

Dr inż. Zbigniew KRZYSIAK, e-mail: zbigniew.krzysiak@wp.pl
Zakład Teorii Maszyn i Automatyki
Katedra Podstaw Techniki, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie

BUDOWA NOWEGO, ROTACYJNEGO URZĄDZENIA CZYSZCZĄCEGO

Streszczenie: W pracy przedstawiono nową konstrukcję urządzenia czyszczącego opartą na obrotowym sicie stożkowym. Opisano budowę i zasadę działania nowego, stacjonarnego urządzenia czyszczącego. Zasada czyszczenia opiera się na połączeniu przesiewania na sitach stożkowych z separacją pneumatyczną. Prototyp takiego urządzenia zbudowano w Uniwersytecie Przyrodniczym w Lublinie. Przeprowadzone wstępne próby realizacji procesu czyszczenia ziarna zbóż wykazały, że może ono spełniać rolę stacjonarnej czyszczalni.

CONSTRUCTION OF INNOVATIVE ROTARY GRAIN CLEANING DEVICE

Abstract: The paper presents the construction of novel grain cleaning equipment based on the rotary conical sieve. It describes the structure and working principle of a new stationary grain cleaning machine. The cleaning principle involves combination of sieving operation on the conical sieves and pneumatic grain separation. The prototype device was built at the University of Life Sciences in Lublin. The initial tests evaluating cereal grain cleaning process have shown the applicability of the cleaning equipment in a stationary grain cleaner.

1. WSTĘP

Proces czyszczenia i separacji ziarna i innych nasion jest procesem złożonym i bardzo często trudnym do realizacji. Występują różne urządzenia czyszczące, których zadaniem jest rozdzielenie produktu od odpadu.

W rzeczywistości uzyskanie absolutnie czystego materiału jest niezmiernie trudne, a czasem nawet niemożliwe. W zależności od dalszego sposobu wykorzystania ziarna i nasion, istnieją szczegółowe normy określające dopuszczalny procent zanieczyszczeń i ich rodzaj.

W procesie czyszczenia ważną rolę spełniają też urządzenia czyszczące, których tendencje rozwojowe zmierzają w kierunku osiągnięcia wyższej efektywności czyszczenia oraz uniwersalności polegającej na przystosowaniu ich do różnego rodzaju nasion. Jednak nie jest to łatwe, ponieważ występują nasiona o odmiennych właściwościach. Szczególnie wysokie wymagania stawiane są urządzeniom czyszczącym do czyszczenia nasion dla przemysłu spożywczego i farmaceutycznego.

Przedstawione nowe urządzenie czyszczące powstało na bazie wcześniej zaprojektowanego i wykonanego prototypu zespołu czyszczącego dla kombajnu zbożowego [1].

Zespół ten został przebadany i mógł być zastosowany w kombajnach zbożowych o małej przepustowości, ale nie doszło do próby implementacji w kombajnie zbożowym. Zdecydowano się więc na jego przebudowę w stacjonarne urządzenie czyszczące. Zespół czyszczący został przebudowany z wprowadzeniem wielu zmian konstrukcyjnych związanych z eliminacją mankamentów konstrukcyjnych zauważonych podczas wcześniejszych badań.

2. BUDOWA NOWEGO URZĄDZENIA CZYSZCZĄCEGO

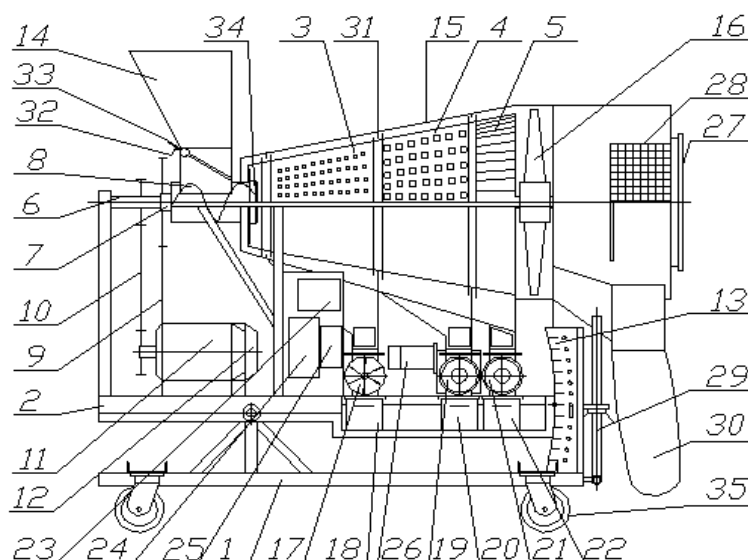
Poniżej przedstawiono nową konstrukcję rotacyjnego urządzenia czyszczącego (rys. 1), którego budowę oparto na sicie stożkowym. Skonstruowane i zbudowane

