

Dr inż. Zbigniew Krzysiak  
Katedra Inżynierii Mechanicznej i Automatyki  
Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie  
[zbigniew.krzysiak@wp.pl](mailto:zbigniew.krzysiak@wp.pl)

## **ANALIZA WYDZIELANIA MASY ZIARNA ŻYTA W NOWYM ROTACYJNYM URZĄDZENIU CZYSZCZĄCYM**

## **ANALYSIS OF RYE GRAIN MASS SEPARATION IN INNOVATIVE ROTARY CLEANING DEVICE**

### **Streszczenie**

W pracy przedstawiono analizę wydzielenia masy ziarna żyta 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 rozdzielanie mieszaniny czyszczonej na cztery frakcje. Analiza wydzielenia masy ziarna żyta potwierdziła jego przydatność, jako stacjonarnego urządzenia czyszczącego.

Przedstawione urządzenie czyszczące jest praktycznym przykładem wykorzystania systemów CAD do wytwarzania nowych urządzeń.

### **Abstract**

The paper presents the analysis of rye 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 corn 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 żyta, sito stożkowe.

Keywords: rotary cleaning device, grain separation, rye grain, conical sieve

### **Wprowadzenie**

Separacja ziarna i innych nasion jest procesem złożonym i bardzo często trudnym do realizacji ze względu na podobne właściwości fizyczne produktu i odpadu.

Współczesne urządzenia czyszczące odgrywają istotną rolę głównie w nasiennictwie i przemyśle spożywczym oraz farmaceutycznym. Zadaniem tych urządzeń jest zapewnienie odpowiedniej czystości ziarna poszczególnych gatunków zbóż lub innych nasion oraz płodów rolnych przy jednoczesnym zachowaniu dużej

przepustowość. Należy nadmienić, że eksploatuje się wiele typów urządzeń czyszczących mających różne rozwiązania konstrukcyjne, jednak są to głównie urządzenia z sitami płaskimi o określonych parametrach pracy. Rzadziej spotyka się urządzenia z sitami obrotowymi. Urządzenia te mają wiele zalet, takich jak np.: brak konieczności poziomowania, większą użyteczną powierzchnię sita (przy tych samych gabarytach urządzenia).

Prototyp nowego, rotacyjnego urządzenia czyszczącego zbudowano w Uniwersytecie Przyrodniczym w Lublinie [13]. W roku 2012 nowe urządzenie uzyskało prawo ochronne na wzór użytkowy [16,17]. Stało się to podstawą podjęcia prac badawczych zmierzających do określenia właściwych parametrów pracy oraz oceny wydzielania mas poszczególnych frakcji i samego procesu czyszczenia. Próby rozruchowe urządzenia pozwoliły przypuszczać, że będzie ono spełniać warunki stacjonarnej czyszczalni i dlatego podjęto dalsze badania.

## **1. Przegląd literatury dotyczącej stacjonarnych rotacyjnych, stożkowych urządzeń czyszczących**

Problematyka czyszczenia ziarna zarówno na sitach obrotowych, jak i płaskich jest złożona [1,7,8,10] ze względu na procesy stochastyczne i probabilistyczne zachodzące podczas tego procesu. Z tych powodów, proces czyszczenia i separacji nie jest dotychczas w pełni zbadany. W prowadzonych badaniach nad nową konstrukcją urządzenia czyszczącego [16,17,18], przyjęto zasadę wykorzystania rotacyjnego sita stożkowego.

Analiza ruchu ziarna na typowych sitach cylindrycznych [8,10] i stożkowych [6,7,14] wykazała, że problem czyszczenia jest niezwykle skomplikowany i trudny do opisu matematycznego. Poza tym sam proces czyszczenia jest złożony ze względu na niewielkie różnice właściwości fizycznych poszczególnych składników

Powyższe przyczyny stanowią poważny problem w czyszczeniu i separacji oraz budzą niechęć naukowców w podejmowaniu prac nad nimi. Stąd też niewiele jest publikacji dogłębnie wyjaśniających powyższe zagadnienia.

Współcześnie, badania procesu czyszczenia zapoczątkował wynalazek prof. Gieroby J. i Dreszera K. pt. „Czyszczalnia ziarna zwłaszcza dla maszyn omłotowych i kombajnów zbożowych”[5]. Wcześniej, zajmowano się tym problemem, ale w konstrukcji zastosowano sito stożkowe o osi pionowej, które zastosowano w kombajnie zbożowym [9,11,14].

W roku 1998 na podstawie wynalazku [5] zbudowano stanowisko badawcze zespołu czyszczącego przystosowane do kombajnu zbożowego, w którym wykorzystano opatentowany wzór użytkowy [15]. Nowa konstrukcja zespołu czyszczącego uzyskała uznanie w polskim środowisku naukowym wyrażające się w przyznaniu środków finansowych na budowę prototypu stanowiska badawczego i przeprowadzenie badań, w ramach projektu badawczego KBN [4]. Efektem końcowym projektu badawczego była praca doktorska autora pt. "Nowy stożkowy zespół czyszczący dla kombajnu zbożowego" [14].

Przeprowadzone w tej pracy badania rotacyjnego zespołu czyszczącego wykonano w aspekcie oceny jego przydatności dla kombajnu zbożowego. Badania wykazały możliwość zastosowania prototypu zespołu czyszczącego o założonych wymiarach bębna sitowego 1,5 na 1,0 m, do kombajnów zbożowych o małej przepustowości [2,3,14].

