

## LABORATORY TESTS OF TIME TRANSPORT OF WHEAT GRAIN IN THE SEED TUBE OF DRILL

### Summary

*This paper presents the results of laboratory tests of influence of the air velocity and the length of pneumatic seed tube on the transportation time and average speed of movement of grain. Measurement of grain transport time was tested on a specially designed laboratory stand and built at the Poznan University of Technology. Data obtained from measurements can be used to validation of previously created simulation models and during the construction of pneumatic seed drills and conveyors.*

**Key words:** *pneumatic drills; seed tubes; wheat; sowing; quality; physical properties; test stand; laboratory experimentation; simulation models*

## BADANIA LABORATORYJNE CZASU TRANSPORTU ZIARNA PSZENICY W PRZEWODZIE NASIENNYM SIEWNIKA

### Streszczenie

*W pracy zaprezentowano wyniki badań laboratoryjnych wpływu takich czynników, jak prędkość przepływu powietrza i długość przewodu nasiennego siewnika pneumatycznego na czas transportu i średnią prędkość ruchu ziarna w przewodzie nasiennym siewnika. Pomiar czasu transportu ziarna został wykonany na specjalnie zaprojektowanym i wykonanym w Politechnice Poznańskiej stanowisku badawczym. Dane uzyskane z pomiarów mogą być wykorzystane do walidacji wcześniej utworzonych modeli symulacyjnych jak i podczas konstruowania siewników i przenośników pneumatycznych.*

**Słowa kluczowe:** *siewniki pneumatyczne; przewody nasienne; pszenica; siew; jakość; właściwości fizyczne; stanowisko badawcze; badania laboratoryjne; modele symulacyjne*

### 1. Wprowadzenie

Siew jest jednym z podstawowych zabiegów agrotechnicznych, od którego zależy jakość i plonowanie roślin. W dzisiejszych czasach zabieg ten jest często wykonywany przy użyciu nowoczesnych siewników pneumatyczno-mechanicznych o znacznej szerokości roboczej.

Proces wysiewu nasion przebiega według następującego schematu: nasiona zgromadzone w skrzyni nasiennej zsuwają się do zespołu dozującego (wysiewającego), następnie poprzez system przewodów nasiennych transportowane są do redlic wykonujących na powierzchni gleby rowek technologiczny, do którego wpadają nasiona. Dalej rowek jest zasypywany za pomocą dodatkowych urządzeń zwanych zagarniaczami [4, 5, 6]. Siew idealny polega na rozmieszczeniu nasion w rzędach w ściśle jednakowych odstępach optymalnych ze względu na warunki wegetacji roślin. Odstępy te są określane na podstawie stosownych doświadczeń rolniczych. W siewie rzeczywistym zazwyczaj udaje się zachować jedynie przeciętną wartość tych odstępów, podczas gdy ich poszczególne wartości są zmiennymi losowymi określonymi kilkoma parametrami statystycznymi, najczęściej poprzez średnie odchylenie kwadratowe, lub dokładniej, poprzez krzywą gęstości rozkładu. Podstawowym źródłem nierównomiernego wysiewu jest zespół wysiewający (dozujący nasiona). W zwykłych siewnikach zbożowych stosuje się najczęściej wałeczkowe zespoły wysiewające, które za pomocą odpowiednio ukształtowanego wałeczka wygarniają ze skrzyni nasiennej regulowaną strugę nasion, w której rozmieszczenie nasion jest w znacznym stopniu losowe. Znaczny wpływ na równomierność wysiewu może mieć sam proces transportu ziarna do redlic,