urządzenie może być wykorzystywane jako stacjonarna czyszczalnia dla ziarna zbóż i różnego rodzaju nasion.



Rys.1 Widok nowego urządzenia czyszczącego

Proponowana konstrukcja jest odmiennym rozwiązaniem związanym z separacją wydzielania i czyszczenia ziarna oparta na zgłoszonym do opatentowania wzorze użytkowym [1]. Nowe urządzenie czyszczące charakteryzuje się tym, że sito składa się z trzech segmentów w kształcie poboczniczy stożka ściętego, którego mniejszy otwór znajduje się w pobliżu kosza zasypowego, a od strony większego otworu umieszczony jest współśrodkowo osiowy wentylator ssący (rys. 2).



Rys. 2 Schemat stacjonarnego, rotacyjnego urządzenia czyszczącego:

1- 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.

Nowe, stacjonarne urządzenie czyszczące zapewnia:

- możliwość ciągłej regulacji prędkości obrotowej sita stożkowego,
- możliwość ciągłej regulacji prędkości obrotowej wentylatora,
- zmianę przepustowości zasilania,
- możliwość zbierania plew,
- możliwość selekcji masy czyszczonej w cztery frakcje,
- zmianę kąta pochylenia bębna sitowego,
- możliwość wymiany sit.

Urządzenie czyszczące posiada szeroki zakresu parametrów regulacyjnych:

- prędkość obrotowa bębna sitowego (n_b) $0 \div 250$ obr/min,
- prędkość obrotowa wentylatora (n_w) $0 \div 750$ obr/min,
- kąt pochylenia bębna sitowego (K) $-7,5 \div 10,5^\circ$,
- przepustowość zasilania (q_f) $0 \div 4$ kg/s.

Poniżej zostały przedstawione i opisane podstawowe zespoły urządzenia czyszczącego.

3. UKŁAD PODAWANIA MASY CZYSZCZONEJ



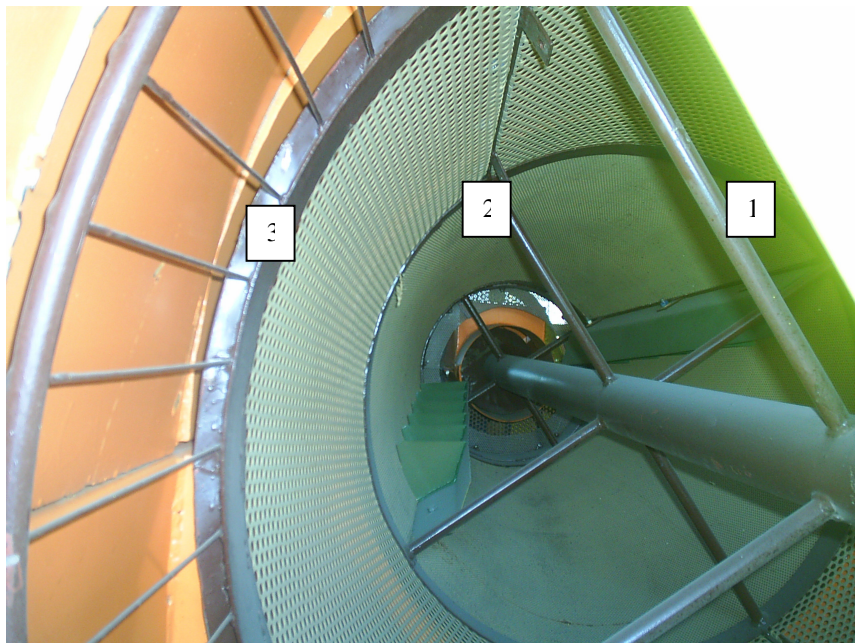
Rys. 3 Widok zbiornika zasypowego oraz regulowanej przesłony