Przedstawione w pracy nowe rotacyjne urządzenie czyszczące powstało na podstawie wcześniej zaprojektowanego, ale gruntownie przekonstruowanego prototypu zespołu czyszczącego dla kombajnu zbożowego [13,14,15].-

Zespół ten, z różnych przyczyn – głównie ekonomicznych nie został zaimplementowany w kombajnie zbożowym. Zdecydowano się na jego przebudowę na stacjonarne urządzenie czyszczące. Zespół czyszczący został przebudowany. Wprowadzono wiele również zmian konstrukcyjnych związanych z eliminacją mankamentów konstrukcyjnych zauważonych podczas wcześniejszych badań zespołu czyszczącego dla kombajnu zbożowego [12,13,14,15,16,17,18].

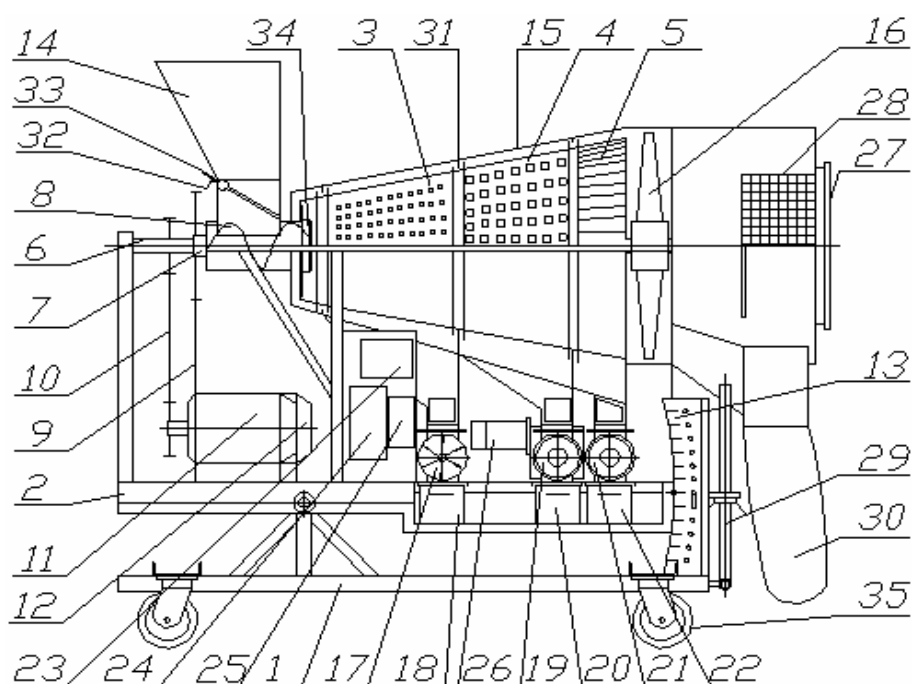
## **2. Obiekt badań**

Wygląd nowego rotacyjnego urządzenia czyszczącego, którego budowę oparto na sicie stożkowym [16,17,18], przedstawiono na rys. 1, Może ono być wykorzystywane jako stacjonarna czyszczalnia dla ziarna zbóż i różnego rodzaju nasion [12].



Rys. 1. Widok nowego urządzenia czyszczącego

Proponowana konstrukcja jest rozwiązaniem związanym z separacją wydzielenia i czyszczenia ziarna wykorzystującym zgłoszony i opatentowany wzór użytkowy [16,17]. 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 w publikacji [12].



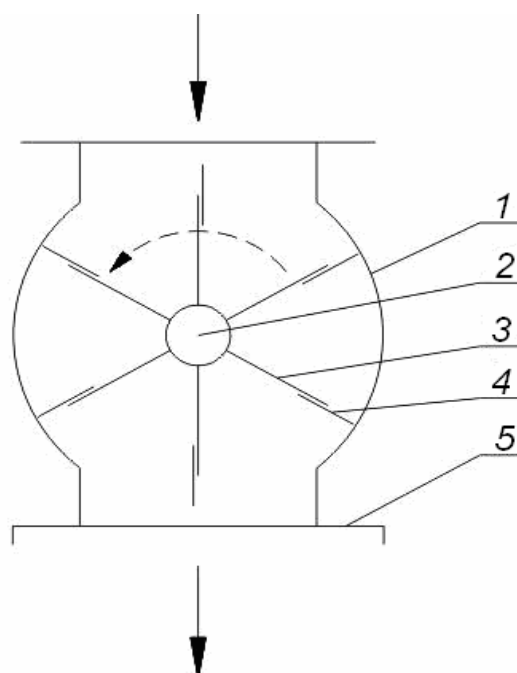
Rys. 2. Schemat stacjonarnego, rotacyjnego urządzenia czyszczącego: rama stała, 2- rama ruchoma, 3- segment drobnych zanieczyszczeń, 4- segment ziarna drobnego, 5- segment ziarna celnego, 6- wał napędowy wentylatora, 7- wał napędowy bębna sitowego, 8- ślimak podający, 9- przekładnia łańcuchowa, 10- przekładnia pasowa, 11- silnik elektryczny do napędu wentylatora, 12- silnik elektryczny do napędu bębna sitowego, 13- wskaźnik kąta pochylenia bębna sitowego, 14- zbiornik zasypowy, 15- obudowa, 16- wentylator, 17- zawór obrotowy segmentu drobnych zanieczyszczeń, 18- zbiornik drobnych zanieczyszczeń, 19- zawór obrotowy ziarna drobnego, 20- zbiornik ziarna drobnego, 21- zawór obrotowy segmentu ziarna celnego, 22- zbiornik ziarna celnego, 23- układ włączników sterujących, 24- układ sterujący napędem bębna sitowego, 25- układ sterujący napędem wentylatora, 26- motoreduktor do napędu zaworów obrotowych, 27- ekran obudowy wylotu plew, 28- system filtracji powietrza, 29- śruba regulacyjna, 30- zbiornik wylotowy plew (worek), 31- uszczelnienie labiryntowe, 33- zasuwka zamykająca wylot mieszaniny, 33- zasuwka regulująca szczelinę wylotu mieszaniny, 34- kołnierz uszczelniający, 35- koło jezdne.

