

Dr inż. Zbigniew KRZYŚIAK, dr inż. Waldemar SAMOCIUK, dr inż. Grzegorz BARTNIK,
 Dr inż. Janusz ZARAJCZYK, dr inż. Marek SZMIGIELSKI, dr inż. Sławomir KOCIRA,
 Dr inż. Jacek SKWARCZ, dr Piotr BRODZKI, prof. dr hab. Józef KOWALCZUK
 Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie
 Dr inż. Leszek KRZYWONOS
 Politechnika Lubelska

WPLYW PRĘDKOŚCI OBROTOWEJ BĘBNA SITOWEGO NA PROCES CZYSZCZENIA ZIARNA PSZENICY W URZĄDZENIU ROTACYJNYM

Streszczenie: W pracy przedstawiono analizę wydzielania masy ziarna pszenicy 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 pszenicy potwierdziła jego przydatność jako stacjonarnego urządzenia czyszczącego. Przedstawione urządzenie czyszczące jest praktycznym przykładem wykorzystania systemów CAD do wytwarzania nowych urządzeń.

THE ANALYSIS OF THE EFFECT OF INCLINATION ROTARY SPEED OF THE SIEVE DRUM ON THE CLEANING PROCESS OF THE WHEAT GRAIN IN THE ROTARY CLEANING DEVICE

Abstract: The paper presents the analysis of wheat 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 wheat 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 pszenicy, sito stożkowe
Keywords: rotary cleaning device, grain separation, wheat grain, conical sieve

1. WPROWADZENIE

Pszenica jest najczęściej i w największej ilości uprawianym zbożem, zarówno na świecie, jak i w naszym kraju. Atrakcyjność jej uprawy wynika m.in. z jej wysokiej ceny w stosunku do ceny innych zbóż.

Pszenica, a zwłaszcza jej odmiany ozime, jest w dużej mierze narażona na silne zachwaszczenie. Sprzyja temu długi okres wegetacji oraz często występujące uszkodzenia

mrozowe roślin powodujące przerzedzanie łanów. Ponadto, obecnie zauważalny wzrost zachwaszczenia wynika głównie z braku odpowiedniego zmianowania, ze stosowania wszelkiego rodzaju uproszczeń uprawowych oraz z ograniczonego stosowania środków ochrony roślin, powodowanego często przez warunki ekonomiczne czy atmosferyczne. Technologie oszczędnościowe dominujące w czasach kryzysu wymagają właściwej obróbki ziarna na każdym etapie produkcji [3, 8, 10, 17]. Suszenie i czyszczenie jest szczególnie ważne, gdy ziarno pszenicy przeznaczonej do konsumpcji lub na paszę będzie przez jakiś czas przechowywane [30]. Magazynowanie ziarna wymaga jego oczyszczenia z występujących w nim zanieczyszczeń w postaci nasion chwastów czy piasku. Aby uzyskać odpowiedni stopień czystości ziarna, konieczne jest zastosowanie urządzeń czyszczących o dużej efektywności i skuteczności czyszczenia [1, 8, 20, 22, 23, 25, 27, 28].

Niska skuteczność wydzielania zanieczyszczeń oraz wysokie straty nasion gatunku podstawowego wynikają z dwóch głównych przyczyn: niewłaściwego doboru parametrów pracy urządzeń czyszczących [3-6] oraz wykorzystywania w urządzeniach cech rozdzielczych (wymiarów nasion, prędkości krytycznej ich unoszenia) niewyróżniających istotnie materiału podstawowego od zanieczyszczeń [3, 7, 9, 23, 26, 28, 31].

Celem pracy była analiza wpływu prędkości obrotowej zespołu sitowego (bębna sitowego) na wydzielanie mas poszczególnych frakcji występujących w czyszczonych ziarnach pszenicy. Badania miały charakter laboratoryjny i prowadzone były na stanowisku badawczym opatentowanego wzoru użytkowego rotacyjnego urządzenia czyszczącego [15].

W badaniach prowadzonych nad nową konstrukcją urządzenia czyszczącego wyznaczane parametry pracy wymagają, na obecnym etapie badań, optymalizacji doświadczalnej [12-14].

2. OBIEKT BADAŃ

Proponowana konstrukcja (rys. 1) jest rozwiązaniem łączącym cechy przesiewacza sitowego i pneumoseparatora do czyszczenia ziarna opartym na opatentowanym wzorze użytkowym [15].