Rys. 4 Widok ślimaka podającego

W skład układu podawania masy czyszczonej wchodzi zbiornik zasypowy (rys. 3), ślimak podający (rys. 4). Zbiornik ten wyposażony jest w zasuwę regulującą ilość podawanej mieszanki do czyszczenia. Ręcznie ustawiona szczelina jest blokowana śrubą dociskową. Układ ten pozwala na ustawienie przepustowości od 0 do 4 kg/s. Do dokładnego ustawienia szczeliny zastosowano podziałkę metryczną, pozwalającą na określenie ustawianej szerokości szczeliny wylotowej.

4. ZESPÓŁ SITOWY URZĄDZENIA CZYSZCZĄCEGO

Na stanowisku badawczym zastosowano rotacyjny stożkowy układ separujący ze wspomaganie pneumatycznym procesu czyszczenia (rys. 5).



Rys. 5 Widok zespołu sitowego

1 - segment drobnych zanieczyszczeń, 2 - segment ziarna drobnego, 3 - segment ziarna celnego.

Zespół sitowy składa się z trzech segmentów umieszczonych w szczelnej, stożkowej obudowie:

1. Segmentu drobnych zanieczyszczeń.
2. Segmentu ziarna drobnego.
3. Segmentu ziarna celnego.

Poszczególne segmenty przymocowane są do konstrukcji nośnej zespołu sitowego, który składa się z rury stanowiącej jednocześnie wał napędowy bębna sitowego oraz obręczy z promieniowymi prętami. Obręcze połączone są między sobą dwoma płaskownikami będącymi wsparciem dla połówek sit w kształcie półstożków. Zespół sitowy ma kształt stożka ściętego o kącie wierzchołkowym 20° i długości 1,5 m. Większa średnica stożka ma wymiar 0,96 m. Na końcu zespołu sitowego znajduje się osiowy wentylator, napędzany wałem umieszczonym wewnątrz rury bębna sitowego.

1. Segment drobnych zanieczyszczeń

Segment drobnych zanieczyszczeń zbudowany jest z dwóch, połówek stożkowych sit wymiennych połączonych ze sobą konstrukcją nośną, przy pomocy śrub (rys. 5). Na początku segmentu drobnych zanieczyszczeń znajduje się stała stożkowa część wprowadzająca wykonana z cienkiej blachy. Połówki sita drobnych zanieczyszczeń wykonane są z blachy perforowanej wg PN-76/M-94060 o grubości 1 mm i o różnej średnicy oczek (1 do 3 mm). Wewnątrz tego segmentu znajdują się dwie regulowane łopatki z przegrodami służące do przemieszczania masy czyszczonej, do górnej części stożka i wysypywania jej w ssący strumień powietrza. Zadaniem segmentu drobnych zanieczyszczeń jest wydzielanie z masy czyszczonej: piasku, nasion chwastów i innych niepożądanych zanieczyszczeń. Parametry sita drobnych zanieczyszczeń dobrano w oparciu o Polskie Normy i dane literaturowe tak, aby uzyskać właściwą separację nasion chwastów, piasku i innych zanieczyszczeń.

