Artykuł Autorski, IX Forum Inżynierskie ProCAx 2010 Sosnowiec/Siewierz

Dr inż. Zbigniew Krzysiak

Katedra Podstaw Techniki

Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie

e-mail: zbigniew.krzusiak@wp.pl

BUDOWA I KONSTRUKCJA NOWEGO ZESPÓŁU CZYSZCZĄCEGO

NEW DESIGN AND CSTRUCTIONS OF ROTARY CLEANING UNIT

Streszczenie

W pracy przedstawiono nową konstrukcję zespołu czyszczącego opartą na obrotowym sicie stożkowym. Prototyp takiego zespołu zbudowano w Uniwersytecie Przyrodniczym w Lublinie. Przeprowadzone badania zespołu w zakresie oceny procesu czyszczenia na sitach stożkowych wykazały jego przydatność do małego kombajnu zbożowego.

Abstract

New design of rotary cleaning unit of construction based on rotary conical sieve was presented in this paper. Prototype of such unit were built in University of Life Sciencies in Lublin. The investigations of cleaning unit and made to separating conical sets, showed that construction is it usefulness comply in a small combinee harvester

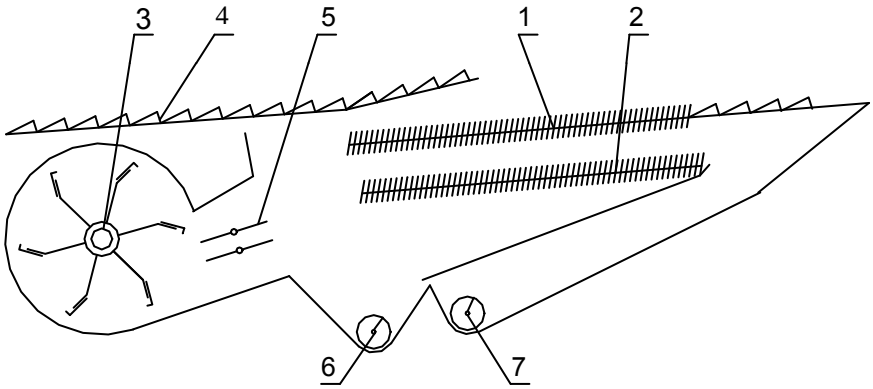
1. Wprowadzenie

Kombajn zbożowy jako maszyna wieloczynnościowa składa się z szeregu zespołów i urządzeń wśród, których zespół czyszczący odgrywa istotną rolę. Zadaniem zespołu czyszczącego jest zapewnienie czystości ziarna poszczególnych gatunków zbóż lub innych zbieranych płodów rolnych, przy jednoczesnym zachowaniu małych strat ziarna. Należy nadmienić, że istnieje w eksploatacji szereg typów i marek kombajnów zbożowych o różnych rozwiązaniach konstrukcyjnych zespołów czyszczących, które nie spełniają określonych parametrów pracy we wszystkich warunkach eksploatacyjnych. Ponadto problematyka czyszczenia ziarna na sitach obrotowych, jak i płaskich jest złożona ze względu na procesy stochastyczne i probabilistyczne tam zachodzące. Z wyżej wymienionych przyczyn, proces czyszczenia i separacji nie jest dotychczas w pełni wyjaśniony. Stąd powstał problem prowadzenia badań nad nową konstrukcją zespołu czyszczącego, którego założenie oparto na bazie rotacyjnego sita stożkowego.

2. Stan wiedzy z zakresu stosowanych w praktyce zespołów czyszczących

Analiza piśmiennictwa i obecnego stanu wiedzy wykazała, że na przestrzeni ostatnich lat w zespołach czyszczących nie zaobserwowano istotnych zmian w rozwiązaniach konstrukcyjnych [2-6, 8, 12, 11, 16-18, 19-23, 25, 26]. Należy nadmienić, że poziom rozwoju konstrukcji tych układów stwarza szereg problemów do rozwiązania. Prowadzono próby ich modyfikacji, które jak dotąd nie skończyły się zbudowaniem zadowalającego użytkowników zespołu czyszczącego.

W większości kombajnach zbożowych, stosowany jest klasyczny zespół czyszczący (rys.1) [15, 16].



Rys.1. Klasyczny układ czyszczący [15]:
1- górne sito żaluzjowe, 2- dolne sito żaluzjowe, 3- wentylator tłoczący, promieniowy, 4- podsiewacz, 5- kierownice, 6- przenośnik ziarnowy, 7- przenośnik kłosowy

Konwencjonalny zespół czyszczący zbudowany jest ze schodkowego podsiewacza, urządzenia czyszczącego oraz wentylatora promieniowego. W urządzeniu czyszczącym znajdują się dwa żaluzjowe pochylone sita, a urządzenie czyszczące jest napędzane mimośrodem. Zespół sit owiewany jest strumieniem powietrza wytwarzanym przez wentylator, dzięki czemu lekkie zanieczyszczenia wydmuchiwane są na zewnątrz kombajnu. Warunkiem optymalnego wydzielania tylko lekkich domieszek jest uzyskanie prędkości strumienia nieznacznie większej od ich prędkości krytycznej. Najczęściej w kombajnach spotyka się wentylatory promieniowe z łopatkami nachylonymi pod kątem. Wentylatory z promieniowo ustawionymi łopatkami, w porównaniu do ukośnego

ustawienia przy założeniu jednakowych pozostałych parametrach pracy umożliwiają uzyskanie większej prędkości powietrza. Natomiast wentylatory z ukośnymi łopatkami wytwarzają bardziej równomierny strumień powietrza, stąd takie ustawienie łopatek jest korzystniejsze.