w którym, ze względu na losowe zróżnicowanie czasów transportu efekt dokładnego dozowania jednoziarnkowego może zostać całkowicie zniweczony. Z kolei, w siewnikach, w których dozowanie ziarna jest niedokładne, często o charakterze pulsacyjnym, można się też spodziewać działania odwrotnego. W procesie transportu może dochodzić do rozpraszania skupień i zacierania przerw wysiewu, co może skutkować poprawą wskaźnika podłużnej nierównomierności wysiewu. Konstruktorzy siewników wiedzą, że aby ograniczyć wpływ przewodów nasiennych należy umieścić zespół dozujący jak najbliżej gruntu. Wymaga to specjalnych konstrukcji siewnika i ma sens jedynie w przypadku stosowania jednoziarnkowych zespołów dozujących nasiona. W ostatnich latach pojawiły się konstrukcje siewników punktowych (AMAZONE EDX), w których zespoły dozujące są umieszczone pod centralną skrzynią nasienną, a nasiona transportowane do redlic za pomocą przewodów pneumatycznych, tak jak w siewnikach rzędowych. Pojawia się zatem problem, jak wpływa długość i konfiguracja pneumatycznego przewodu nasiennego, oraz prędkość powietrza transportującego na podłużną równomierność wysiewu takiego siewnika.

Zależy to od czasu transportu ziarna w przewodzie nasiennym, a właściwie od losowego rozrzutu tych czasów, który spowoduje losowy rozrzut odległości pomiędzy kolejnymi nasionami. Poznanie zależności pomiędzy średnią prędkością ziarna w przewodzie nasiennym a jego długością i konfiguracją oraz prędkością powietrza transportującego jest ważne także w przypadku siewników rzędowych, gdyż np. umożliwia określenie czasu wyprzedzenia włączenia wałka wysiewającego przed rozpoczęciem jazdy siewnika. Jak wiadomo, przy długich przewodach nasiennych równoczesne

z rozpoczęciem jazdy uruchomienie tego wałka powoduje opóźnienie początku wysiewu i powstanie nie obsianego pasa na początku przejazdu, zaś na jego końcu powstanie pasa nadmiernie obsianego.

Uzyskane z eksperymentów dane mogą też posłużyć do walidacji i dostrajania modeli matematycznych pozwalających symulować proces wysiewu i transportu ziarna w przewodach pneumatycznych.

## 2. Prace dotychczasowe

Podczas analizy literatury fachowej i naukowej nie natrafiono na wyniki badań dotyczących wpływu różnych czynników na czas transportu ziarna lub też rozrzut czasu transportu w przewodzie pneumatycznym siewnika lub innego urządzenia stosowanego do transportu pneumatycznego.

W latach 80. ubiegłego wieku w Przemysłowym Instytucie Maszyn Rolniczych w Poznaniu prowadzono badania czasu przelotu ziarna, jednak nie odszukano jakichkolwiek prac związanych ściśle z tym tematem. Większość prac dotyczyła optymalizacji układu pneumatycznego siewników zbożowych mechaniczno-pneumatycznych [3].

Pewną próbę przebadania wpływu przewodu nasiennego na nierównomierność wysiewu podjęli Kogut, Lipiński i Rawa [1, 2], lecz nie dały one jednoznacznych wyników ukazujących wpływ przewodów nasiennych na czas przelotu ziarna.

## 3. Cel badań i problem badawczy

Prędkość ruchu ziarna w pneumatycznym przewodzie nasiennym jest różna i na ogół mniejsza od prędkości powietrza transportującego. Ze względu na losowy charakter procesu, prędkość ta, i wynikający z niej czas transportu ziarna przez przewód nasienny, ma również losowy rozkład. Parametry tego rozkładu, tj. wartość średnia, wariancja, a także postać rozkładu zależą od bardzo wielu czynników, takich jak: współczynniki tarcia ziarna o ściany przewodu, kształt trasy przewodu i jej nachylenie do poziomu, kształt oraz wymiary ziaren itp. Ruch ziarna w przewodzie nasiennym można zasymulować za pomocą programu komputerowego, jednak symulacja taka wymaga walidacji eksperymentalnej.