2. Segment ziarna drobnego

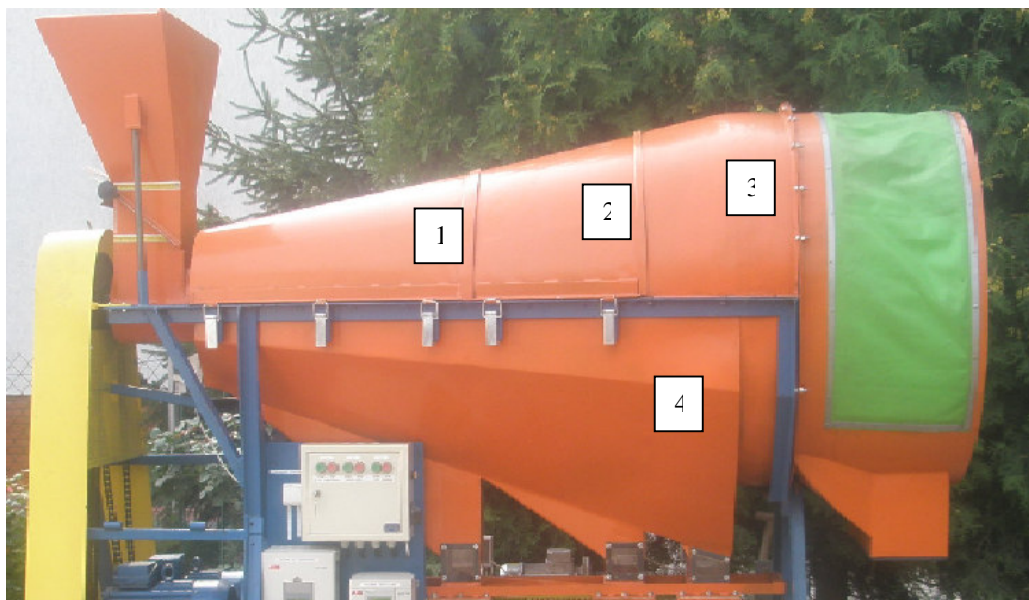
Zadaniem segmentu ziarna drobnego jest wydzielanie z masy czyszczonej ziarna drobnego (pośladu). Segment ziarna drobnego zbudowany jest z dwóch połówek stożkowych sit wymiennych złączonych ze sobą konstrukcją nośną przy pomocy śrub (rys. 5). Połówki sita ziarna drobnego wykonano z blachy perforowanej wg PN-76/M-94060, o grubości 1 mm i o różnej średnicy oczek (3 do 12 mm). Parametry sita dobrano w oparciu o Polskie Normy i dane literaturowe tak, aby uzyskać właściwą separację ziarna drobnego.

3. Segment ziarna celnego

Segment ten stanowi część końcowa bębna sitowego i składa się z cienkich prętów równomiernie rozmieszczonych na całym obwodzie konstrukcji nośnej zespołu sitowego (rys. 5). Zadaniem tego segmentu jest wydzielenie ziarna celnego z masy czyszczonej.

Obudowa urządzenia czyszczącego

Obudowa (rys. 6) składa się z dwóch części, górnej i dolnej. Na końcu obudowy umieszczony jest wentylator ssący (rys. 8) z obudową przestrzeni wydzielania plew i filtracji powietrza (7).



Rys. 6 Widok obudowy zespołu czyszczącego

1- część wstępna, 2- część środkowa, 3- część końcowa, 4- część dolna

W części górnej obudowy będącej połówką stożka ściętego wyróżniamy część wstępną, środkową i końcową. Część końcowa obudowy jest fragmentem półstożka przechodzącego w półwalec, który stanowi część górną obudowy wentylatora, która jest przedłużoną częścią walcową mającą u dołu otwór, do którego wpadają lekkie zanieczyszczenia (plewy, kurz). Poszczególne części obudowy górnej połączone są ze sobą, obudową dolną oraz ramą pomocniczą, ruchomą za pomocą zawiasów i klamer zatrzaskowych. Obudowa dolna jest jednoczęściowa i ma kształt połowy ośmiościennego, ściętego ostrosłupa zakończonego półwalcem stanowiącym dolną część obudowy wentylatora. Kąt odchylenia górnej obudowy od poziomu wynosi 20° .

Wewnątrz obudowy dolnej znajduje się nachylona podłoga zsykowa, wraz z trzema przegrodami pionowymi oddzielającymi przestrzeń wydzielania poszczególnych frakcji. W najniższym pasie dolnym znajdują się wyloty poszczególnych segmentów (sekcji), a w nich umieszczone są zawory obrotowe [2], pod którymi wykonane są dolne prostokątne wyloty, odprowadzające wydzielone frakcje do oddzielnych prostopadłościennych pojemników umieszczonych pod obudową na ramie ruchomej. Cała obudowa stanowi tunel powietrzny, którego wylot, zakończony jest obudową wentylatora z systemem filtracji powietrza (rys. 7), wewnątrz tej obudowy znajduje się wentylator ssący o średnicy 1m (rys. 8).

Wentylator realizuje czyszczenie pneumatyczne, którego celem jest usuwanie z przestrzeni roboczej lekkich zanieczyszczeń takich jak plewy, kurz itp.