Z analizy przeglądu konstrukcji zespołów czyszczących [16] wynika, że większość kombajnów zbożowych posiada zespół czyszczący oparty na powyższym rozwiązaniu klasycznym z ewentualnymi udoskonaleniami.

Analizując udoskonalenia konstrukcji poszczególnych zespołów czyszczących obserwuje się tendencję do zwiększania długości sit (New Holand S 1550 - do 1,8 m), wprowadzenia trójstopniowych układów sitowych (MF 760) oraz zastąpienia wentylatorów promieniowych, osiowymi i odśrodkowymi (Fahr M 1300, Claas). W celu zwiększenia równomierności podawania masy zbożowej z klepiska i wytrząsaczy w kombajnie John Deere 7700 zostały zastosowane układy sześciu przenośników ślimakowych. Podnośniki ze zwojami o zmiennym pochyleniu podają masę znacznie równomiernym natężeniem w określone, stałe miejsce podsiewacza. Prace nad rozwojem konstrukcji zespołów czyszczących prowadzone są głównie w kierunkach: pierwsze dotyczące zmniejszenia obciążeń dynamicznych powodujących drgania kombajnu oraz w kierunku wytworzenia równomiernej strugi powietrza na powierzchni sit czyszczących.

Na bazie uprzednich rozwazań wydaje się, że rozwiązanie problemu czyszczenia ziarna może przynieść tylko budowa nowego zespołu czyszczącego, w którym ruch drgający zostanie zastąpiony ruchem obrotowym sita stożkowego.

O wielkości strat ziarna decyduje praca układu czyszczącego związana jest z funkcjonowaniem zespołu młócącego kombajnu i wytrząsaczy. Należy zauważyć, że w konstrukcji zespołu wytrząsaczy wprowadzono dotychczas największą liczbę zmian. Zwiększenie skuteczności wydzielania ziarna ze słomy rozwiązano przez umieszczenie dodatkowych urządzeń nad wytrząsaczami, które wspomagają ich działanie [13, 14, 19]. Firma John Deere zastosowała dodatkowy przetrząsacz umieszczony nad klawiszowym wytrząsaczem kombajnu. Na obrotowym wale przymocowano w pięciu rzędach po osiem zębów, które wytrząsają słomę w kierunku poprzecznym do osi wytrząsacza. Odmienne urządzenie wspomagające zastosowala firma Claas w kombajnach Claas i

Dominator 85/105 i Mercater 75. Zasada jego działania zbliżona jest do pracy przetrząsacza widłowego. Ponadto istnieją również inne rozwiązania konstrukcyjne w postaci bębnowych i rotacyjnych separatorów ziarna, które są stosowane w niektórych kombajnach [5, 14, 19, 20]. W kombajnie kanadyjskim (Western Rotor Tresh), zamiast wytrząsaczy klawiszowych zastosowano sito obrotowe [1, 13, 16, 19]. Jednak ze względu na duże gabaryty sita (średnicę - 1,67 m i długość - 2,7 m), rozwiązanie to nie wpłynęło na zmniejszenie parametrów konstrukcyjnych układu czyszczenia wstępnego w porównaniu z wytrząsaczami klawiszowymi. Rozwój konstrukcji zespołów wydzielająco-czyszczących, umożliwił całkowite wyeliminowanie klasycznych wytrząsaczy, dzięki wprowadzeniu powyższych rozwiązań lub wprowadzając kombajny o osiowych zespołach młócąco-wydzielających z poosiowym przepływem zboża przez bęben młócący [1, 11, 12, 16, 19, 24]. Zespoły zasilane wzdłużnie znalazły zastosowanie w kombajnach zbożowych Case International Harvester modele 2166, 2166E, i 2188 oraz New Holland typ TR-75; 85; 95. Pracę tych kombajnów charakteryzuje zwiększone obciążenie zespołu czyszczącego plewami i krótką słomą zawartą w wydzielonej masie ziarnistej.

Dokonana analiza poszczególnych rozwiązań konstrukcyjnych i dostępnego piśmiennictwa upoważnia do stwierdzenia, że do chwili obecnej nie skonstruowano wysoce efektywnego układu czyszczącego mogącego sprostać wymaganiom eksploatacyjnym kombajnów o dużej przepustowości. Duże nadzieje stwarzają zespoły z sitami cylindrycznymi, które po raz pierwszy pojawiły się w latach sześćdziesiątych.