Zagadnienie losowego rozrzutu czasów transportu ziaren w przewodzie nasiennym jest o tyle istotne, że rozrzut ten wpływa na poprzeczną nierównomierność wysiewu i może ją znacznie obniżyć w przypadku stosowania precyzyjnych zespołów wysiewających, zaś sam czas transportu bezpośrednio determinuje opóźnienie początku i końca wysiewu w stosunku do ruchu siewnika.

Głównym celem niniejszej pracy było wyznaczenie wpływu takich czynników jak:

- prędkość powietrza,
- długość przewodu nasiennego,
- zakrzywienie i nachylenie trasy przewodu.

Na średnią prędkość transportu ziarna i rozrzut czasów transportu pojedynczego ziarna w pneumatycznych przewodach nasiennych. Zebrane dane z pomiarów mogą też posłużyć do walidacji modeli matematycznych opisujących ruch ziarna w przewodach nasiennych.

Postawiono hipotezę, że mniejszy absolutny rozrzut czasów transportu uzyskuje się dla większych prędkości transportu, co ma znacznie przy konstruowaniu siewników precyzyjnych, w których by zwiększyć precyzję wysiewu, należałoby stosować większe prędkości powietrza w pneumatycznych przewodach nasiennych.

## 4. Materiał i metody

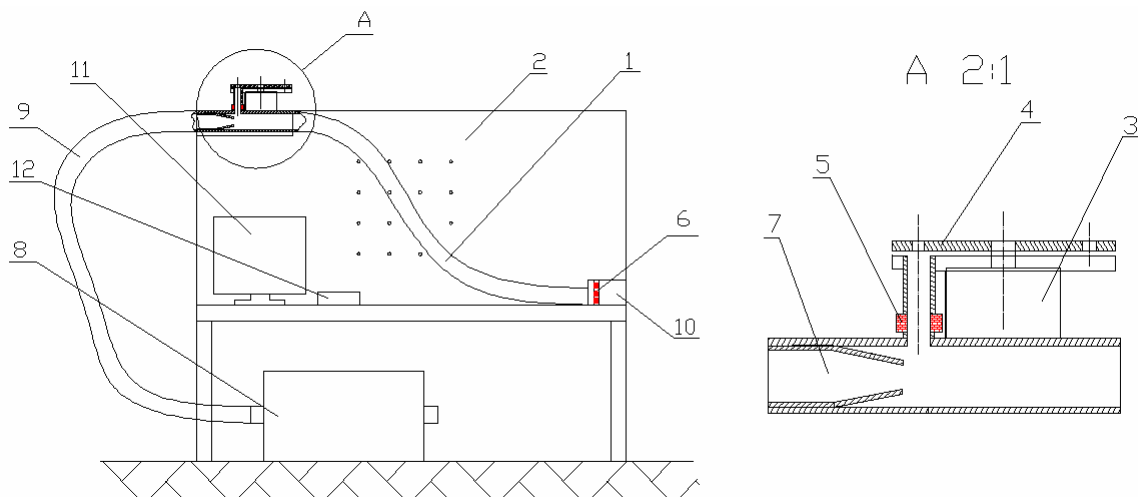
Badania przeprowadzono na ziarnie pszenicy zakupionej w poznańskiej Centrali Nasiennej. Przed rozpoczęciem badań wykonano pomiary ważniejszych parametrów tego materiału w szczególności masę, rozmiary i wilgotność nasion, które mogłyby mieć wpływ na przebieg wykonywanych pomiarów.