## **2.1. Zmiany konstrukcyjne i modyfikacje wprowadzone w nowym urządzeniu czyszczącym**

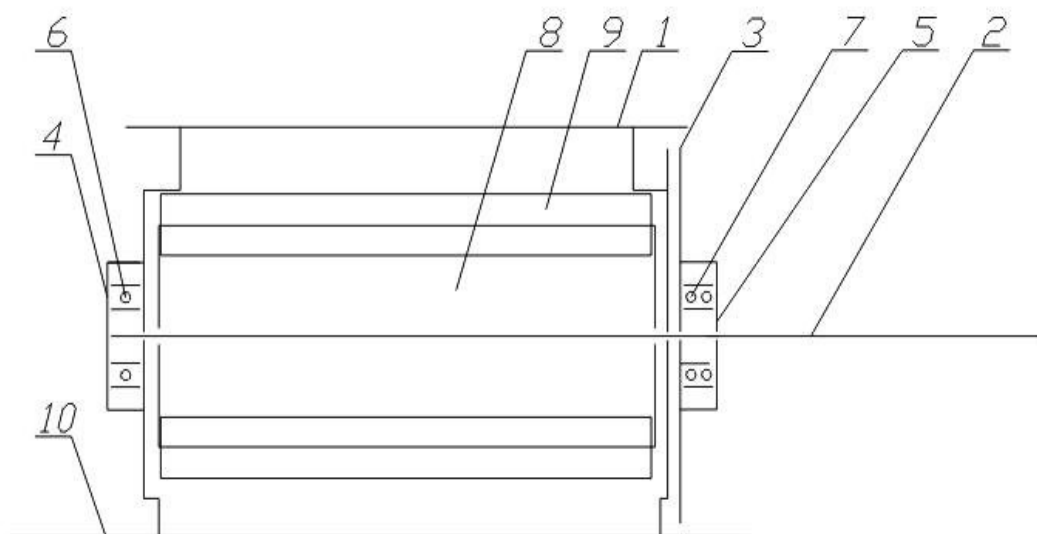
Budowa czyszczalni stacjonarnej na bazie zespołu czyszczącego dla kombajnu zbożowego wymagała wielu ważnych zmian konstrukcyjnych. Elementem niezmiennym pozostał tylko zespół sit stożkowych, ale zmieniono w nim funkcje poszczególnych segmentów.

Zmiany w stosunku do wcześniej badanego prototypu zespołu czyszczącego dla kombajnu zbożowego [11,12,13,14,15,17,18] dotyczyły następujących zespołów:

1. Zmodyfikowano zbiornik zasypowy, zmieniając kształt i sposób regulacji szczeliny wysypu.
2. Przekonstruowano obudowę dolną urządzenia czyszczącego, zmieniając materiał na stal chromowo-niklową oraz zmieniono kąty zsyłu poszczególnych frakcji (zwiększono kąt pochylenia o ok.  $10^{\circ}$ ). Ponadto zmodernizowano uszczelnienia labiryntowe między poszczególnymi segmentami, doszczelniając je pierścieniami z tworzywa sztucznego (fibry). Zmieniono również długości kanałów wylotowych, wprowadzając w nich przezroczyste wzierniki (szkło organiczne) umożliwiające obserwację wysypu mas poszczególnych frakcji.
3. Bezpośrednio pod obudową dolną, na poszczególnych kanałach wylotowych zastosowano powietrzne zawory obrotowe [17,18] w celu uniemożliwienia przedostawania się powietrza (rys. 3 i 4).



Rys. 3. Schemat obrotowego zaworu powietrznego (przekrój porzeczný): 1- obudowa, 2- wałek, 3- łopátka wirnika, 4- uszczelnienie łopátki, 5- osłona wylotowa



Rys. 4. Schemat ideowy obrotowego zaworu powietrznego, (przekrój wzdłużny): 1- obudowa, 2- wałek, 3- pokrywa obudowy, 4- pokrywa łożyska, 5- przelotowa pokrywa łożyska, 6- łożysko jednorzędowe kulkowe, 7- łożysko dwurzędowe kulkowe, 8- łopátka wirnika zaworu obrotowego, 9- uszczelnienie łopátki, 10- osłona wylotowa

Zastosowano obrotowy zawór powietrzny z wirnikiem sześciłopatkowym (w celu uniknięcia zjawiska tzw. przedmuchu) typu zamkniętego (boki wirnika zabudowane). W celu polepszenia szczelności oraz wyeliminowania zjawiska niszczenia materiału separowanego łopatki wirnika zakończone zostały uszczelniaczem gumowym. Uszczelniające paski gumy mocowane były do łopatek za pomocą śrub i dodatkowego płaskownika, który umożliwia ich wymianę w przypadku ewentualnego zerwania.

4. Zastosowano lampy halogenowe do podświetlania wzierników umieszczonych w kanałach wylotowych, które umożliwiają obserwację procesu wydzielania poszczególnych frakcji.