Rys. 7 Widok obudowy wentylatora i filtracji powietrza i wyłapywania plew



Rys.8 Widok wentylatora ssącego

Zespół nośny urządzenia czyszczącego

Rama urządzenia czyszczącego składa się z części: górnej ruchomej i dolnej stałej (rys. 9).



Rys. 9 Widok ram urządzenia czyszczącego

Rama ruchoma stanowi element nośny, do którego dołączone są zespoły i podzespoły stanowiska badawczego. Rama stała z ramą ruchomą połączona jest z jednej strony zawiasem, natomiast po przeciwnej stronie znajduje się śrubowy mechanizm regulacyjny kąta pochylenia zespołu sitowego (rys. 10), w zakresie do $10,5^\circ$ w górę i do $7,5^\circ$ w dół w stosunku do położenia poziomego (0°). Odczyt kąta pochylenia umożliwia umieszczony na ramie wskaźnik kątowy. Do ustawienia ramy ruchomej w położeniu pracy służą dwa płaskowniki z otworami wykonanymi co $2,5^\circ$ oraz sworzniami blokującymi. Rama stała wyposażona jest w obrotowe kółka jezdne umożliwiające przemieszczanie urządzenia czyszczącego.

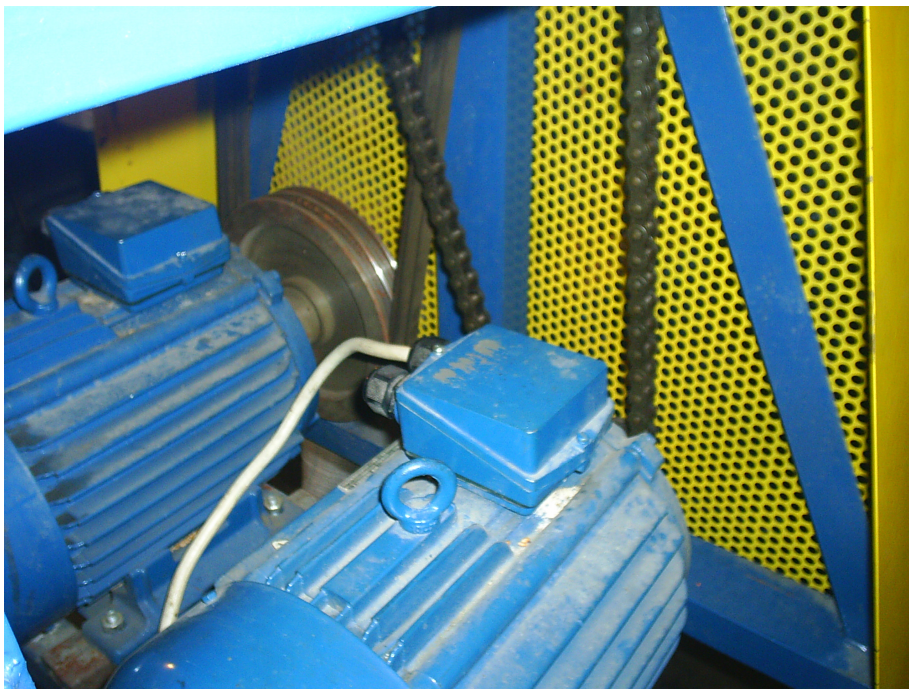


Rys.10 Widok wskaźnika i mechanizmu regulacyjnego kąta pochylenia bębna sitowego

Zespół napędowy

W skład zespołu napędowego (rys. 11) wchodzi:

- dwa silniki elektryczne indukcyjne, trójfazowe o mocy 3 kW, typu Sg1 32M-8FP,
- dwa przemienniki częstotliwości typu ACS 301-4P9-3 i ACS 601-0005-3,
- przekładnia łańcuchowa o przełożeniu $i = 3 : 1$,
- przekładnia pasowa o przełożeniu $i = 1 : 1$