Oprócz wymienionych tu tendencji rozwojowych w konstrukcjach kombajnów zbożowych, w ostatnich latach pojawiły się kombajny dostosowane do pracy na zboczach o pochyleniu podłużnym, dochodzącym do 20% i poprzecznym do 40%. Firma John Deere [19] i inne wprowadziły elektroniczno-hydrauliczne poziomowanie kombajnu produkując tzw. kombajny górskie. Badania kombajnów górskich wykazały, że podczas pracy na terenach pochyłych największe straty ziarna powodowane są niewłaściwą pracą układu czyszczącego. Wynika to z tego, że na pochyłościach zespół czyszczący jest nierównomiernie obciążony masą ziarnistą, wynikającą z nierównomiernego rozłożenia ziarna na sitach. Układ czyszczący stanowi główne źródło strat ziarna w kombajnie, które w ekstremalnych warunkach mogą stanowić nawet 60% całkowitych

strat ziarna w młocarni [9]. Równomierne rozłożenie ziarna na sitach, a tym samym polepszenie warunków pracy zespołu czyszczącego, bez konieczności stosowania drogich i skomplikowanych urządzeń elektroniczno-hydraulicznych, można osiągnąć przez zmianę kształtu sit lub sterowanie strumieniem powietrza, dokonując zmiany jego kierunek i natężenie przepływu [13, 19, 23]. Dodatkowy strumień powietrza i przegrody na sitach zastosowały takie firmy jak Allis Chalmers i John Deere, inne firmy zastosowały sita wzdłużnie karbowane. Natomiast firma Dutz-Fahr w kombajnie Topliner zastosowała automatyczne poziomowanie kosza sitowego typu HC. Podobne lecz bardziej udoskonalone, przegubowe zawieszenie całego kosza sitowego wraz z elektroniczno-hydraulicznym systemem sterowania występuje w kombajnach TF 42, TF 44, TF 46 amerykańskiej firmy Ford New Holand. Rozwiązania te poprawiając jednak pracę układu czyszczącego tylko w ograniczonym zakresie ponieważ poziomują kosz sitowy tylko w jednej płaszczyźnie

Z przedstawionego przeglądu stosowanych w praktyce konstrukcji, zespołu czyszczącego wynika, że znaczna większość kombajnów zbożowych posiada rozwiązanie konwencjonalne, które stosowane jest również w kombajnach z osiowym zespołem młócącym. Szereg firm wprowadza różne udoskonalenia, ale efekt ich stosowania jest niewielki.

Brak jest opisu kompleksowych badań eksperymentalnych dotyczących pracy niektórych nowych rozwiązań zespołów czyszczących, szczególnie sitowo-bębnowych. Ponadto jak wynika z przeglądu literatury, problematyka czyszczenia ziarna w kombajnach zbożowych jest niezwykle skomplikowana i trudna do opisu matematycznego, ze względu na niewielkie różnice jakie występują we właściwościach fizycznych i mechanicznych poszczególnych frakcji masy czyszczonej. Z wyżej wymienionych przyczyn, problematyka czyszczenia i separacji jest niechętnie podejmowana przez badaczy, stąd niewiele publikacji dogłębnie wyjaśniających te zagadnienia.

3. Założenia i celowość poszukiwania nowych konstrukcji zespołu czyszczącego

Mimo prób wprowadzenia nowych technik zbioru zbóż, dominującym jest nadal zbiór przy wykorzystaniu kombajnów zbożowych we wszystkich krajach o wysokiej kulturze agrotechnicznej. Wzrost wymagań dotyczących zabiegów agrotechnicznych

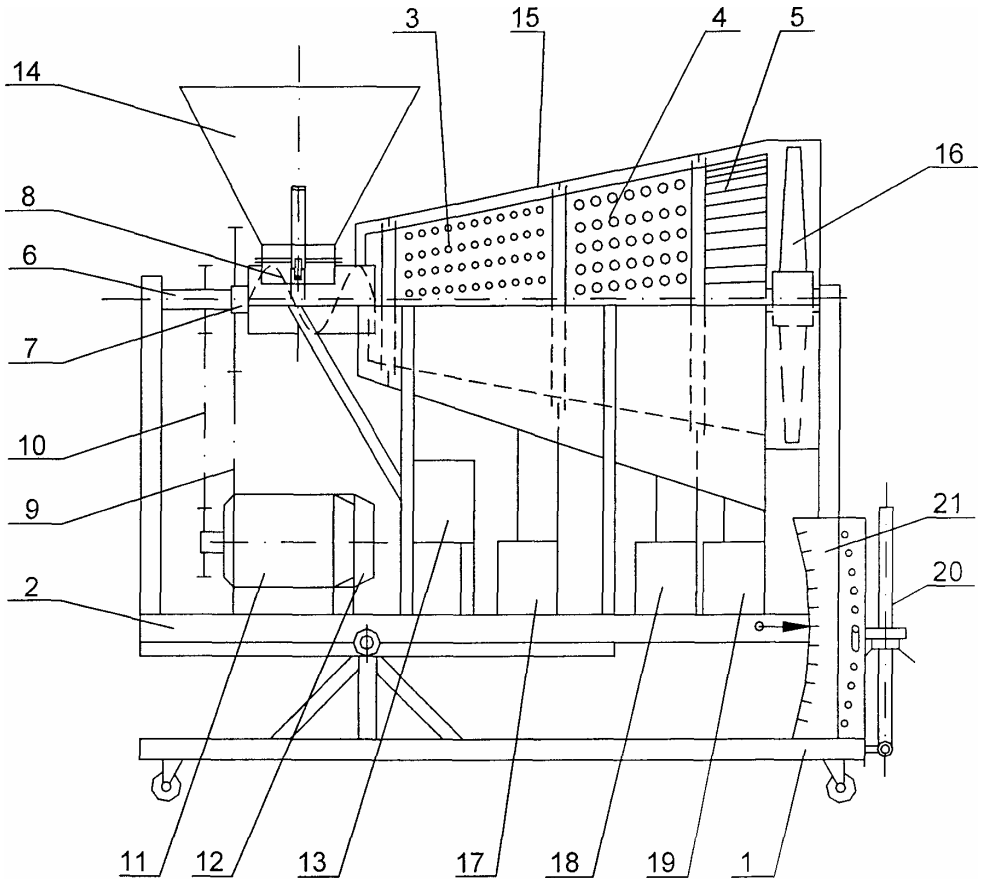
agrotechniki i wzrost kosztów pracy ludzkiej zmuszają konstruktorów kombajnów zbożowych do ciągłego wprowadzania nowszych i doskonalszych rozwiązań technicznych i technologicznych. Tendencje zmierzające w kierunku osiągnięcia wyższej jakości parametrów pracy kombajnu zbożowego oraz przystosowania go do zbioru kultur o odmiennych właściwościach postawiły nowe wymagania w stosunku do poszczególnych zespołów tej maszyny. Szczególnie wysokie wymagania stawiane są zespołowi czyszczącemu, którego wydajność i skuteczność decyduje o przepustowości kombajnu. Powszechnie wiadomo, że czynnikiem decydującym o przepustowości zespołu czyszczącego i wielkości strat jest powierzchnia sit. Analiza konstrukcji układów czyszczących stosowanych w kombajnach zbożowych [16], wykazuje brak pełnej efektywnych zespołów czyszczących. Ponadto zastosowane dodatkowe modernizacje i udoskonalenia klasycznych zespołów czyszczących nie spełniły w pełni pokładanych w nich oczekiwań. Szczegółowe przesłanki podjęcia tematu to:

1. Brak informacji i badań na temat nowych rotacyjnych stożkowych zespołów czyszczących.
2. Zainteresowanie naukowców, konstruktorów i użytkowników kombajnów zbożowych w poszukiwaniu bardziej efektywnego zespołu czyszczącego.
3. Tendencja do zwiększania wydajności i przepustowości kombajnu zbożowego.
4. Sprawdzenie możliwości zapewnienia dużej przepustowości przez zespół czyszczący drogą zastąpienia płaskich sit rotacyjnym sitem stożkowym.
5. Możliwość zastosowania nowej konstrukcji w kombajnie zbożowym.
6. Poznanie zjawiska przemieszczania się ziarna w obrotowym cylindrycznym sicie stożkowym.
7.

4. Opis prototypu nowej konstrukcji zespołu czyszczącego

Poniżej przedstawiono nową konstrukcję rotacyjnego zespołu czyszczącego, którego budowę oparto na sicie stożkowym. Skonstruowany i zbudowany zespół ten przeznaczony był dla kombajnów zbożowych.

Rys. 2. Stożkowy rotacyjny zespół czyszczący.



Rys. 3. Schemat ideowy stanowiska badawczego zespołu czyszczącego:

1- rama stała, 2- rama ruchoma, 3- segment piaskowy, 4- segment ziarnowy 5- segment kłosowy, 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- układ sterujący pracą silników, 14- zbiornik zasypowy, 15- obudowa, 16- wentylator, 17- zbiornik drobnych zanieczyszczeń, 18- zbiornik ziarnowy, 19- zbiornik kłosowy, 20- śruba regulacyjna, 21- wskaźnik kąta pochylenia bębna sitowego

Proponowana konstrukcja jest odmiennym rozwiązaniem związanym z separacją wydzielania i oczyszczania ziarna [7].

Przedstawione rozwiązanie charakteryzuje się tym, że sito składa się z trzech segmentów w kształcie pobocznicy stożka ściętego, którego mniejszy otwór skierowany jest do kosza zasypowego, a od strony większego otworu umieszczony jest współśrodkowo osiowy wentylator ssący. Bęben sitowy ułożyskowany jest obrotowo względem własnej osi wzdłużnej, natomiast na wewnętrznej stronie sita umieszczone są skośnie względem tworzących pobocznicy rynny zabierające. Rynny te obracając się równocześnie z bębnem sitowym podnoszą mieszaninę ziarnistą, która z pewnej wysokości przemieszczana jest na ssący strumień powietrza. Sito wraz z wentylatorem wyposażone jest w mechanizm podnoszący, umożliwiający zmianę kąta pochylenia sita względem poziomu. Na całej długości sita od dołu znajduje się obudowa wyposażona w wyloty zsypowe.

Urządzenie posiada szeroki zakresu parametrów regulacyjnych:

- prędkość obrotowa bębna sitowego (n_b) 0÷250 obr/min,
- prędkość obrotowa wentylatora (n_W) 0÷750 obr/min,
- kąt pochylenia bębna sitowego (ß) 7,5÷10,5^0,
- przepustowość zasilania (q_1) 0÷10 kg·s^{-1}.