5. Wykonano nowe zbiorniki z blachy aluminiowej, na zbieranie mas poszczególnych frakcji.

6. Zmodernizowano ramę ruchomą dostosowując jej kształt do zmienionej konstrukcji obudowy dolnej i sposób umieszczenia zespołu urządzeń sterujących.

7. Udoskonalono układ sterujący urządzeniem czyszczącym, dodając szafkę sterującą z wyłącznikami i świetlną sygnalizację ich włączenia bądź wyłączenia.

8. Przeniesiono przemiennik częstotliwości sterujący prędkością obrotową bębna sitowego na jedną stronę (lewą) stanowiska badawczego.

9. Zmodernizowano obudowę ślimaka podającego masę czyszczoną wydłużając ją w głąb urządzenia i zmniejszając szczelinę między ślimakiem i obudowa likwidując w ten sposób pozostawanie masy czyszczonej w urządzeniu podającym.

10. Przekonstruowano ramę stałą, zwiększając jej stabilność poprzez zwiększenie szerokości ramy i wymianę kółek jezdnych ułatwiających przemieszczanie stanowiska badawczego nowej czyszczalni.

11. Wymieniono łożyska i ich obudowy podpierające wał bębna sitowego i wentylatora.

12. Zmieniono połączenie obudowy dolnej z górną wprowadzając zamki klamrowe oraz uszczelnienia połączeń uszczelnkami z tworzywa sztucznego (fibry), zarówno połówek obudowy, jak i poszczególnych segmentów, doszczelniając uszczelnienia labiryntowe górnej i dolnej obudowy.

13. Zmodernizowano obudowę wentylatora wydłużając ją i wykonując w dolnej części wylot z możliwością przyłączenia worka do zbierania plew. Na końcu obudowy zamieszczono filtr siatkowy powietrza wydmuchiwanego przez wentylator. Ponadto



na czołowej powierzchni tej obudowy zamontowano przezroczysty ekran ze szkła organicznego umożliwiający obserwację procesu czyszczenia.

14. Zastosowano motoreduktor z przekładniami łańcuchowymi napędzającymi wirniki powietrznych zaworów obrotowych.

15. Wykonano oświetlenie przedniej części obudowy sita stożkowego urządzenia czyszczącego za pomocą lampy halogenowej. Umożliwia to lepszą obserwację przebiegu procesu czyszczenia.

16. Zmodyfikowano pokrętko regulacji kąta nachylenia bębna sitowego urządzenia.

17. Wykonano dodatkową drabinkę do podestu. Ułatwia to zasypywanie zbiornika masą czyszczoną.

18. Zmieniono konstrukcję i regulację szczeliny wysypu w zbiorniku zasypowym.

Reasumując należy podkreślić, że z poprzedniego prototypu zespołu czyszczącego pozostawiono bęben sitowy z wentylatorem i silniki elektryczne z przekładniami przekazującymi moment obrotowy na ich wały oraz układ sterujący pracą wspomnianych silników napędowych. Przez kolejne lata przebudowano stanowisko badawcze prototypu zespołu czyszczącego dla kombajnu zbożowego przeistaczając go w stacjonarną czyszczalnię ziarna [12].

### **3. Metodyka badań**

Metodyka badań obejmowała:

1. Sposób przygotowania materiału do badań.
2. Metodę pomiaru wilgotności.
3. Metodę pomiaru przepustowości.
4. Metodę pomiaru prędkości obrotowej bębna sitowego i wentylatora.
5. Metodę pomiaru mas poszczególnych frakcji.
6. Metodę analizy wyników.

Metodykę badań opracowano na podstawie obowiązujących norm i danych literaturowych [8,19].

#### **3.1. Sposób pobierania i przygotowywania materiału do badań**

Materiałem badawczym była sztucznie przygotowana mieszanina składająca się z:

- ziarna żyta celnego,
- ziarna żyta drobnego,
- drobnych zanieczyszczeń w postaci nasion maku,

- plew.

Skład mieszaniny dobrano jakościowo tak, aby był on zbliżony do materiału czyszczonego występującego po zbiorze (młóceniu) kombajnem zbożowym. Jednak ilościowo zwiększono masę zanieczyszczeń, aby była możliwa lepsza ocena procesu czyszczenia. Ziarno żyta 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 parametry geometryczne i fizyczne.

Skład mieszaniny do badań przedstawiono w tab. 1.

Tabela 1. Skład wagowy mieszaniny czyszczonej

Lp.	Wyszczególnienie	Jednostki	Wartość
1	Ziarno żyta celnego	kg	6,8
2	Ziarno żyta drobnego	kg	2,6
3	Mak	kg	0,2
4	Plewy	kg	0,4

Właściwości poszczególnych składników mieszaniny czyszczonej przedstawiono w tab. 2, 3, 4 i 5).

Tabela 2. Ważniejsze właściwości żyta celnego użytego w badaniach

Lp.	Wyszczególnienie	Jednostki	Średnia wartość z prób
1	Gatunek		Żyto
2	Odmiana		Złote Dańkowskie
3	Długość źdźbeł	m	1,50
4	Długość kłosa	m	0,90 – 0,14
5	Liczba ziaren w kłosie	szt.	37-45
6	Stosunek masy ziarna do słomy		1- 12
7	Plon ziarna	t z ha	6
8	Długość ziarna	m	0,0052- 0,0074
9	Szerokość ziarna	m	0,00309