Rys. 1. Widok rotacyjnego urządzenia czyszczącego

Nowe urządzenie czyszczące charakteryzuje się tym, że sito składa się z trzech segmentów w kształcie pobocznic stożka ściętego, którego mniejszy otwór skierowany jest do kosza zasypowego, a od strony większego otworu umieszczony jest współśrodkowo osiowy wentylator ssący (rys. 2). Dokładny opis przedstawiono we wcześniejszej publikacji [13].

3. MATERIAŁ BADAWCZY I OPRACOWANIE WYNIKÓW POMIARÓW

3.1. Materiał badawczy

Materiałem badawczym była sztucznie przygotowana mieszanina składająca się z:

- ziarna pszenicy celnej (6,8 kg),
- ziarna pszenicy drobnej (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 pszenicy kombajnem zbożowym. Jednak ilościowo zwiększono masę zanieczyszczeń, aby była możliwa lepsza ocena procesu czyszczenia i separacji, również metodą obserwacji i oceny organoleptycznej. Ziarno pszenicy 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.

3.2. Metoda opracowania wyników pomiarów

Pełna metodyka badań była opracowana zgodnie z założeniami zawartymi w literaturze [24, 25] i dokładnie przedstawiona we wcześniejszych publikacjach [14].

Wyniki pomiarów opracowano statystycznie, wykorzystując analityczne i graficzne procedury programu STATISTICA wersja 6.0 [2, 18, 19, 20, 21, 29, 30].

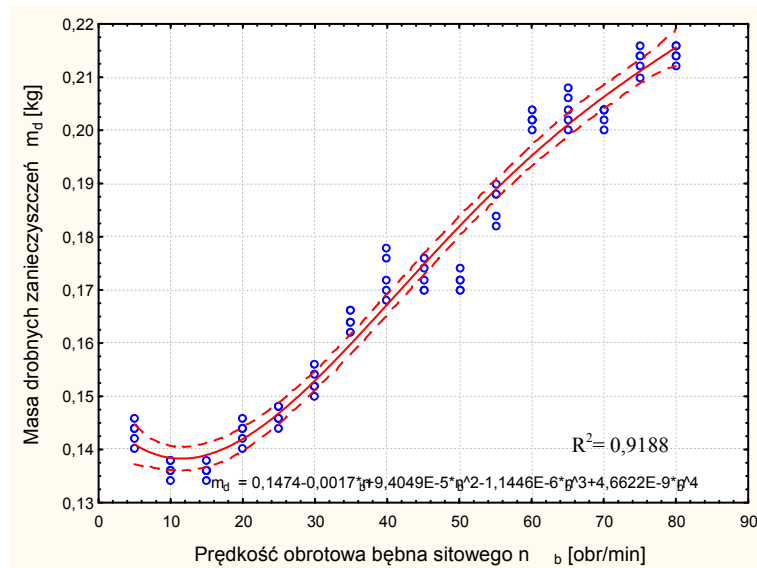
Analiza statystyczna zmienności parametrów badanych obejmowała analizę istotności różnic pomiędzy średnimi wartościami tych parametrów. Ogólną analizę przeprowadzono, wykorzystując metodę analizy wariancji. Dla parametrów uzyskanych podczas badań weryfikacyjnych wyznaczono zależności funkcyjne metodą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

4. 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 $s_1 = 4,2$ cm).

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

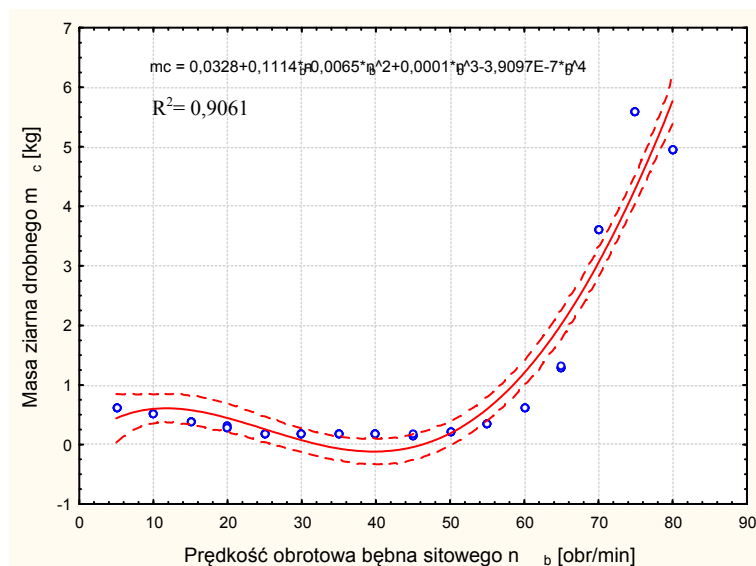
Analizując wpływ prędkości obrotowej bębna sitowego na wydzielenie masy drobnych zanieczyszczeń (rys. 2), stwierdzono, że w ogólnym ujęciu wydzielana masa drobnych zanieczyszczeń (m_d) zwiększała się wraz ze wzrostem prędkości obrotowej bębna sitowego.



