

EXPERIMENTAL MECHANICAL-PNEUMATIC SEED DRILL FOR SOWING GRAIN WITH ELECTRONIC SOWING CONTROL

Summary

The primary objective of building a new pneumatic drill was to test new design ideas in real conditions, in particular electronic system control room and sowing coulter pressure. Experimental design of the drill should allow checking many variants of design solutions and ensure the greatest possible flexibility and susceptibility to change. In the initial phases of the work the authors proposed several competing design variants for which three dimensional computer models were created. The seed has a modular design which can identify the following structural units: main frame, seed containers, folding for transport-segment drill coulter beam, grain feeders, pneumatic transport system and the distribution of seeds from the main blower system, electronic control and measuring the number of sown seeds and the pneumatic coulter pressure system.

Key words: pneumatic seeding equipment; seeding; quality; test stand; laboratory experimentation; field experimentation

EKSPERYMENTALNY MECHANICZNO-PNEUMATYCZNY SIEWNIK RZĘDOWY DO WYSIEWU ZBÓŻ Z ELEKTRONICZNYM STEROWANIEM WYSIEWU

Streszczenie

Podstawowym celem budowy nowego siewnika pneumatycznego było zbadanie w warunkach rzeczywistych nowych idei konstrukcyjnych, a w szczególności systemu elektronicznego sterowania wysiewu i docisku redlic. Eksperymentalna konstrukcja siewnika umożliwia sprawdzenie wielu wariantów rozwiązań konstrukcyjnych i zapewnia możliwie największą elastyczność i podatność na zmiany. We wstępnych fazach pracy zaproponowano kilka konkurencyjnych wariantów konstrukcyjnych, dla których utworzono trójwymiarowe modele komputerowe. Siewnik ma konstrukcję modułową, w której można wyróżnić następujące moduły konstrukcyjne: rama główna, zbiorniki nasion, składana do transportu- dwusegmentowa belka redliczna, dozowniki ziarna, system pneumatycznego transportu i rozdziału nasion z dmuchawą główną, system elektronicznego sterowania i pomiaru liczby wysianych nasion oraz system pneumatycznego docisku redlic.

Słowa kluczowe: siewniki pneumatyczne; siew; jakość; stanowisko badawcze; badania laboratoryjne; badania polowe

1. Wprowadzenie

Siewniki mechaniczno-pneumatyczne wykorzystuje się coraz częściej w praktyce rolniczej do siewu rzędowego. W siewnikach tych, dozowanie ziarna odbywa się za pomocą wałka wysiewającego, zaś jego rozdział na poszczególne rzędy i transport do redlic jest wykonywany za pomocą systemu pneumatycznego. Ułatwia to składanie siewnika o znacznej szerokości roboczej do transportu po drogach publicznych i jego agregowanie z maszynami uprawowymi. Coraz częściej do napędu wałka wysiewającego stosuje się w miejsce mechanicznych przekładni bezstopniowych- napęd silnikiem elektrycznym sterowanym przez mikrosterowniki. Rozwiązania takie wprowadzają już obecnie wszystkie przodujące firmy produkujące maszyny do siewu zbóż [1, 4, 5, 6, 7].

Podstawowym, a zarazem nadrzędnym celem budowy nowego, eksperymentalnego siewnika rzędowego mechaniczno-pneumatycznego do wysiewu zbóż z elektronicznym sterowaniem wysiewu, było zbadanie w warunkach rzeczywistych nowych idei konstrukcyjnych, a w szczególności systemu elektronicznego sterowania wysiewu i docisku redlic. Eksperymentalna konstrukcja siewnika umożliwia sprawdzenie wielu wariantów rozwiązań konstrukcyjnych i zapewnia możliwie jak największą elastyczność oraz podatność na zmiany. We wstępnych fazach pracy zaproponowano kilka konkurencyjnych wariantów konstrukcyj-

nych, dla których utworzono trójwymiarowe modele komputerowe [1, 2].

Siewnik posiada konstrukcję modułową, w której można wyróżnić następujące moduły konstrukcyjne: rama główna, zbiorniki nasion, składana do transportu dwusegmentowa belka redliczna, dozowniki ziarna, system pneumatycznego transportu i rozdziału nasion z dmuchawą główną, system elektronicznego sterowania i pomiaru liczby wysianych nasion oraz system pneumatycznego docisku redlic [1, 2, 3].

W ramach projektu wykonano podstawowe obliczenia funkcjonalne układu dozowania ziarna i transportu pneumatycznego, obliczenia wytrzymałościowe konstrukcji nośnej, w tym obliczenia sprawdzające MES, trójwymiarowe modele konstrukcji w systemie Solid Edge oraz pełną warsztatową dokumentację rysunkową w systemie Proge CAD.