10	Grubość ziarna	m	0,0015- 0,0022
11	Masa 1000 ziaren	kg	0,0393-0,0431
12	Wilgotność ziarna	%	11,00

Tabela 3. Ważniejsze właściwości żyta drobnego użytego w badaniach

Lp.	Wyszczególnienie	Jednostki	Średnia wartość z prób
1	Gatunek		Żyto
2	Odmiana		Złote Dankowskie
3	Długość źdźbeł	m	1,50
4	Długość kłosa	m	0,90 – 0,14
5	Liczba ziaren w kłosie	szt.	37-45
6	Stosunek masy ziarna do słomy		1- 12
7	Plon ziarna	t z ha	6
8	Długość ziarna	m	0,0049- 0,0064
9	Szerokość ziarna	m	0,0024
10	Grubość ziarna	m	0,0012- 0,0022
11	Masa 1000 ziaren	kg	0,0375-0,0408
12	Wilgotność ziarna	%	11,00

Tabela 4. Ważniejsze właściwości maku użytego w badaniach

Lp.	Wyszczególnienie	Jednostki	Średnia wartość z prób
1	Gatunek		Mak
2	Odmiana		Przemko
3	Długość ziarna	m	0,0075 – 0,001
4	Szerokość ziarna	m	0,0005 - 0,00075
5	Wilgotność ziarna	%	9,00
6	Zawartość alkaloidów	%	0,05

	morfinowych		
7	Zawartość tłuszczu	%	48

Tabela 5. Ważniejsze właściwości plew użytych w badaniach

1	Wilgotność plew	%	9,30
2	Masa plew w mieszaninie	kg	0,200

### 3.2. Metoda pomiaru wilgotności

Przygotowując mieszaninę do badań określono wilgotność poszczególnych jej składników. Do pomiaru wilgotności użyto aparatu Brabendera o parametrach technicznych przedstawionych w tab. 6.

Tabela 6. Dane techniczne aparatu Brabendera

Lp.	Wyszczególnienie	Jednostki	Wartość
1	Zakres temperatury suszenia	°C	200
2	Zakres ważenia	kg	0,001-0,020
3	Zakres pomiarowy	%	0,1-100
4	Dokładność pomiarowa	%	0,1
5	Rozdzielczość wagi	kg	0,002
6	Czas pracy dla żyta	min.	60
7	Temperatura pracy dla żyta	°C	130
8	Naważka dla żyta	kg	0,010
9	Masa brutto	kg	4

### 3.3. Metoda pomiaru przepustowości

Zasilanie urządzenia czyszczącego masą czyszczoną zapewnia układ zbiornika zasypowego z przesłoną regulującą w połączeniu ze ślimakiem podającym. Pomiar przepustowości realizowano przez napełnienie zbiornika zasypowego 30 kg masy czyszczonej i mierzeniu czasu jego całkowitego opróżnienia po natychmiastowym usunięciu dodatkowej przesłony umieszczonej pod przesłoną regulacyjną.

Dobrano szczelinę wylotową  $s_1=4,2$  cm odpowiadającą przepustowości 1,25 kg/s. Dla tej przepustowości przeprowadzono dalsze badania.

### 3.4. Metoda pomiaru prędkości obrotowej bębna sitowego i wentylatora

Do regulacji prędkości obrotowej bębna sitowego i wentylatora użyto przemienników częstotliwości typu ACS 301-4P9-3 i ASC 601-0005-3. Urządzenia te mają funkcję umożliwiającą odczyt prędkości obrotowej silników bezpośrednio z wyświetlacza cyfrowego. Następnie odczytaną prędkość obrotową przeliczono uwzględniając przełożenie przekładni ( $i = 3:1$ ) napędzającej bęben sitowy otrzymując jego prędkość obrotową. Prędkość obrotowa wentylatora równa była prędkości obrotowej silnika, gdyż przełożenie przekładni napędzającej wał wentylatora wynosi  $i = 1:1$ . Prędkość tę możemy odczytać bezpośrednio z przemiennika częstotliwości z dokładnością 0,1 obr/min.

### 3.5. Metoda pomiaru mas poszczególnych frakcji

Stanowisko badawcze ma oddzielne zbiorniki dla gromadzenia poszczególnych frakcji (drobnych zanieczyszczeń, ziarna drobnego, celnego i plew). Po zakończeniu procesu czyszczenia zawartość poszczególnych frakcji ważono na wadze elektronicznej TP 60/1 z dokładnością 0,002 kg.

Tabela 5. Dane techniczne wagi TP 60/1

Lp.	Typ wagi	Wyszczególnienie	Jednostki	Wartość
1	TP 60/1	Obciążenie maksymalne	kg	60
2		Obciążenie minimalne	kg	0,004
3		Zakres tarowania	kg	0,020- 6,000
4		Dokładność odczytu	kg	0,002
5		Działka legalizacyjna	kg	0,002
6		Klasa		III
7		Temperatura pracy	°C	-10 ÷ 40
8		Napięcie zasilania	V	230
9		Masa brutto	kg	3,4

### 3.6. Metodę analizy wyników

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

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. Warunki badań**

Badania dotyczyły określenia wpływu wartości parametrów konstrukcyjnych i eksploatacyjnych nowego urządzenia czyszczącego na rozkład mas poszczególnych frakcji oraz wydajności i czyszczenia. Nowe urządzenie czyszczące przystosowano do badań wyposażając je w sprzęt pomiarowy. Wstępne rozważania teoretyczne oraz obserwacje i pomiary podczas pracy urządzenia pozwoliły na wyciągnięcie ogólnych wniosków dotyczących nastaw parametrów rozruchowych stanowiska badawczego nowego rotacyjnego urządzenia czyszczącego.