Rys. 2. Wpływ prędkości obrotowej bębna sitowego na wydzielenie masy drobnych zanieczyszczeń

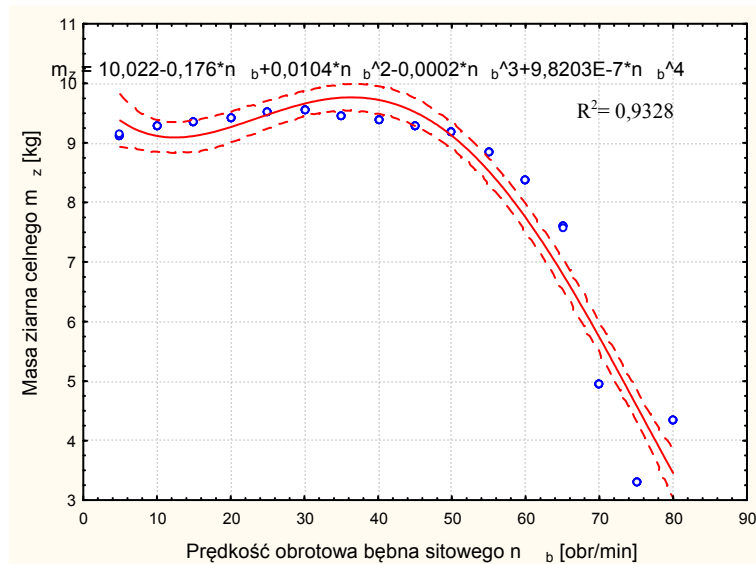
W początkowej fazie badanego zakresu prędkości obrotowej bębna sitowego, zauważono minimum lokalne dla $n_b = 10$ oraz 20 obr/min, wtedy masa drobnych zanieczyszczeń jest najmniejsza. Natomiast całkowite wydzielenie drobnych zanieczyszczeń około $0,2$ kg nastąpiło dla wartości $n_b = 60$ obr/min.

Stwierdzono, że wydzielana masa ziarna drobnego (m_c) dla wartości obrotowych bębna sitowego $n_b < 60$ obr/min nie wykazywała dużej zmienności (rys. 3). Dla prędkości powyżej 65 obr/min nastąpił wzrost wydzielanej masy wraz ze wzrostem prędkości obrotowej bębna sitowego.



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

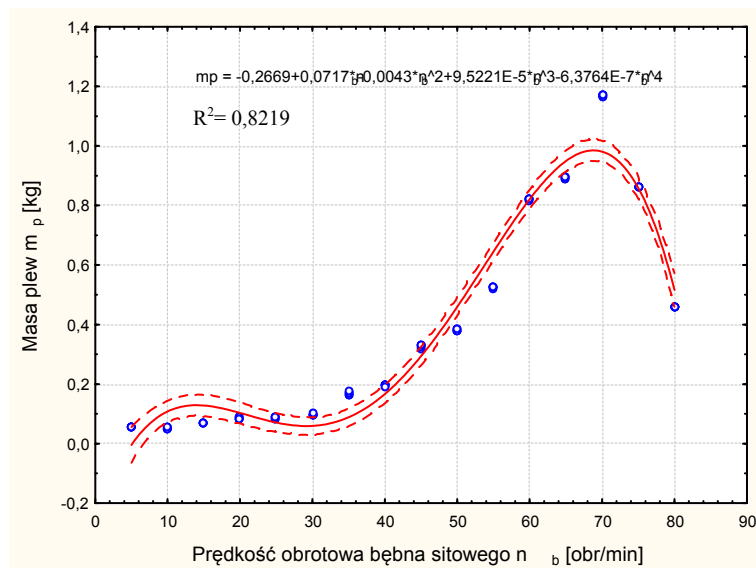
Rozważając wpływ prędkości obrotowej bębna sitowego na wydzielenie masy ziarna celnego (m_z) (rys. 4), należy zauważyć, że wydzielana masa ziarna celnego (m_z) wykazuje odwrotne tendencje niż wydzielana masa ziarna drobnego, czyli dla małych prędkości obrotowych n_b wydzielanie ziarna celnego było większe, natomiast dla prędkości z górnego zakresu było mniejsze.