2. Rama główna

Rama główna siewnika wykonana w formie ustroju belkowego z profili zamkniętych o przekroju kwadratowym, jest zaopatrzona w przedniej części w czopy do układu zawieszenia narzędzi klasy drugiej. Dwie poziome poprzeczne belki na górnej części ramy służą jako oparcie dla zbiorników ziarna. Wewnątrz końców tych belek montowane są tensometryczne przetworniki siły do ważenia zbiorników. Do dolnych przedniej i tylnej poziomych belek ramy jest

zaczepiony wahadłowo w dwóch punktach dyszel ramy redlicznej, który można łatwo odłączyć przez wyjęcie jednego sworznia sprzęgającego.

3. Zbiorniki ziarna

Zbiorniki ziarna mają kształt obrotowy, cylindryczno-stożkowy o średnicy 900 mm i są wykonane z laminatu epoksydowo-szklanego. Od góry są one zamknięte szczelną kopułkową pokrywą o średnicy 400 mm z króćcem do przyłączenia przewodu odsysającego powietrze o średnicy 100 mm. Dolna, stożkowa część zbiornika jest zakończona kołnierzem z otworem o średnicy 200 mm, za pośrednictwem którego montowane są pod zbiornikiem wymienne dozowniki ziarna. Każdy ze zbiorników jest oparty w dwóch punktach na belkach ramy głównej za pośrednictwem stalowych wsporników, przymocowanych śrubami do obwodu zbiornika pod kołnierzem znajdującym się na przejściu części stożkowej w część walcową. Wsporniki te są zaopatrzone w pionowe trzpienie przechodzące przez otwory w belkach ramy i naciskające bezpośrednio na przetworniki siły. Wysunięciu się trzpieni z otworów ramy zapobiega specjalny element w formie haka obejmującego koniec wspornika ramy głównej. Pokrywy zbiorników są zamykane i dociskane do kołnierza otworu zasypowego zbiornika za pośrednictwem pałaka i zamka klamrowego.

Pozwala to na wytworzenie w zbiornikach nadciśnienia o wartości maksymalnej 0,1 bar, tak by ciśnienie wewnątrz zbiornika w rurze transportowej, do której podłączony jest dozownik mogły się wyrównać. Zapobiega to przedmuchiwanu powietrza z tej rury do zbiornika, co tamuje dopływ ziarna do dozownika. Wytworzenie podciśnienia wewnątrz zbiornika pozwala na samozaładunek ziarna do zbiornika metodą transportu pneumatycznego. W tym celu w górnej części zbiornika umieszczony jest króciec do podłączenia elastycznego przewodu załadunkowego. Wtedy zbiornik działa jako cyklon do separacji ziarna. Zbiornik można też napełniać tradycyjnie z worków, przez zasypywanie poprzez górny otwór. Samozaładunek pozwala na znaczne ułatwienie pracy obsługi, szczególnie w sytuacji, gdy brak jest sprzętu dźwigowego do manipulacji wielkimi workami. Po odczepieniu belki redlicznej i ustawieniu głównej części siewnika na stanowisku może on służyć do transportu pneumatycznego ziarna metodą ssąco-tłoczącą.

4. Rama redliczna

Rama redliczna kopiuje teren za pomocą zespołu ogumionych kół rozmieszczonych w pobliżu jej końców i jest połączona z główną ramą siewnika wahadłowo, co pozwala na niezależne od przechyłów ciągnika kopiowanie terenu.

Rama redliczna składa się z centralnej ramy redlicznej i dwóch segmentów redlicowych. Centralna rama redliczna składa się z podłużnego dyszla i przegubowo z nim połączonych skrzydeł bocznych o długości około 1 m. Dyszel wykonany z profilu kwadratowego o boku 100 mm jest łączony z ramą główną siewnika za pomocą dwóch sworzni o osi poziomej, co pozwala na jego obrót względem ramy głównej w zakresie kąta ograniczonym dwoma gumowymi amortyzatorami. Ucha, do których łączone są skrzydła boczne, są wykonane z płyt o grubości 10 mm i mają ceowy przekrój, wytrzymały na zginanie. Skrzydła boczne ramy redlicznej są wykonane z kształtownika o kwadratowym profilu zamkniętym o boku 100 mm. Na ich końcach

są łączone przegubowo -za pomocą sworzni o osi pionowej - segmenty redlicowe. Segmenty te mogą być łatwo zamieniane, co pozwala na badanie różnych ich wariantów konstrukcyjnych, w tym dwóch wariantów równocześnie.