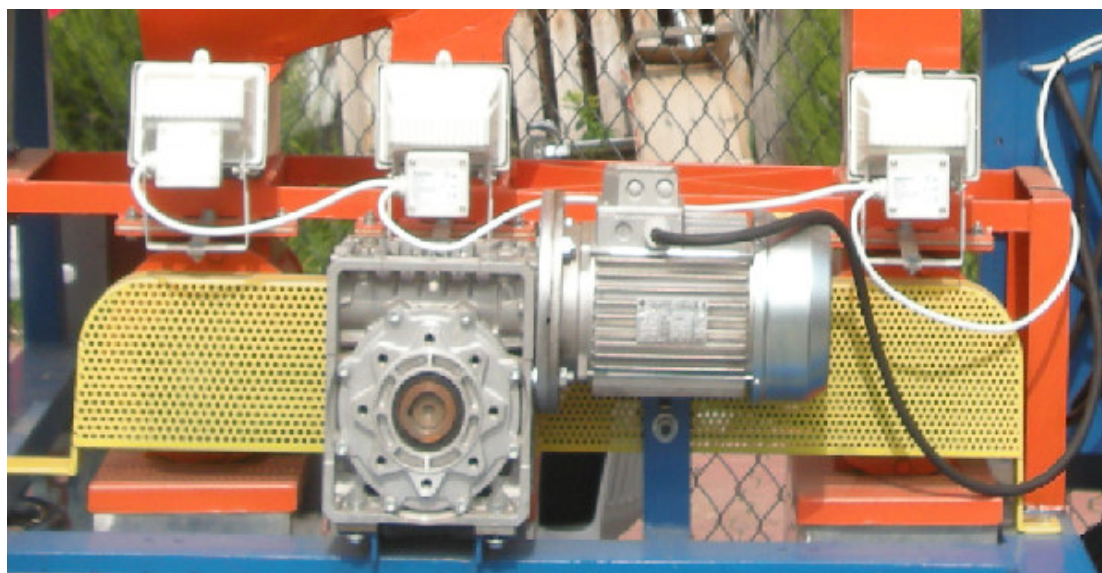


Rys.11 Widok zespołu napędowego

Silniki elektryczne są przystosowane do współpracy z przemiennikami częstotliwości do regulacji prędkości obrotowej silników. Jeden z silników elektrycznych służy do napędu bębna sitowego i ślimaka podającego, umieszczonych na wspólnej rurze stanowiącej wał napędowy. Napęd z silnika przekazywany jest na wał napędowy za pomocą przekładni łańcuchowej pracującej jako reduktor, umożliwiającej zwiększenie momentu napędowego. Drugi silnik za pośrednictwem przekładni pasowej neutralnej z dwoma pasami klinowymi, przekazuje napęd na wał napędowy wentylatora umieszczony w środku rury napędzającej bęben sitowy. Oba układy napędowe działają niezależnie i są wyposażone w odrębne sterowniki prędkości obrotowej w zakresie od 0 do 750 obr/min. Rolę sterowników prędkości obrotowej pełnią dwa przemienniki częstotliwości. Do regulacji prędkości obrotowej wentylatora, a przez to jego wydajności i prędkości przepływu powietrza użyto przemiennika typu ACS 301-4P9-3, przystosowanego do współpracy z silnikiem elektrycznym prądu zmiennego o mocy 3 kW. Do regulacji prędkości obrotowej bębna sitowego użyto przemiennika częstotliwości typu ACS 601-0005-3 tej samej firmy, ale z uwagi na specyficzne warunki pracy, a więc większe obciążenia i przewidywaną konieczność utrzymania prędkości obrotowej rzędu nawet kilku obrotów na minutę, jest to urządzenie wyższej klasy.



