematycznej*, Oficyna Wyd. GiS, Warszawa 2002.
- [10] Paczkowska M., Kunachowicz H.: *Zawartość włókna pokarmowego frakcji rozpuszczalnej i nierozpuszczalnej w wybranych produktach zbożowych*, Żyw. Człow. Metab, 34, 2007 s. 824-827.
- [11] Pereira M.A., O'Reilly E., Augustsson K. i wsp.: *Dietary fiber and risk of coronary heart disease. A pooled analysis of cohort studies*, Arch Inter Med, 2004, pp. 370-376.
- [12] Polański Z.: *Planowanie doświadczeń w technice*, PWN, Warszawa 1984.