5. Segment redliczny

Segment redliczny składa się z dwóch belek o przekroju kwadratowym 80 mm, połączonych na końcu i w środku przewiązkami poprzecznymi. Środkowa belka poprzeczna wykonana z profilu prostokątnego jest na przednim końcu zaopatrzona w widełki służące do połączenia ze skrzydłem bocznym ramy centralnej. Na końcu tej belki przyspawany jest pionowy wspornik do zamocowania głowicy rozdzielczej układu pneumatycznego siewnika. W wariantcie pierwszym spodnia część każdej z belek segmentu redlicznego posiada 8 otworów o średnicy 60 mm, wewnątrz których montowane są cylindry docisku pneumatycznego redlic. W wersji drugiej tych otworów nie ma.

6. Dmuchawa główna

Dmuchawa główna to specjalnie skonstruowana dmuchawa, która jest jednostopniową maszyną promieniową. Wymaga się, by wytwarzała ona nadciśnienie lub podciśnienie o wartości do 0,1 bara, przy wydatku powietrza około $300 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}$. Wirnik dmuchawy wykonany ze stopów aluminium ma łopatki promieniowe o szerokości 20 mm, umieszczone pomiędzy dwiema tarczami, o średnicy 400 mm, z których przednia ma otwór o średnicy 200 mm, przez który wirnik jest zasilany. Wirnik jest osadzony na stalowym wale za pomocą specjalnej piasty. Wał wirnika jest ułożyskowany na dwóch łożyskach kulkowych na końcach stalowej pochwy o długości około 1 m. Na drugim końcu wału wirnika znajduje się małe koło pasowe o średnicy 70 mm na trzy pasy klinowe 10 mm, które otrzymuje napęd od koła dużego o średnicy 450 mm, co przy obrotach nominalnych WOM ciągnika $1000 \text{ obr}\cdot\text{min}^{-1}$ zapewnia prędkość obrotową wirnika ok. $6000 \text{ obr}\cdot\text{min}^{-1}$. Opcjonalnie przewidziano napęd asynchronicznym silnikiem elektrycznym o mocy 3 kW.

W wariantcie alternatywnym, piasta wirnika może być osadzona bezpośrednio na wale wysokoobrotowego silnika elektrycznego, co upraszcza konstrukcję napędu i pozwala na wykorzystywanie siewnika w pracach podwórzowych do transportu pneumatycznego bez angażowania ciągnika do napędu. Obudowa dmuchawy składa się z dwóch połówek łączonych ze sobą na obwodzie za pośrednictwem kołnierza łączącego śrubami M5. Połówki te tworzą króciec dolotowy, obudowę wirnika, bezłopatkowy dyfuzor pierścieniowy oraz ślimakowy kanał zbiorczy. Kanał zbiorczy jest zakończony króćcem z kołnierzem o średnicy wewnętrznej uformowanego przewodu pneumatycznego 120 mm. Obudowa dmuchawy, ze względu na skomplikowany kształt, jest wykonana z laminatu epoksydowo szklanego. Zespół dmuchawy jest łączony poprzez pochwę wału wirnika do górnej podłużnicy ramy głównej siewnika za pomocą dwóch jarzemek.

W wyniku tych prac zbudowano w pełni funkcjonalny model eksperymentalnego siewnika (rys. 1).

Na rys. 2 ukazano prototypowy, eksperymentalny siewnik rzędowy mechaniczno-pneumatyczny do siewu zbóż z elektronicznym sterowaniem wysiewu, przygotowany do badań polowych, natomiast na rys. 3. przedstawiono architekturę systemu sterowania eksperymentalnym siewnikiem.



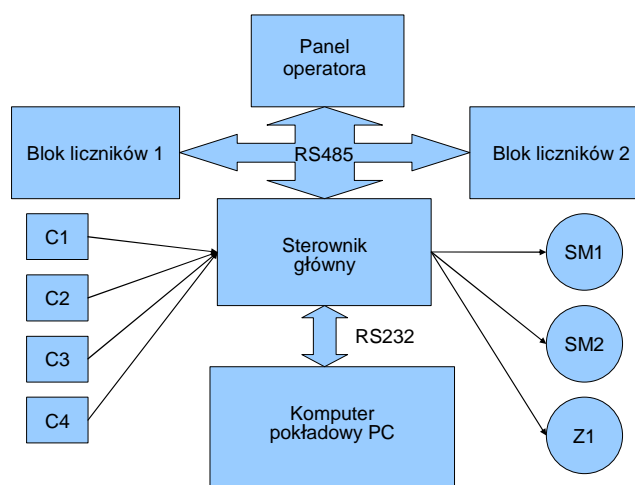
Rys. 1. Prototypowy eksperymentalny siewnik rzędowy mechaniczno-pneumatyczny do wysiewu zbóż z elektronicznym sterowaniem wysiewu na stanowisku laboratoryjnym

Fig. 1. Prototypical experimental mechanical-pneumatic seed drill for sowing grain drill with electronic sowing control on laboratory stand



Rys. 2. Eksperymentalny siewnik rzędowy mechaniczno-pneumatyczny do wysiewu zbóż z elektronicznym sterowaniem wysiewu, przygotowany do badań polowych