##### **4.1. Techniczne warunki pracy prototypu nowego urządzenia czyszczącego**

Stanowisko badawcze ustawiono w zamkniętym pomieszczeniu, co umożliwiło prowadzenie badań bez względu na zmieniające się warunki atmosferyczne. Badania prowadzono w sierpniu i wrześniu 2011 roku. W czasie ich trwania zachowywano warunki techniczne i eksploatacyjne przedstawione w tab. 7.

Tabela 7. Charakterystyka technicznych i roboczych warunków badań

<b>Lp.</b>	<b>Wielkość lub parametr</b>	<b>Jednostki</b>	<b>Wartość (zakres)</b>
1	Układ podawania masy czyszczonej		
	Pojemność zbiornika	kg	30
	Przepustowość zadawana	kg/s	1,25
	Wielkość szczeliny wylotu ze zbiornika dla przepustowości: 1,25kg/s	m (mm)	0,042 2,6

2	Bęben sitowy		
	Prędkość kątowna bębna	rad/s (obr/min)	0-25,12 (0-240)
	Prędkość kątowna bębna sitowego graniczna $n_{bgr}$	rad/s (obr/min)	8,37 (80)
3	Wielkość oczek sit		
	Sito drobnych zanieczyszczeń	m (mm)	0,0025 (2,5)
	Sito ziarna drobnego	m (mm)	0,004 (4)
4	Kąt pochylenia bębna sitowego K	„°”	-7,5°÷10,0°
5	Wentylator		
	Prędkość kątowna wentylatora	rad/s (obr/min)	0-75,36 (0-720)

## 5. Analiza wyników badań

Badania przeprowadzono przy stałych i zmiennych parametrach technicznych urządzenia czyszczącego:

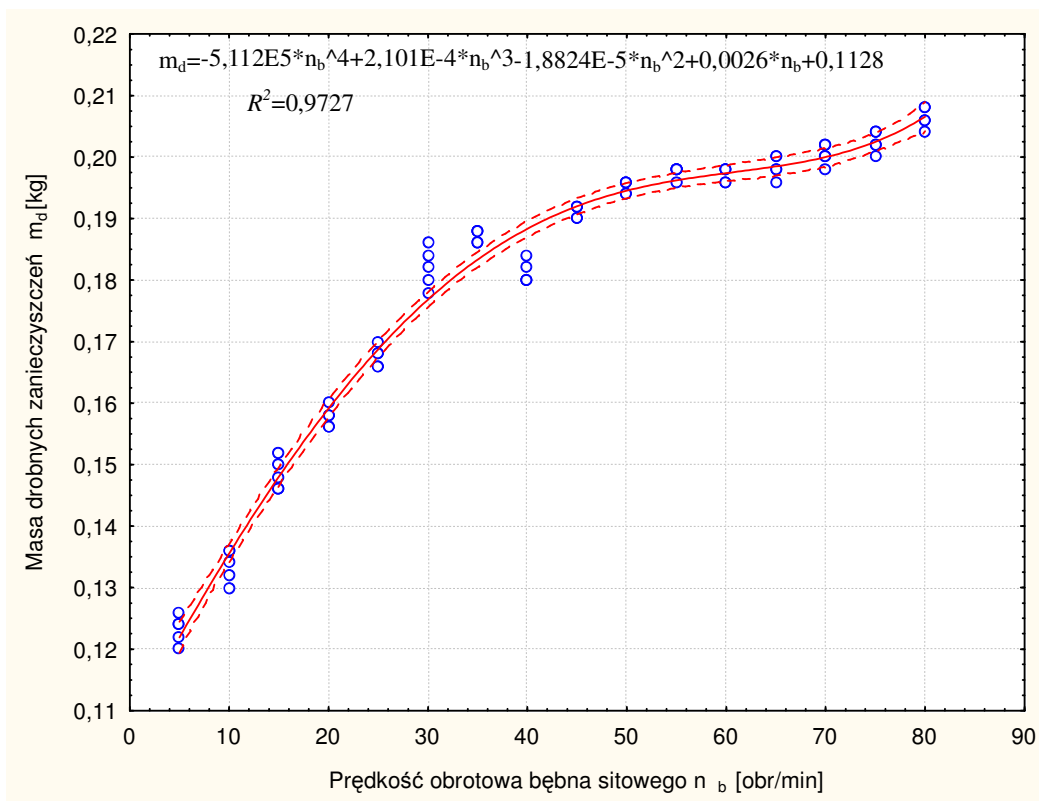
Analiza wyników badań obejmuje zakres przeprowadzonych badań dla następujących stałych parametrów:

- przepustowości wsypu 1,25 kg/s (szczelina zasilania  $s_1 = 4,2$  cm),
- prędkości obrotowej wentylatora  $n_w = 500$  obr/min,
- kąta pochylenia bębna sitowego  $K = 0^\circ$ .

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

Wpływ prędkości obrotowej bębna sitowego 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 ( $s_1 = 4,2$  cm) przedstawiono na rys. 5.

Wykres wpływu prędkości obrotowej bębna sitowego na wydzielenie masy drobnych zanieczyszczeń (rys. 5).