Rys. 4. Wpływ prędkości obrotowej bębna sitowego na wydzielenie masy ziarna celnego

Najprawdopodobniej spowodowane jest to zwiększonym oddziaływaniem siły odśrodkowej, poprawiającej proces wydzielania masy ziarna drobnego do tego stopnia, że część ziarna celnego przedostaje się do frakcji ziarna drobnego. Zjawisko to potwierdzają obserwacje poczynione podczas badań.

Oceniając wpływ prędkości obrotowej bębna sitowego na wydzielenie masy plew (m_p) (rys. 5), należy stwierdzić dużą zmienność jej wydzielania.



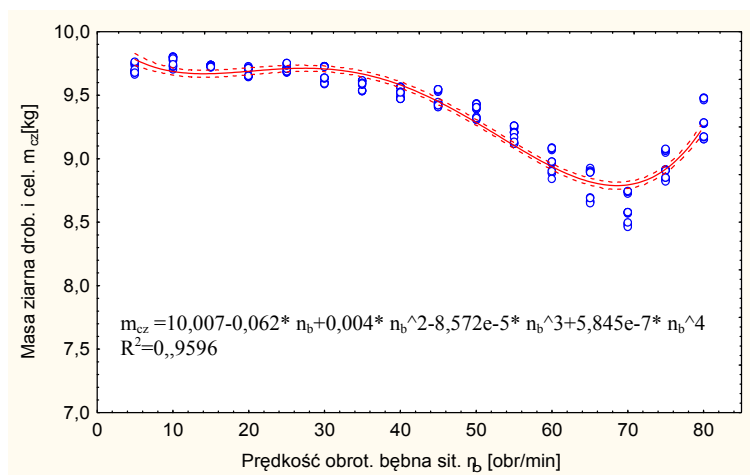
Rys. 5. Wpływ prędkości obrotowej bębna sitowego na wydzielenie masy plew

Początkowo masa plew stopniowo zwiększała się, osiągając w końcowym zakresie lokalne maksimum dla wartości $n_b = 70$ obr/min. W tym maksimum wartość masy plew była największa $m_p > 1$ kg. Wartość ta jest ponad dwukrotnie wyższa niż zawarta w mieszaninie przed czyszczeniem. Świadczy to o tym, że pewna ilość ziarna na skutek chaotycznego ruchu i odbijania się od ścianek sita przedostała się do frakcji plew.

Na podstawie przeprowadzonych badań wpływu prędkości obrotowej bębna sitowego na wydzielenie mas łącznie ziarna drobnego i celnego (m_{cz}) (rys. 6) stwierdzono, że do wartości $n_b = 30$ obr/min średnie między nimi się nie różnią (potwierdza to test Tukeya przeprowadzonej analizy wariancji).

Tabela 1. Test HSD Tukeya. Prawdopodobieństwa dla testów post-hoc

Lp.	Predk. obr. n_b	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}	{6}	{7}	{8}	{9}	{10}	{11}	{12}	{13}	{14}	{15}	{16}
		9,706	9,768	9,731	9,691	9,714	9,652	9,579	9,517	9,465	9,382	9,198	8,978	8,827	8,598	8,938	9,306
1	5		0,52	1,00	1,00	1,00	0,75	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2	10	0,52		0,99	0,15	0,75	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
3	15	1,00	0,99		0,97	1,00	0,14	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
4	20	1,00	0,15	0,97		1,00	0,98	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
5	25	1,00	0,75	1,00	1,00		0,53	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
6	30	0,75	0,00	0,14	0,98	0,53		0,22	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00



Rys. 6. Wpływ prędkości obrotowej bębna sitowego na wydzielanie masy łącznie ziarna drobnego i celnego

Dla górnego zakresu prędkości obrotowych bębna sitowego nastąpiło zmniejszenie intensywności wydzielania ziarna celnego i drobnego łącznie. Lokalne minimum wystąpiło dla prędkości obrotowej 70. Można zauważyć że jest ono skorelowane z maksimum dla wydzielania plew. Zatem dla tej prędkości występują straty w postaci przedostawania się ziarna do plew.