Fig. 2. Prototypical experimental mechanical-pneumatic seed drill for sowing grain drill with electronic sowing control, prepared for field investigation



Rys. 3. Architektura systemu sterowania siewnika (C1, C2, C3, C4 - czujniki; SM1, SM2 - silniki oraz Z1 - zasuwą)

Fig. 3. Architecture of the drill steering system (C1, C2, C3, C4 - sensors; SM1, SM2 - engines and Z1 - register)

7. Podsumowanie

Cechy konstrukcyjne prezentowanego, eksperymentalnego, mechaniczno-pneumatycznego siewnika rzędowego do wysiewu zbóż z elektronicznym sterowaniem wysiewu, są następujące:

- zliczanie wysianych nasion we wszystkich przewodach nasiennych,
- precyzyjna głowica rozdzielcza,
- pneumatyczny docisk redlic z kontrolą głębokości siewu z czujnikiem ultradźwiękowym,
- dwa opcjonalnie systemy dozowania nasion (wałkowy i bezwałkowy),
- lekkie, hermetyczne zbiorniki ziarna, wykonane z laminatu ES,
- dwie tensometryczne wagi zbiorników ziarna,
- elektrycznie napędzane wałek wysiewający, mieszadło i zasuwą dozującą,
- elektryczny napęd i regulacja obrotów wentylatora głównego,
- komputerowa kontrola parametrów siewu i ustawienie obsady nasion na podstawie elektronicznej mapy obsiewu,
- beznacznikowe prowadzenie siewnika wzdłuż równoległych ścieżek,
- składanie do transportu bez podnoszenia belek redlicznych,
- modułowa konstrukcja.

Testy systemu przeprowadzono na specjalnie zbudowanym, zautomatyzowanym stanowisku laboratoryjnym w laboratorium Zakładu Maszyn Roboczych Instytutu Maszyn Roboczych i Pojazdów Samochodowych Politechniki Poznańskiej. W trakcie prób systemu skorygowano oprogramowanie głównego sterownika oraz komputera pokładowego i potwierdzono, że opracowany i zbudowany system działa zgodnie z głównymi założeniami konstrukcyjnymi i może być skierowany do testów w rzeczywistych warunkach polowych. Badania polowe eksperymentalnego siewnika przeprowadzono w kwietniu i maju 2012 r. w Gospodarstwie Nasiennym dra inż. H. Kobińskiego w Gowarzewie koło Poznania. Dokumentacja konstrukcyjna siewnika oraz wyniki badań laboratoryjnych i polowych znajdują się w dokumentacji przedmiotowego projektu w Zakładzie Maszyn Roboczych Politechniki Poznańskiej.

8. Bibliografia

- [1] Feder S., Kęska W., Kośmicki Z., Selech J., Włodarczyk K., Gierz Ł.: Laboratoryjne stanowisko do badania procesów wysiewu nasion. *Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering*, 2012, Vol. 57(1), s. 34-36.
- [2] Gierz Ł., Kęska W., Gierz S.: Badania laboratoryjne czasu transportu ziarna pszenicy w przewodzie nasiennym siewnika. *Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering*, 2012, Vol. 57 (1), s. 37-40.
- [3] Gierz Ł., Kęska W.: Badania laboratoryjne nad rozdziałem strumienia nasion w głowicy siewnika pneumatycznego. *Inżynieria Rolnicza*, Kraków, 2011, nr 8 (133), s. 117-125.
- [4] Kęska W., Gierz Ł.: Modelowanie i symulacja procesu wysiewu nasion siewnikami pneumatycznymi. VII Sympozjum nt.: „Modelowanie i symulacja komputerowa w technice”. Wyd. Wyższa Szkoła Informatyki w Łodzi, Łódź, 2010, s. 73-78.
- [5] Kęska W., Maciaszek H.: Modernizacja stanowiska do badań siewników precyzyjnych. *Prace przemysłowego Instytutu Maszyn Rolniczych w Poznaniu*. Poznań, 1995, nr 3, s. 11-15.
- [6] Kęska W., Feder S., Włodarczyk K., Selech J.: Symulacyjne badania procesów ciągłego pomiaru natężenia strumienia ziaren w systemach pneumatycznego transportu nasion w siewnikach. XIII Ogólnopolska Konferencja Naukowa nt.: „Zastosowanie technologii informatycznych w rolnictwie”. Kazimierz Dolny, 26-27.04.2010. Wyd. Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, 2010, s. 39-41.
- [7] Maciaszek H., Piechocki K.: Badania i optymalizacja układu pneumatycznego siewników zbożowych mechaniczno-pneumatycznych. *Przemysłowy Instytut Maszyn Rolniczych w Poznaniu*. Poznań, 1993.

Praca realizowana w ramach projektu rozwojowego nr N R03 0021 06/2009