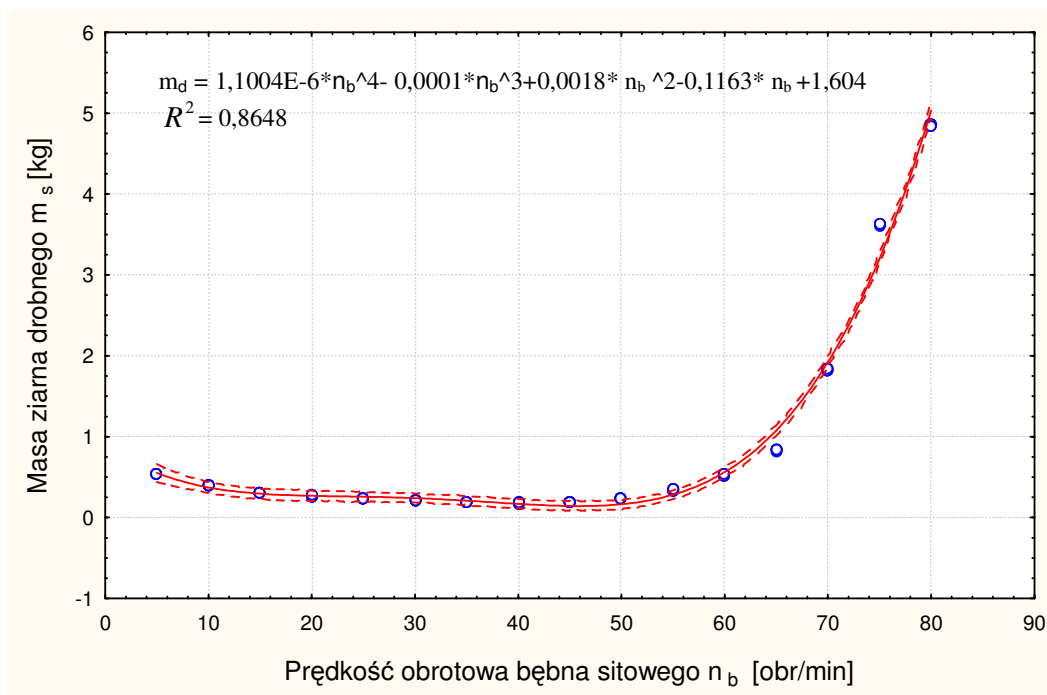


Rys. 5. Wykres wpływu prędkości obrotowej bębna sitowego na wydzielenie masy drobnych zanieczyszczeń

Stwierdzono, że w początkowej fazie masa drobnych zanieczyszczeń zwiększała się wraz ze wzrostem prędkości obrotowej bębna sitowego, ponieważ zwiększała się siła odśrodkowa polepszająca proces przesiewania, mieszaniny czyszczonej w segmencie drobnych zanieczyszczeń. Następnie masa drobnych zanieczyszczeń tylko nieznacznie zwiększała się, gdyż zwiększająca się wartość siły odśrodkowej zatrzymywała proces wydzielania.

Wykres wpływu prędkości obrotowej bębna sitowego na wydzielenie masy ziarna drobnego (rys. 6).

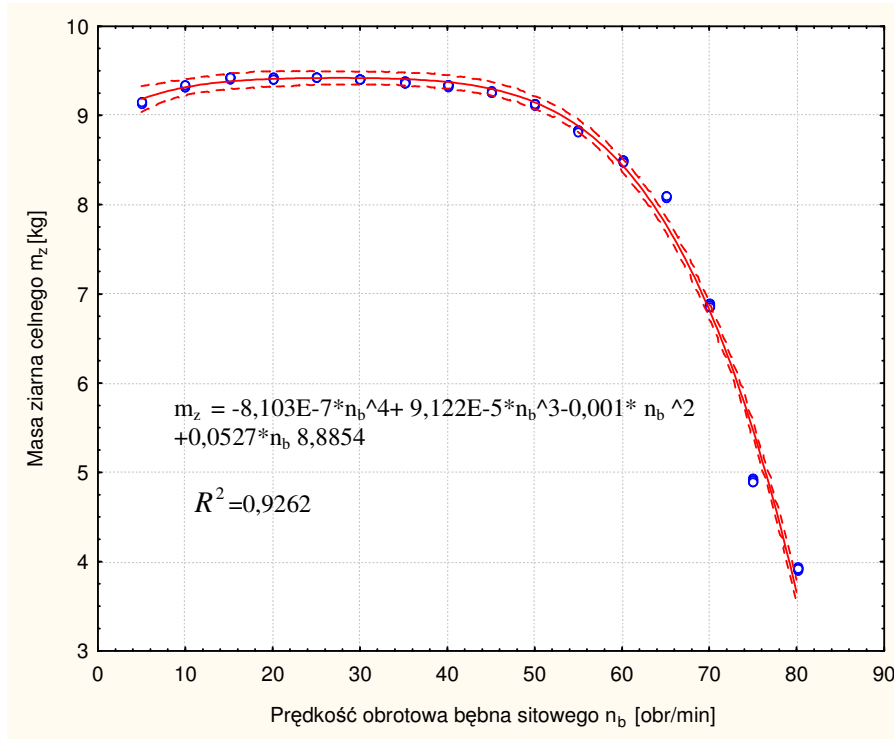




Rys. 6. Wykres wpływu prędkości obrotowej bębna sitowego na wydzielenie masy ziarna drobnego

Stwierdzono, iż w początkowej fazie masa ziarna drobnego zmniejszała się wraz ze zwiększaniem prędkości obrotowej bębna sitowego, natomiast po przekroczeniu prędkości obrotowej bębna sitowego 60 obr/min nieznacznie zwiększała się. 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.