5. Wyniki badań zespołu czyszczącego w zakresie określenia obszarów satysfakcjonujących parametrów pracy

Metodyka i warunki badań zostały podane we wcześniejszej publikacji [10].

Na przedstawionych poniżej wykresach przestrzennych rys. 4÷9 pokazano równoczesny wpływ dwóch zmiennych parametrów, stożkowego rotacyjnego zespołu czyszczącego na:

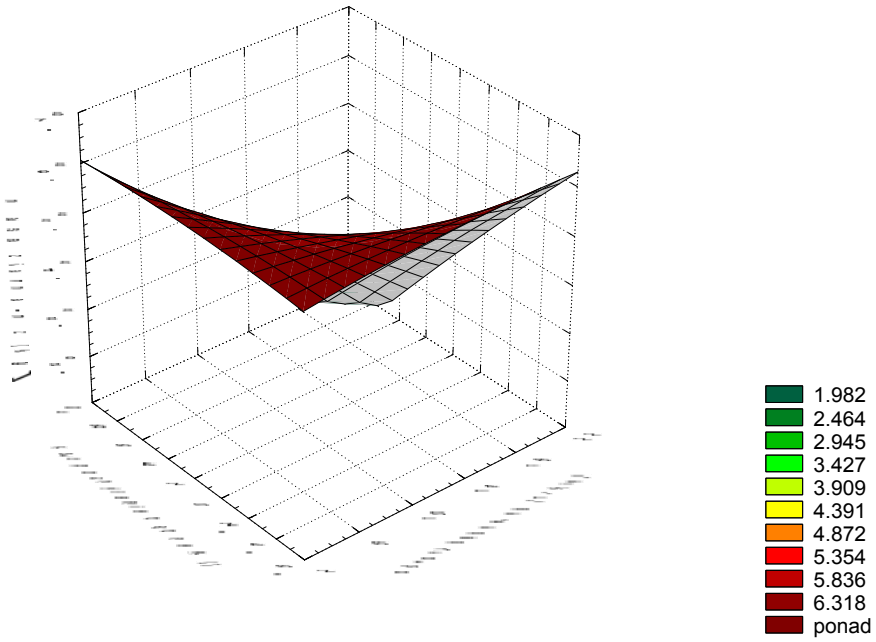
- rozkład wydzielonej masy ziarna (rys. 4, 5),

- współczynnik wydzielania ziarna (rys. 6, 7),
- całkowity współczynnik skuteczności czyszczenia (rys. 8, 9),

Wpływ tych wielkości na przebieg czyszczenia przedstawiono w warunkach uwzględniających:

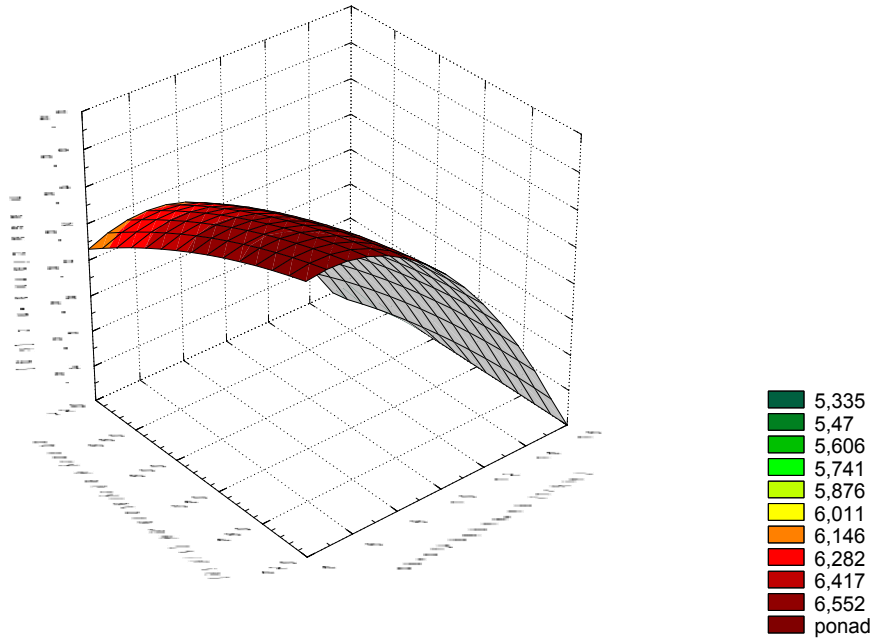
- mieszaninę M I o większym stopniu zanieczyszczenia,
- cały zakres badanych prędkości obrotowej wentylatora, n_w = 420÷720 obr/min (43,96÷75,36 rad/s),
- cały zakres badanego kąta pochylenia bębna sitowego, k = -7.5^o÷10^o,
- dolny zakres badanych prędkości obrotowych bębna sitowego, n_b = 2÷22 obr/min (0,21÷2,30 rad/s),

Największe wydzielanie masy ziarna występuje dla małych prędkości obrotowych bębna sitowego przy dużych kątach jego pochylenia (rys 4).