Pomiar masy każdego z ziaren wykonano na wadze elektronicznej firmy RADWAG PS 1000/Y, ważącej z dokładnością do 0,01 g. W tym celu odliczono 200 nasion pobranych losowo i zważono je. Pomiar wilgotności ziarna został przeprowadzony na wago-suszarce RADWAG WPE/WS 30. W tym celu wykonano bezpośrednio przed pomiarem po 3 próbki rozdrobnionych w móżdżerzu nasion o masie ok. 30 g. Cały cykl pomiaru wilgotności tym urządzeniem przebiega automatycznie. Suszenie odbywało się w temperaturze 130°C. Wymiary gabarytowe ziaren zmierzono metodą fotogrametryczną za pomocą utworzonego w ZMR programu o nazwie *g a b a r* napisanego w środowisku Delhi. Fotografie ziarna wykonano za pomocą kamery cyfrowej o rozdzielczości 5 megapikseli w oświetleniu tylnym na specjalnym szklanym stoliku podświetlonym żarówkami halogenowymi. Jako wzorzec użyto krążek o średnicy 11 mm, umieszczony na fotografowanych płytkach z nasionami. Jako pierwszy mierzony obiekt jest zawsze wskazywany obraz wzorca, co pozwala na automatyczne wyskalowanie obrazów nasion według znanego wymiaru tego wzorca. Wyniki obliczeń są umieszczone w pliku dyskowym i podane obróbcie statystycznej, polegającej na obliczeniu wartości średniej i średniego odchylenia kwadratowego wymiarów nasion. W wyniku przeprowadzonych pomiarów ustalono następującą charakterystykę materiału:

- średnia masa ziaren:  $0,038 \pm 0,008$  g,
- wilgotność: 6,4%,
- długość ziaren:  $6,01 \pm 0,5$  mm,
- szerokość ziaren:  $3,04 \pm 0,38$  mm.

Badania przeprowadzono na specjalnie zbudowanym do tego celu stanowisku, którego schemat ukazano na rys. 1. W skład stanowiska wchodzi wentylator zasilający (8) wytwarzający w przewodzie nasiennym strumień powietrza o prędkości regulowanej w zakresie od 0 do 25 m/s, połączony za pośrednictwem przewodu elastycznego (9) z zespołem dozującym (A). W skład zespołu dozującego (A) wchodzi: silnik krokowy (3), tarcza z przelotowymi otworami o osi pionowej, dozująca nasiona (4), mogąca pomieścić 18 ziaren, początkowy czujnik przepływu ziarna (5) oraz eżektor (7). Do zespołu dozującego (A) przymocowany jest wymienny, elastyczny przewód nasienny o zmiennej długości i konfiguracji, na którego końcu znajduje się drugi czujnik przepływu ziarna (6). Ziarna wylatujące z końca przewodu są gromadzone w specjalnym ażurowym pojemniku zbiorczym (10). Prędkość powietrza w przewodzie była regulowana poprzez zmianę prędkości obrotowej silnika wentylatora, na podstawie pomiarów wykonywanych za pomocą anemometru turbinkowego ustawionego na wylocie przewodu nasiennego.

Czas transportu ziarna w przewodzie nasiennym mierzono za pomocą specjalnie do tego celu zaprojektowanego i wykonanego układu elektronicznego (12). Układ, oparty na mikrosterowniku ATMEL, uruchamia silnik krokowy napędzający tarczę podającą ziarna do przewodu nasiennego, po czym rozpoczyna pomiar czasu transportu ziarna. Pierwszy czujnik ziarna umieszczony na początku przewodu nasiennego uruchamia timer wchodzący w skład systemu.



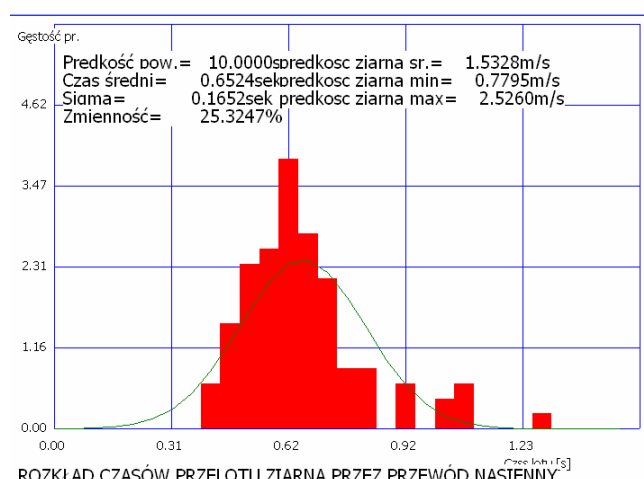
Rys. 1. Schemat stanowiska laboratoryjnego: 1 - przewód nasienny, 2 - płyta nośna 3 - silnik krokowy, 4 - płytka dozująca nasiona, 5 - początkowy czujnik przepływu ziarna, 6 - czujnik przepływu ziarna końcowy, 7 - eżektor, 8 - dmuchawa (wentylator), 9 - przewód powietrzny, 10 - ażurowy pojemnik, 11 - komputer, 12 - układ elektroniczny