5. PODSUMOWANIE

Charakterystyczną cechą urządzenia czyszczącego jest rozdział mieszaniny czyszczonej na cztery frakcje: drobnych zanieczyszczeń, ziarna drobnego, ziarna celnego i plew. Względnie podział może odbywać się na trzy frakcje, gdy nie jest wymagane wydzielenie ziarna drobnego z ziarna pszenicy, tylko jej oczyszczenie.

Eksperymenty dowiodły, że czyszczalnia może pracować w zakresie prędkości rotacyjnego sita stożkowego od 5 do 75 obr/min, ponieważ dla większych wartości występuje zakłócenie procesu separacji aż do jego całkowitego zaniku.

Analiza wydzielania mas poszczególnych frakcji – drobnych zanieczyszczeń, ziarna drobnego, ziarna celnego i plew oraz łącznie mas ziarna drobnego i celnego – wskazuje na uzależnienie ilościowe ich wydzielania od prędkości obrotowej bębna sitowego przy założonej stałej prędkości obrotowej wentylatora (500 obr/min) i przepustowości zasilania (1,25 kg/s).

Analiza uzyskanych wyników wydzielania mas ziarna drobnego oraz celnego i łącznie ziarna drobnego i celnego przy założonych warunkach pracy urządzenia (podanych wyżej) wykazuje właściwe wydzielanie mas poszczególnych frakcji z masy czyszczonej dla prędkości obrotowych bębna sitowego bez strat ziarna (drobnego i celnego) w zakresie wartości 5-60 obr/min.

W dalszych badaniach należy ocenić efektywność i wydajność czyszczenia ziarna pszenicy oraz określić przydatność urządzenia rotacyjnego dla oczyszczania pozostałych gatunków ziarna zbóż i innych nasion.

Badania nowego stacjonarnego rotacyjnego urządzenia czyszczącego potwierdziły jego przydatność do czyszczenia ziarna pszenicy.

LITERATURA

- [1] Ademosun O., Ogunlowo O.: *Preliminary investigation on the distribution and spread pattern of cowpea in a cross flow grain separator*, "Agricultural Engineering International: the CIGR E-journal", Manuscript FP 06 020, vol. VIII, 2006.
- [2] Brandt S.: *Analiza danych: metody statystyczne i obliczeniowe*, Wyd. Nauk. PWN, Warszawa, 1999.
- [3] Choszcz D.: *Efektywność rozdzielania mieszaniny nasion rzepaku przytuli czepnej w separatorze z taśmą pętłkową*, „Rozprawy Habilitacyjne” nr 31, „Inżynieria Rolnicza” 7(116), Komitet Techniki Rolniczej PAN, Kraków, 2009.
- [4] Choszcz D., Konopka S., Wierzbicki K.: *Badanie procesów czyszczenia w aspekcie poprawy ich jakości*, „Zeszyty Naukowe AR w Krakowie”, 54, 1998, 311-318.
- [5] Choszcz D., Konopka S., Wierzbicki K.: *The usability of a string sieve for seed mixture cleaning*, Acta. Acad. Evaluation of. Agricult. ac Techn. Olst., Techn. Sc., 1, 1998, 25-33.
- [6] Choszcz D., Wierzbicki K.: *Badania nad wydzielaniem nasion przytuli czepnej z nasion rzepaku i gorczyca z wykorzystaniem cech geometrycznych i aerodynamicznych*, Acta. Acad. Agricult. Techn. Olst., Aedif. et Mech., 25, 1993, 71-80.
- [7] Geodeci M., Grundas S.: *Charakterystyka cech geometrycznych pojedynczych ziarniaków pszenicy ozimej i jarej*, „Acta Agrophysica”, 2(3), 2003, 531-538.
- [8] Grochowicz J.: *Maszyny do czyszczenia i sortowania*, Wydawnictwo Akademii Rolniczej, Lublin, 1994.
- [9] Hebda T., Micek P.: *Cechy geometryczne ziarna wybranych odmian zbóż*, „Inżynieria Rolnicza”, 5(93), 2007, 187-193.
- [10] Iglewski S.: *Czyszczenie nasion*, Państwowe Wydawnictwo Rolnicze i Leśne, Warszawa, 1950.
- [11] Krzysiak Z.: *Analiza wpływu kąta pochylenia zespołu sitowego na proces czyszczenia ziarna żyta w nowym rotacyjnym urządzeniu czyszczącym*, „Mechanik”, Nr 7/2013, Miesięcznik Naukowo-Techniczny, Agenda Wydawnicza SIMP, s. 595/331-342.
- [12] Krzysiak Z.: *Dobór zakresu parametrów eksploatacyjnych nowego rotacyjnego urządzenia czyszczącego*, „Mechanik”, Nr 7/2013, Miesięcznik Naukowo-Techniczny, Agenda Wydawnicza SIMP, s. 595/342-354.