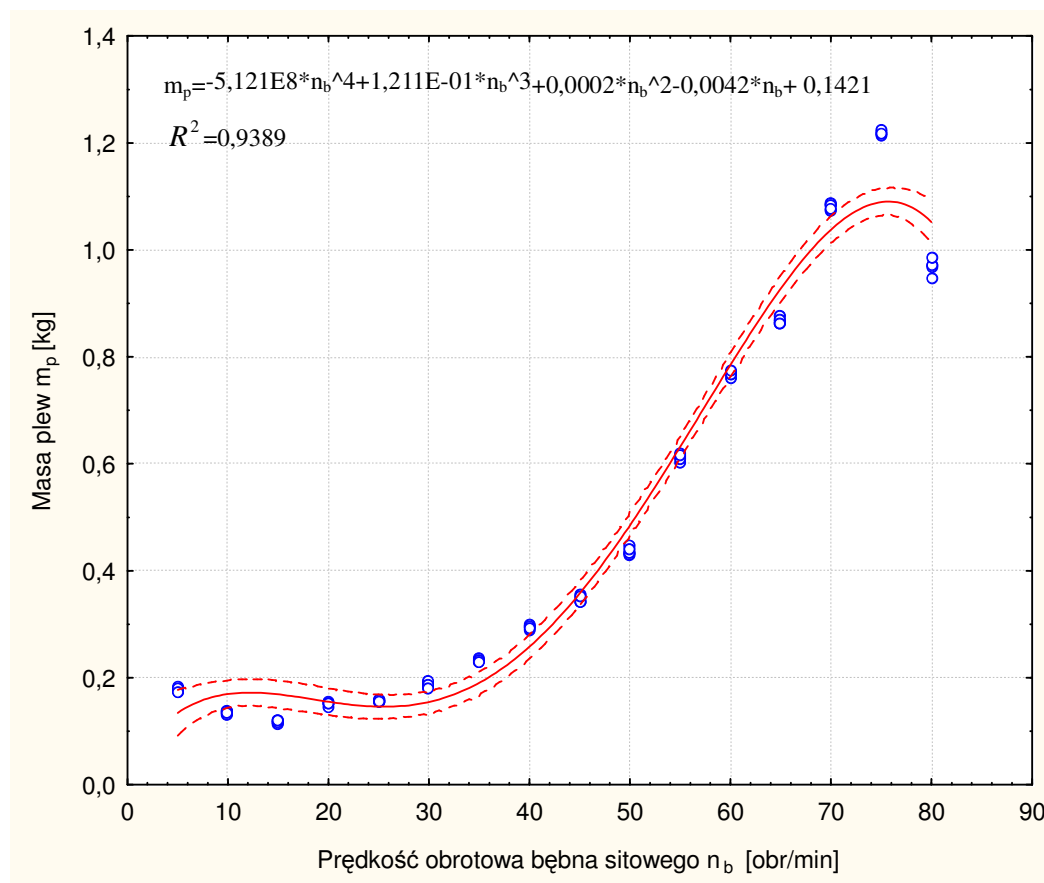
Wykres wpływu prędkości obrotowej bębna sitowego na wydzielenie masy ziarna celnego (rys. 7).



Rys. 7 Wykres wpływu prędkości obrotowej bębna sitowego na wydzielenie masy ziarna celnego

Na podstawie uzyskanych wyników stwierdzono, że w początkowej fazie wydzielania, masa ziarna celnego nieznacznie zwiększała się wraz ze zwiększaniem prędkości obrotowej bębna sitowego. Dopiero od prędkości obrotowej bębna większej niż 45 obr/min zaobserwowano znaczne zmniejszenie masy ziarna celnego. Spowodowane jest to zwiększonym oddziaływaniem siły odśrodkowej, poprawiającej wydzielenie masy ziarna drobnego, którego większa ilość trafia do zbiornika swojej frakcji nie zwiększając masy ziarna celnego. Nieznaczna ilość ziarna celnego na skutek chaotycznego ruchu i odbijania się od ścianek sita trafia do frakcji plew. Jednak powyżej prędkości obrotowej wynoszącej 80 obr/min ziarno zaczyna przylegać do ścianek sita ziarna drobnego, ponieważ siła odśrodkowa jest zbyt duża i nie pozwala na całkowite rozdzielenie mieszaniny czyszczonej.

Wykres wpływu prędkości obrotowej bębna sitowego na wydzielenie masy plew (rys. 8).



Rys. 8. Wykres wpływu prędkości obrotowej bębna sitowego na wydzielenie masy plew

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

## 6. Podsumowanie

Badania nowego stacjonarnego urządzenia czyszczącego z rotacyjnym zespołem sit stożkowych potwierdziły jego przydatność do czyszczenia ziarna żyta.

Ważną zaletą nowego urządzenia czyszczącego jest rozdział mieszaniny czyszczonej na cztery frakcje: drobnych zanieczyszczeń, ziarna drobnego, ziarna celnego i plew.

Przeprowadzone badania potwierdziły charakterystyczną cechą nowego rotacyjnego urządzenia czyszczącego zaniku wydzielania mas poszczególnych frakcji przy prędkościach obrotowych rotacyjnego sita stożkowego ponad 80 obr/min.

Analiza uzyskanych wyników wykazuje właściwe wydzielanie mas poszczególnych frakcji z masy czyszczonej dla prędkości obrotowych bębna sitowego w szerokim zakresie wartości 5÷75 obr/min.

W dalszych badaniach czyszczenia ziarna żyta należy zająć się oceną skuteczności i wydajności czyszczenia. W tym celu należy opracować miarodajne wskaźniki, które będą mogły mieć uniwersalny charakter w zastosowaniu również przy czyszczeniu pozostałych gatunków ziarna zbóż i innych nasion.

## **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, PWR i L, Warszawa, 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 urządzenie 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. Pabis S.: Metodologia i metody nauk empirycznych. PWN, Warszawa 1985