Fig. 1. Scheme of the test bench: 1 - seed tube, 2 - plate bearing 3 - step motor, 4 - seed metering plate, 5 - initial grain flow sensor, 6 - final grain flow sensor, 7 - ejector, 8 - blower (fan), 9 - air tube, 10 - openwork container, 11 - computer, 12 - electronics



Rys. 2. Fotografia stanowiska laboratoryjnego pomiaru czasu przepływu materiału ziarnistego w pneumatycznym przewodzie nasiennym

Fig. 2. Photo of the test bench of time measurement of granular material flow in pneumatic seed tube



Rys. 3. Histogram rozkładu i krzywa Gaussa wykreślona na podstawie wartości danych z pomiarów generowana przez program ANALIZATOR

Fig. 3. Histogram of the distribution and Gaussian curve plotted on the basis of the measurement data generated by the program ANALIZATOR

Timer ten jest zatrzymywany po odebraniu sygnału z czujnika zamontowanego na wylocie przewodu. Zmierzony z dokładnością do 1 mikrosekundy czas transportu jest następnie przekazywany do komputera nadrzędnego przez łącze RS232 i zapisywany do specjalnego pliku tekstowego za pomocą programu systemowego hyperterminal. Po napełnieniu płytki dozującej nasiona możliwe jest wykonanie kolejno 18 pomiarów. Każdą próbę powtarzano 100-krotnie. Jako zmienne niezależne w eksperymencie przyjęto:

- prędkość powietrza,
- długość i konfiguracja przewodu nasiennego.

Do pomiaru prędkości przepływającego powietrza użyto anemometru turbinowego Voltcraft BL-30 AN z dokładnością pomiaru 0,2 m/s. Prędkość powietrza w przewodzie nasiennym wybrano na podstawie wstępnych doświadczeń i ustalono na poziomie 10, 15, 20, 25 m/s. Natomiast długość przewodu nasiennego wzorowano na dostępnych siewnikach pneumatycznych i ustalono 3 długości (1; 1,5; 2 m). Do analizy uzyskanych danych, które zostały zapisane w plikach tekstowych użyto programu ANALIZATOR, napisanego w ZMR IMRiPS w środowisku RAD Delphi Embarcadero 2010 dla potrzeb opracowywania wyników badań doświadczalnych. Program ten przystosowany do badań związanych z tematem tej pracy. Program odczytuje pliki tekstowe z wynikami pomiarów i wykreśla histogramy empirycznego rozkładu czasów transportu ziarna oraz oblicza wszelkie możliwe parametry tego rozkładu, takie jak wartość średnia, wariancja, odchylenie standardowe czy wartość maksymalna i minimalna. Wyniki obliczeń są prezentowane na ekranie komputera w formie graficznej i zapisywane do plików tekstowych. Przykładowy wynik statystycznej obróbki danych pomiarowych tym programem ukazano na rys. 3. Na podstawie kilku plików zawierających wyniki pomiarów wykonywanych dla różnych wartości czynników niezależnych, takich jak np. prędkość powietrza, program wykreśla stosowne zależności empiryczne i oblicza parametry linii regresji. Po analizie wszystkich danych dla złożonej długości przewodu nasiennego program ANALIZATOR tworzy wykresy zależności prędkości transportowanego ziarna od prędkości powietrza, które widoczne są w wynikach eksperymentu.