- [13] Krzysiak Z.: *Budowa nowego rotacyjnego urządzenia czyszczącego*, „Mechanik”, nr 2/2012, Miesięcznik Naukowo-Techniczny, Agenda Wydawnicza SIMP, s. 153/14.
- [14] Krzysiak Z.: *Ocena czyszczenia ziarna żyta w nowym rotacyjnym urządzeniu czyszczącym*, „Mechanik”, Nr 2/2013, Miesięcznik Naukowo-Techniczny, Agenda Wydawnicza SIMP, s. 143/20.
- [15] Krzysiak Z.: *Urządzenie do oczyszczania ziarna*, Urząd Patentowy RP, Wzór użytkowy, nr Ru 65892 (PL 65892 Y1), Warszawa, 2012.
- [16] Kukiłka L.: *Podstawy badań inżynierskich*, Wydawnictwo Politechniki Koszalińskiej, Koszalin, 2000.
- [17] Kutz M.: *Handbook of Farm. Dairy of Food Machinery*, Springer-verlag GmbH, 2007.
- [18] Luszniewicz A.: *Metody wnioskowania statystycznego*, Polskie Wyd. Ekonomiczne, Warszawa, 1997.
- [19] Luszniewicz A., Słaby T.: *Statystyka z pakietem STATISTICA PL. Teoria i zastosowania*, Wyd. C.H. Beck, Warszawa, 2008.
- [20] Magiera R.: *Modele i metody statystyki matematycznej*, Oficyna Wyd. GiS, Warszawa, 2002.
- [21] Pabis S.: *Metodologia i metody nauk empirycznych*, PWN, Warszawa, 1985.
- [22] Pabis S., Pabis J.: *Technologia suszenia i czyszczenia nasion*, PWRiL, Warszawa, 1974.
- [23] Panasiewicz M., Sobczak P., Mazur J., Zawiślak K., Andrejko D.: *The technique and analysis of the process of separation and cleaning grain materials*, “Journal of Food Engineering”, 109, 2012, 603-608.
- [24] Polański Z.: *Planowanie doświadczeń w technice*, PWN, Warszawa, 1984.
- [25] Polański Z.: *Współczesne metody badań doświadczalnych*, Wydawnictwo Wiedza Powszechna, Warszawa, 1978.
- [26] Rawa T., Wierzbicki K., Pietkiewicz T., Semczyszyn M.: *Potencjalna skuteczność czyszczenia nasion rzepaku w pionowym*, Acta. Acad. Agricult. ac Techn. Olst., Aedif. Mech., 19, 1989, 87-101.
- [27] Rawa T., Wierzbicki K., Pietkiewicz T.: *Potencjalna skuteczność czyszczenia nasion rzepaku według cech geometrycznych*, Acta. Acad. Agricult. Techn. Olst., Aedif. Mech., 20, 1990, 117-129.
- [28] Rawa T., Semczyszyn M., Wierzbicki K., Pietkiewicz T.: *Próba sformułowania miar ilościowych kształtu nasion*, „Roczniki Nauk Rolniczych”, 79-C-2, 1993, 171-172.
- [29] Stanisław A.: *Przystępny kurs statystyki. Statystyki podstawowe. T. I, Statystyki podstawowe*, Wyd. StatSoft Sp. z o.o., Kraków, 2006.
- [30] STATISTICA PL dla Windows – dokumentacja pakietu, t. I-V, 1997, Wyd. StatSoft Sp. Z o.o., Kraków, 1997.
- [31] Wierzbicki K., Choszcz D., Konopka S.: *Doskonalenie procesów czyszczenia i sortowania nasion*, Materiały Konferencji Naukowej nt. *Doskonalenie techniki i technologii w przemyśle i rolnictwie*, Wydawnictwo ART., Olsztyn, 1996, 45-47.