Rys. 12 Przekształtniki częstotliwości

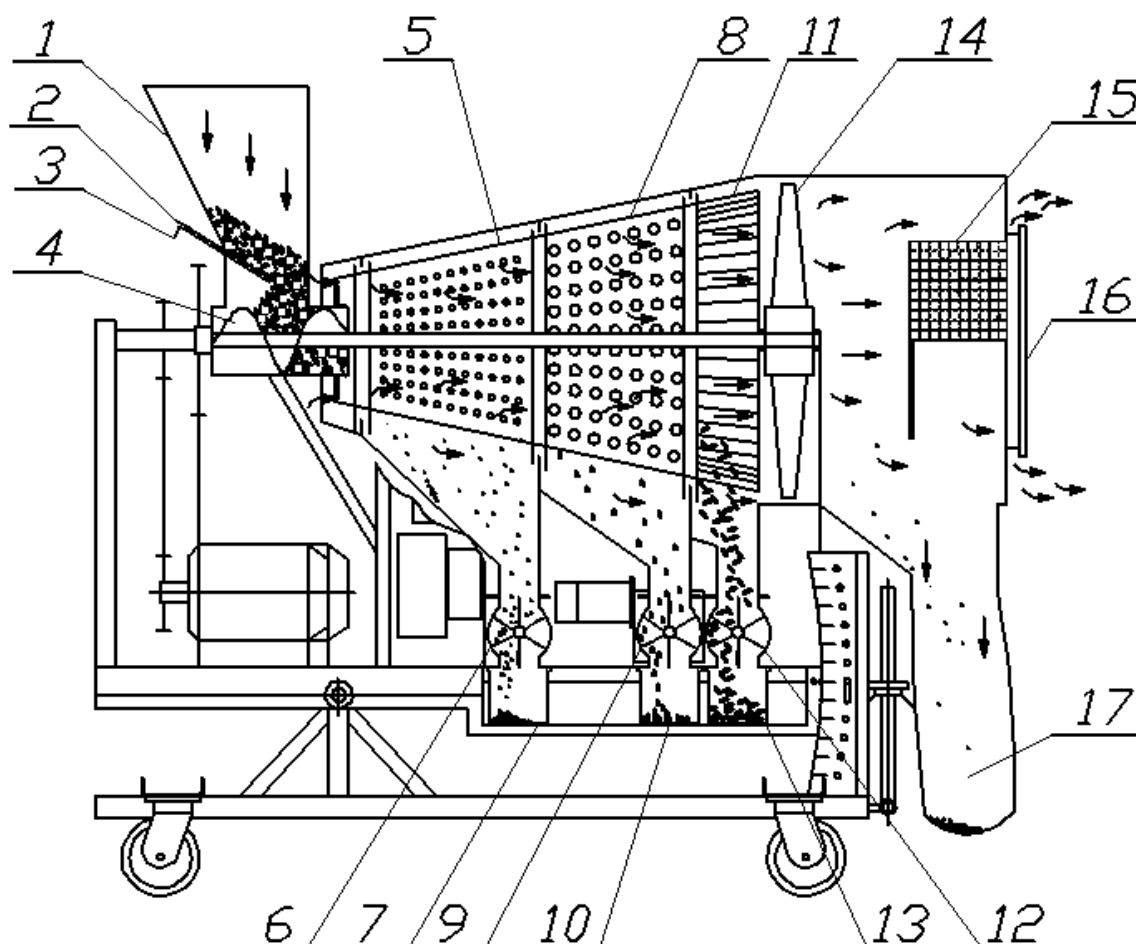


Rys. 13 Napęd zaworów obrotowych

Do napędu powietrznych zaworów obrotowych (rys. 13) wykorzystano motoreduktor o mocy 1,1 kW i prędkości obrotowej $n=28$ obr/min. Natomiast do przeniesienia napędu na trzy zawory obrotowe [2] zastosowano przekładnię łańcuchową.

5. ZASADA DZIAŁANIA URZĄDZENIA CZYSZCZĄCEGO

Prezentowane urządzenie czyszczące (rys. 14), można określić jako rotacyjne urządzenie czyszczące sitowo-pneumatycznego. Działanie jego opiera się na dwóch procesach rozdziału polegających na przesiewaniu przez sita i separacji pneumatycznej.



Rys. 14 Schemat urządzenia czyszczącego z widokiem przepływu masy czyszczonej i powietrza

1- zbiornik zasypowy, 2- zasuwka regulująca wylot mieszaniny, 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.

Masę czyszczoną wsypujemy do zbiornika zasypowego (1). W skład wyposażenia zbiornika zasypowego wchodzi, pochyła zasuw (2) regulująca szczelinę wylotową ze zbiornika zasypowego, która jest regulowana zależnie od potrzeb ustalonej przepustowości. Natomiast do realizacji natychmiastowego wysypu mieszaniny