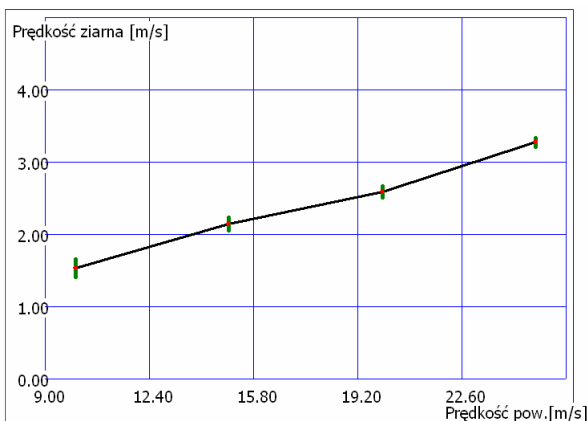
## 5. Wyniki badań

Wyniki pomiarów, uzyskane w trakcie każdej serii badań przy ustalonych wartościach zmiennych, poddawano obróbce statystycznej. Obliczono wartość średnią i odchylenie standardowe czasu transportu ziarna w serii 100 powtórzeń. Na ich podstawie obliczono wskaźnik rozrzutu wyników pomiarów przyjęty jako współczynnik zmienności wyrażony stosunkiem średniego odchylenia kwadratowego czasu transportu  $S$  do średniego czasu transportu  $X$ :

$$N = \frac{S}{\bar{X}_n} \cdot 100\%$$

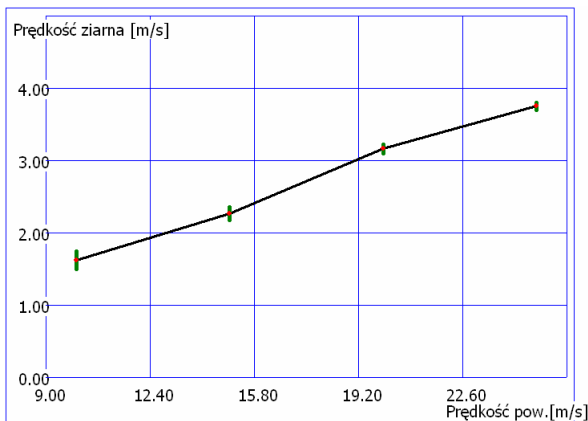
Na rys. 4-6 przedstawiono zależność pomiędzy prędkością powietrza w przewodzie nasiennym a średnią prędkością transportu ziarna. W punktach odpowiadających przyjętemu poziomowi zmiennej niezależnej naniesiono linie pionowe o długości równej odchyleniu standardowemu wartości oczekiwanej czasu transportu i ziarna. Z rys. 4 wynika, że podwyższenie prędkości przepływu powietrza w rurociągu transportowym sprzyja zmniejszeniu rozrzutu czasu transportu ziarna. Podobna prawidłowość występuje również dla pozostałych długości i konfiguracji przewodu nasiennego, co ukazano na rys. 5 i 6.

Uzyskane wyniki dla wszystkich trzech długości przewodu transportującego świadczą o nieznacznym wpływie długości przewodu na średnią prędkość transportu ziarna, która jest uzależniona głównie od prędkości powietrza. Zauważono, że istnieje znaczna różnica pomiędzy prędkością powietrza a prędkością ruchu ziarna w przewodach nasiennych dochodząca do ponad 20 m/s przy dużych prędkościach powietrza.



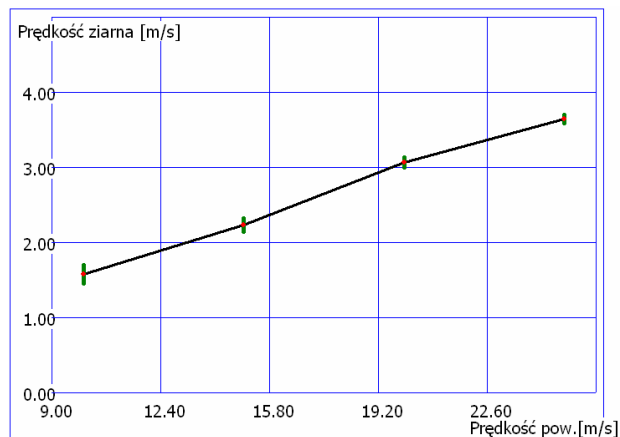
Rys. 4. Zależność prędkości ziarna od prędkości powietrza w przewodzie nasiennym o długości 1 m