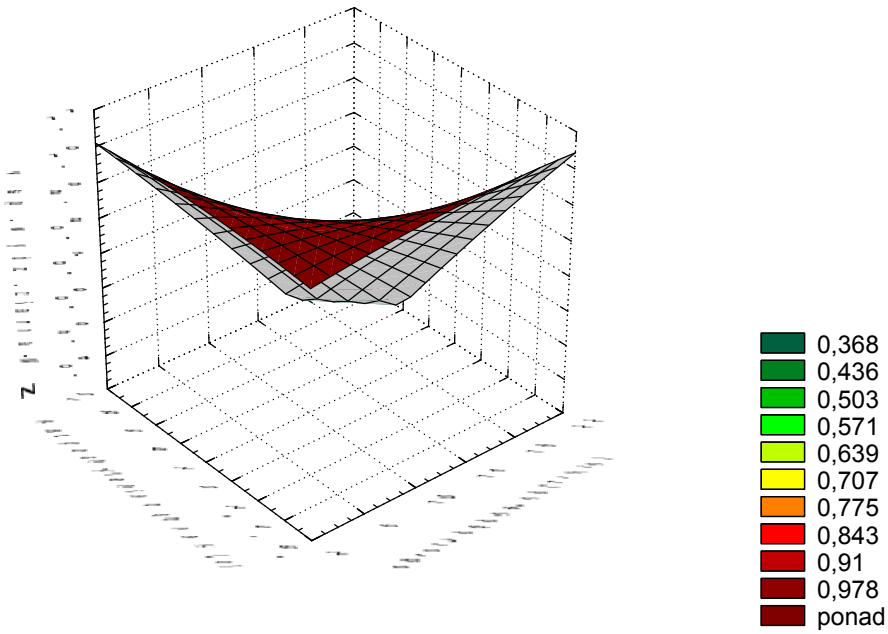


Rys. 4. Zmienność wydzielania masy ziarna w funkcji kąta pochylenia i prędkości obrotowej bębna sitowego.

Największe wydzielanie masy ziarna występuje dla małych prędkości obrotowych bębna sitowego i wentylatora (rys. 5).

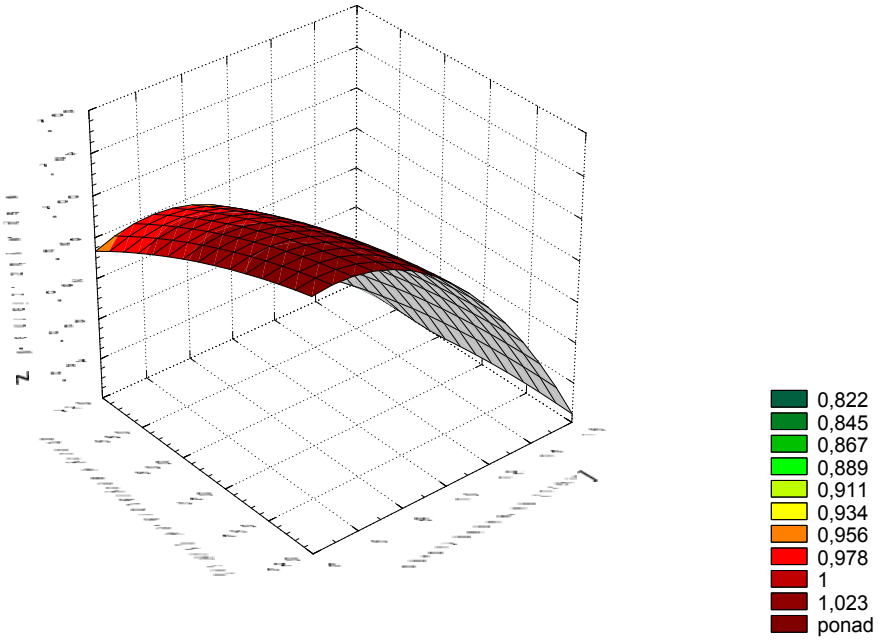


Rys. 5. Zmienność wydzielania masy ziarna w funkcji prędkości obrotowej bębna sitowego i wentylatora.



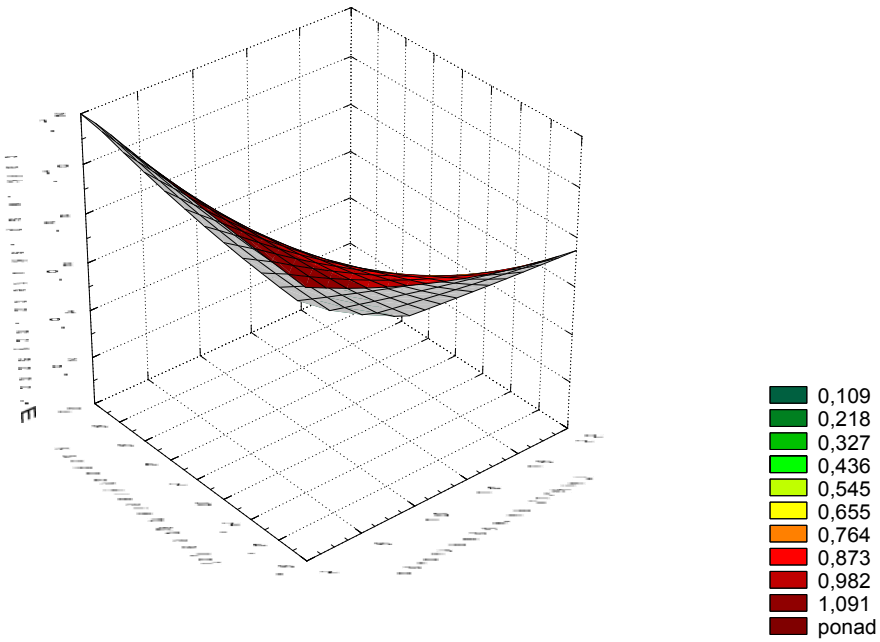
Rys. 6. Zmienność współczynnika wydzielania ziarna w funkcji kąta pochylenia i prędkości obrotowej bębna sitowego.