czyszczonej, służy umieszczona dodatkowa zasuwa (3). Następnie mieszanina czyszczona przedostaje się na ślimak podający umieszczony na wale napędowym bębna sitowego (4). Zadaniem ślimaka podającego, jest równomierne podawanie masy czyszczonej do wnętrza zespołu sitowego. Obrotowy ruch segmentów sitowych (5, 8, 11) rozdziela mieszaninę czyszczoną na poszczególne frakcje. Proces czyszczenia jest wspomagany pneumatycznie przez strumień powietrza wytwarzany przez wentylator (14) umieszczony na końcu obudowy. Zadaniem strumienia powietrza jest usuwanie lekkich zanieczyszczeń. Wewnątrz bębna sitowego na poziomie segmentu drobnych zanieczyszczeń są umieszczone dwie łopatkki przesypowe, które równomiernie rozgarniają mieszaninę, oraz przenoszą ją do części górnej stożka, gdzie mieszanina wysypuje się w ssący strumień powietrzny. Na tym poziomie następuje oddzielenie lekkich i drobnych zanieczyszczeń. Częściowo przesiana przez sito drobnych zanieczyszczeń masa przedostaje się wylotem w obudowie, przez zawór obrotowy (6) do zbiornika drobnych zanieczyszczeń (7). Pozostała część masy czyszczonej przedostaje się do segmentu ziarna drobnego (8), w którym wydzielają się uszkodzone i drobne ziarna. Ta frakcja wysypuje się poprzez kanał wylotowy stożkowej obudowy do zaworu obrotowego (9), a następnie do zbiornika ziarna drobnego (10). Końcowym etapem czyszczenia mieszaniny jest wydzielenie ziarna celnego do ostatniej sekcji (11). Następnie poprzez cienkie pręty równomiernie rozmieszczone na całym obwodzie oczyszczone ziarno celne, przedostaje się do kanału wylotowego obudowy do zaworu obrotowego (12), a następnie do niżej umieszczonego zbiornika ziarna celnego (13). Podczas ciągłego procesu czyszczenia, lekkie zanieczyszczenia w takich postaciach jak plewy, krótkie kawałki słomy, kurz itp. są wysysane poprzez strumień powietrza wytwarzany przez wentylator (14) i przedostają się do zbiornika workowego (17), umieszczonego pod obudową wentylatora. Ważną rolę podczas procesu czyszczenia odgrywają zastosowane zawory obrotowe i uszczelnienia pomiędzy poszczególnymi sekcjami. Uniemożliwiają one przedostawanie się niepożądanego powietrza do wnętrza urządzenia, które mogłoby zakłócić pneumatyczne odseparowanie lekkich zanieczyszczeń.

6. PODSUMOWANIE

Na podstawie wstępnych prób czyszczenia ziarna stwierdzono, że urządzenie realizuje proces rozdzielenia ziarna od zanieczyszczeń i może być stosowane jako stacjonarna czyszczalnia ziarna zbóż i różnego rodzaju nasion.

Istotną cechą urządzenia czyszczącego jest wydzielanie dwóch frakcji ziarna tj. ziarna celnego i ziarna drobnego oraz rozdział odpadów, również na dwie frakcje tj. zanieczyszczenia drobne (piasek, nasiona chwastów, odłamki ziarna) oraz frakcje lekką (plewy, kurz odłamki słomy).

Dużą zaletą opisywanego urządzenia czyszczącego jest zastosowany obrotowy ruch roboczy, który nie uszkadza ziarna. Ponadto urządzenia z sitami obrotowymi, charakteryzują się tym, że nie wymagają poziomego ustawienia oraz posiadają większą powierzchnię roboczą sita, w tej samej objętości zajmowanej przestrzeni.

Wadą rotacyjnego urządzenia czyszczącego jest zanik procesu czyszczenia przy dużych prędkościach obrotowych bębna sitowego (około 80 obr/min), na skutek przywierania masy czyszczonej do sita stożkowego.

W dalszej kolejności po zbudowaniu stanowiska badawczego prototypu rotacyjnego, stożkowego urządzenia czyszczącego zostanie ono poddane kompleksowym badaniom w zakresie oczyszczania ziarna zbóż, a następnie również innych nasion.

LITERATURA

1. Krzysiak Z. 2009 Urządzenie do czyszczenia ziarna. Zgłoszenie patentowe na wzór użytkowy. Nr W 118618, Urząd Patentowy RP, Warszawa 26.11.2009.
2. Krzysiak Z. 2009 Zawór obrotowy. Zgłoszenie patentowe na wzór użytkowy. Nr W 118619, Urząd Patentowy RP, Warszawa 26.11.2009.