Fig. 4. The dependence of the grain velocity on air velocity in seed tube of 1 m in length



Rys. 5. Zależność prędkości ziarna od prędkości powietrza w przewodzie nasiennym o długości 1,5 m

Fig. 5. The dependence of the grain velocity on air velocity in seed tube of 1,5 m in length



Rys. 6. Zależność prędkości ziarna od prędkości powietrza w przewodzie nasiennym o długości 2 m

Fig. 6. The dependence of the grain velocity on air velocity in seed tube of 2 m in length

## 6. Wnioski

Wraz ze zwiększeniem prędkości powietrza w przewodzie nasiennym rozrzut czasów transportu ziaren maleje. Wziąwszy pod uwagę fakt, że rozrzut czasu transportu zwiększa rozrzut odległości pomiędzy wysianymi ziarnami, a tym samym zmniejsza równomierność wysiewu, w siewnikach precyzyjnych należy stosować większe prędkości powietrza w przewodach nasiennych:

1. Można stwierdzić, iż prędkość ziarna zależy prawie liniowo od prędkości powietrza w przewodzie i jest kilkakrotnie mniejsza od prędkości powietrza transportującego.
2. Na podstawie przedstawionych wyników badań można stwierdzić, że średnia prędkość transportu ziarna w przewodzie nasiennym zależy głównie od prędkości powietrza, a wpływ długości przewodu nasiennego jest mniej istotny.
3. W przewodzie o długości 1 m prędkość ziarna przy prędkości powietrza 25 m/s jest mniejsza niż w przewodach o długości 1,5 i 2 m, co może być spowodowane długim czasem rozpędzania ziarna na początku przewodu.

## 7. Podsumowanie

Wyniki badań posłużą do walidacji wcześniej utworzonych modeli matematycznych i symulacyjnych. Wyniki badań mogą być wykorzystane w optymalizacji konstrukcji siewników pneumatycznych zbudowanych dla rolnictwa precyzyjnego z centralnymi zespołami dozującymi i pneumatycznym transportem materiału siewnego do redlic, jakie ostatnio pojawiły się na polskich i zagranicznych wystawach maszyn rolniczych. Wyniki będą także służyć pomocą podczas projektowania przenośników pneumatycznych do transportu ziarna i innych materiałów ziarnistych.

## 8. Bibliografia

- [1] Kogut Z.: Wskaźniki jakości wysiewu w ocenie pracy siewników rzędowych. Problemy Inżynierii Rolniczej, 1998, nr 3: 29-41.
- [2] Lipiński A.: Ocena równomierności podłużnej rzędowego siewu nasion pszenicy. Inżynieria Rolnicza, 2004, nr 4 (59), tom II: 61-67.
- [3] Kęska W.: Badanie i optymalizacja układu pneumatycznego siewników zbożowych mechaniczno-pneumatycznych. Poznań, PIMR-7259, 1993, ss. 14.
- [4] Kęska W., Kośmicki Z., Michalak D.: Przegląd konstrukcji siewników zbożowych z pneumatycznym rozdziałem i transportem ziarna. Prace PIMR, 1995, nr 1: 22-29.
- [5] Kęska W., Maciaszek H.: Problem optymalizacji konstrukcji układu pneumatycznego siewników rzędowych. Prace PIMR, 1994, nr 2: 17-21.
- [6] Maciaszek H., Piechocki K.: Badanie i optymalizacja układu pneumatycznego siewników zbożowych mechaniczno-pneumatycznych. Poznań, PIMR-7258, 1993, ss. 41.