Współczynnik wydzielania ziarna największe wartości przyjmuje dla małych prędkości obrotowych bębna sitowego i średnich wentylatora (rys. 6).



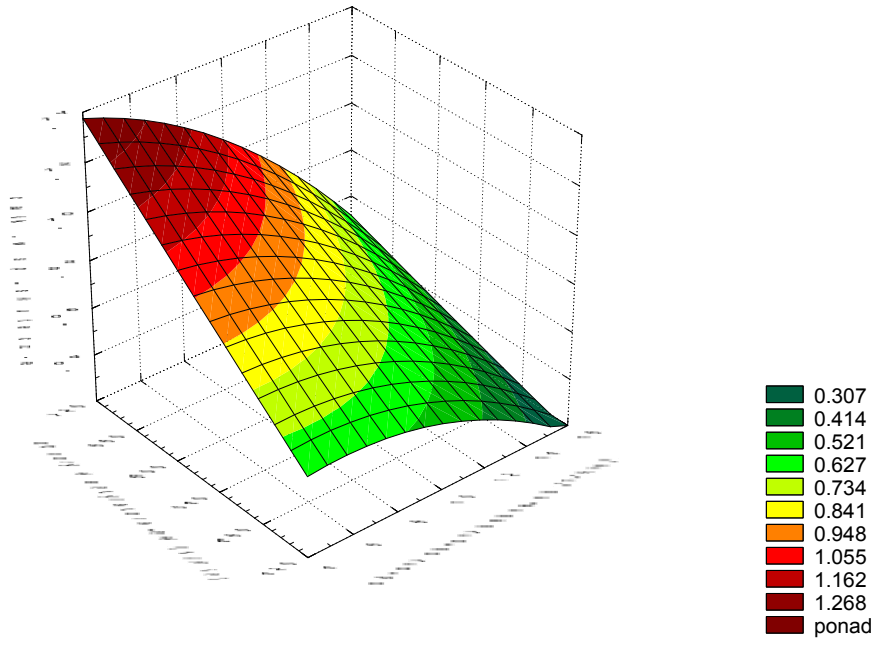
Rys. 7. Zmienność współczynnika wydzielania ziarna w funkcji prędkości obrotowej bębna sitowego i wentylatora.

Współczynnik wydzielania ziarna największe wartości przyjmuje dla małych prędkości obrotowych bębna sitowego i wentylatora (rys. 7).



Rys.8. Zmienność całkowitego współczynnika skuteczności czyszczenia w funkcji kąta pochylenia i prędkości obrotowej bębna sitowego.

Z wykresu na rys. 8 wynika, że skuteczność czyszczenia jest najlepsza (E=1) dla małych prędkości obrotowych bębna sitowego i dużych kątach jego pochylenia.



Rys. 9. Zmienność całkowitego współczynnika skuteczności czyszczenia w funkcji prędkości obrotowej bębna sitowego i wentylatora.

Z wykresu na rys. 10 wynika, że skuteczność czyszczenia jest najlepsza (E=1) dla małych prędkości obrotowych bębna sitowego i dużych wentylatora.

5. Podsumowanie

Na podstawie przeprowadzonych wstępnych badań stwierdzono, że stożkowy rotacyjny zespół czyszczący może być zastosowany w kombajnie zbożowym o małej przepustowości lub też jako niezależne urządzenie czyszczące. Jednak konstrukcja ta nie spełnia wymagań, jakie stawia się układom czyszczącym nowoczesnych kombajnów zbożowych [10] o dużej przepustowości. Aby sprostać temu zadaniu należałoby zwiększyć wymiary bębna sitowego. Omawiany prototyp zespołu czyszczącego przy zastosowanych rozmiarach gabarytowych (długość – 1,5m, szerokość – 1m, wysokość – 1,5m) osiągał dużą skuteczność pracy w zakresie prędkości obrotowej bębna sitowego n_b = 5÷20 obr/min (0,53÷2,09 rad/s) i n_b = 60÷70 obr/min (6,28÷7,33 rad/s). Natomiast nie spełnił założonych oczekiwań w zakresie prędkości obrotowej bębna sitowego n_b = 20÷60 obr/min (2,09÷6,28 rad/s) ze względu na nadmierną ilość ziarna przedostającą się do segmentu kłosowego. Należy nadmienić, że przy najkorzystniejszych parametrach pracy, stożkowy rotacyjny zespół czyszczący osiągał wydajność w granicach q = 1,25 kg·s^{-1}.

Z przeprowadzonych badań wynika, że dalsze prace należy skoncentrować na optymalizacji konstrukcji urządzenia przyjmując kryteria maksymalizacji wydajności i skuteczności czyszczenia przy minimalizacji wielkości (wymiarów gabarytowych) zespołu czyszczącego.

Literatura

1. Antonowicz W.: Kombajny z poosiowym przepływem zboża przez bęben młócący. Maszyny i Ciągniki Rolnicze, Nr 7, s. 9-11, 1980.
2. Beck F.: Ein mathematischer Ansatz zur Modellierung von Entmischungs und Abscheidevorgangen im Mahdrescher.International conference on agricultural engineering [Landtechnik 1994]. Proceedings of a conference held in Stuttgart, Germany, 13-14 October 1994. 1994, 36.1-36.3.

3. Bernhardt G.: Mardreschermarkt im Wandel. Agrartechnik Jg. 73 Nr 11, s. 30-31,1994.
4. Caspers L.: Neue alternative Dreschsysteme mit besonderer Baschreibung des Mehrtrommel-abscheidesystems und einer Leistungscharakteristik. Grundlagen der Landtechnik, Nr 4, s. 117-120, 1987.
5. Claar P. W., Porterfield J. G.: Rotary Straw Walker Performance. Trans. ASAE, 5, s. 830-832, 1974.
6. Dreszer K., Gieroba J.: Nowe konstrukcje zespołów czyszczących w kombajnach zbożowych. Maszyny i Ciągniki Rolnicze. Nr 7-8, 1990 s. 8-9.
7. Dreszer K., Gieroba J.: Czyszczalnia ziarna zwłaszcza dla maszyn omłotowych i kombajnów zbożowych. Patent Nr 137121, Warszawa 1987.
8. Dreszer K., Gieroba J., Roszkowski A.: Kombajnowy zbiór zbóż. Wyd. IBMER, Warszawa 1998.
9. Dreszer K., Gieroba J., Ukalski J.: Kombajny zbożowe do pracy na terenie pochyłym. Problemy Inżynierii Rolniczej, Nr 1, 1998, :s.57-78.
10. Dreszer K, Krzysiak Z, Gołacki K. Stożkowy rotacyjny zespół czyszczący materiałów ziarnistych. Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych, z. 486, s. 289-298. 2002.
11. Fechner W., Vebe N.: Rotatiionsmahdrescher MDW ARCUS in Praxistest. Neue Landw. Jg.8 Nr 11, s. 69-71, 1997.
12. Herbsthofer F. J.: Wo stehen wir in Mahdrescherbau und wie geht es weiter?. Grundlagen der Landtechnik, Nr 3, s. 94-102, 1974.
13. Gieroba J., Dreszer K.: Urządzenia wspomagające pracę wytrząsaczy klawiszowych w kombajnach zbożowych. Maszyny i Ciągniki Rolnicze, Nr 3, s. 7-9, 1983
14. Gieroba J., Dreszer K. A.: Wielobębnowe zespoły młócąco - wydzielające Post. Nauk Rol., Nr1, s. 101-113, 1985.
15. Kanafojski C.: Teoria i konstrukcje maszyn rolniczych, t. 2, cz. 1. Wyd. PWRiL Warszawa 1980
16. Krzysiak Z., Gołacki Z., Dreszer K.: Przegląd zespołów czyszczących kombajnów zbożowych. Problemy Inżynierii Rolniczej PAN, nr 7, 1998, s. 43-54.

17. Kutzbach H. D.: Mahdrescher auf der DLG 1984. Landtechnik, Nr 7/8, s. 324-328, 1984.
18. Rademacher T.: Erntetechnik. Mehr Leinstung, mehr Arbeitsgualitat. Top Agrar. Nr 11, s. 106-107, 1995.
19. Miłosz T.: Zespoły młócąco-wydzielające i czyszczące w kombajnach do zbioru zbóż. IBMER, Warszawa 2000.
20. Lova G.: Dispotivo di E Separazione Del Trebbiato Patticolarmente Per Macchine Trebbiatorici E E Mietitrebbiatrici, Patent, Nr 22951a/82, Italia. Mahdrescher boomten. Agrartechnik Jg. 76 Nr1, s. 10, 1997.
21. Rademacher T.: Mehr Durchsatz mit Rotoren. Top Agrar Nr 6 s. 66-71, 1997.
22. Uebe N., Dammer S., Fechner W.: Innovationen im Mahdrescherbau. Neue Landow. Jg.8 Nr 8, s.74-76, 1997.
23. Shen D. C.: Application of a cleaning system made up of a centrifugal fan with double channel and one sieve to combine. Journal of Northeast Agricultural University English Edition. 2, 2, s.142-151, 1995.
24. Szeliński T. , Waszkiewicz C.: Kombajny o promieniowo osiowym przepływie masy zbożowej. Maszyny i Ciągniki Rolnicze, Nr 2, s. 9-11, 1985.
25. Uebe N., Dammer S., Fechner W.: Innovationen im Mahdrescherbau. Neue Landow. Jg.8 Nr 8, s.74-76, 1997.
26. Zanko N. D., Dispov N. M.: Ocenka propusknoj sposobnosti molotilki s sistemoj intiensivnoj separacji zerna. Traktory-i-Sel'skokhozyaistvennye-Mashiny Nr 10, s.13-15, 1996.