

BADANIA LABORATORYJNE NAD ROZDZIAŁEM STRUMIENIA NASION W GŁOWICY SIEWNIKA PNEUMATYCZNEGO

Łukasz Gierz, Włodzimierz Kęska

Instytut Maszyn Roboczych i Pojazdów Samochodowych, Politechnika Poznańska

Streszczenie. W pracy zaprezentowano wyniki badań laboratoryjnych wpływu takich czynników jak prędkość przepływu powietrza, natężenie strumienia ziarna, kąt pochylenia głowicy rozdzielczej i rozmieszczenie pierścieni rozpraszających w dyfuzorze na nierównomierność rozdziału strumienia ziarna w głowicy siewnika. Głowica rozdzielcza została przebadana na specjalnie zaprojektowanym i wykonanym w Politechnice Poznańskiej stanowisku badawczym. Dane uzyskane z pomiarów mogą być wykorzystane do optymalizacji doboru parametrów geometrycznych systemu transportu i rozdziału strumienia ziarna w siewnikach pneumatycznych.

Słowa kluczowe: głowica rozdzielcza, dyfuzor, nierównomierność, strumień ziarna

Wprowadzenie

Do najwydajniejszych maszyn do siewu zbóż należą obecnie siewniki pneumatyczne z centralnymi zespołami dozującymi oraz pneumatycznym transportem i rozdziałem ziarna do redlic. Strumień ziarna podawany do głównego kanału transportu pneumatycznego jest następnie dzielony do przewodów nasiennych w rozdzielaczach dwu lub więcej drogowych [Kęska 1993; Szulc 2001].

Z założenia strumień ziarna transportowanego od zespołu dozującego przewodami nasiennymi do symetrycznej głowicy rozdzielczej powinien być dzielony na równe części. W rzeczywistości, na rozdział strumienia ziarna w głowicach rozdzielczych wpływają różne dodatkowe, poza przepływem samego powietrza, czynniki, m. in. takie jak zakrzywienia przewodów przed głowicą rozdzielczą i siły grawitacji, powodujące wzrost koncentracji strumienia ziarna po jednej ze stron przewodu nasiennego.

Dla konstruktorów siewników niezwykle istotne jest pytanie, od czego zależą uzyskiwane wartości wskaźników nierównomierności wysiewu i co należy zrobić, aby je poprawić [Kęska 1993]. Zagadnienie równomierności rozdziału strumienia ziarna w rozdzielaczach dwu- i wielodrogowych było już w przeszłości badane. W latach 80 ubiegłego wieku firma Nodet-Gougis wprowadziła na rynek siewnik SL 660 o szerokości roboczej 6 m, w którym zastosowano rozdzielacze dwudrogowe. W Polsce prace dotyczące rozdziału strumienia nasion w rozdzielaczu dwudrogowym były prowadzone w PIMR w latach dziewięćdziesiątych ubiegłego wieku. W ramach prac nad siewnikiem o dużej szerokości roboczej badano kilka modeli rozdzielaczy z różnymi elementami rozpraszającymi, a także

model rozdzielacza wzorcowego siewnika Nodet-Gougis SL 660 [Kęska, Kośmicki 1994]. Podobne badania nad rozdziałem strumienia ziarna w trójkątach prowadzono także na Politechnice Poznańskiej [Szkudelski 2010].

Ze względu na złożoność ruchu ziarna w przewodach transportu pneumatycznego dominują prace o charakterze czysto empirycznym. Pewne elementy matematycznego modelowania ruchu ziarna w głowicy rozdzielczej siewnika pneumatycznego zawiera praca [Kumar, Divaker, Durairaj 2000]. W pracy tej starano się wymodelować, metodą elementów skończonych, przepływ powietrza w głowicy rozdzielczej siewnika pneumatycznego. Model ten nie uwzględnia jednak ruchu strumienia ziaren, który jest inny niż ruch samego powietrza i zapewne bardziej skomplikowany.

Nie wszystkie zagadnienia zostały jednak w tych pracach dostatecznie wyjaśnione, a w szczególności niedostatecznie wyjaśniono tam wpływ takich czynników jak prędkość powietrza, natężenie strumienia ziarna czy rozmieszczenie elementów rozpraszających w dyfuzorze poprzedzającym głowicę rozdzielczą.

Autorzy w/w prac koncentrują się głównie na porównywaniu kształtów samych głowic rozdzielczych, tymczasem można postawić tezę, że o nierównomierności rozdziału ziarna w głowicy decyduje głównie pionowa rura dyfuzora, wyposażona w pierścieniowe przetłoczenia wymuszające rozproszenie strumienia ziarna na przekroju rury. Niniejszy temat został podjęty w ramach prac nad elektronicznie sterowanym systemem pneumatycznego wysiewu, celem rozszerzenia zakresu i weryfikacji wyników wcześniej podejmowanych badań.

Cel badań i problem badawczy

W ramach własnych badań przedstawiono wyniki pomiarów nierównomierności rozdziału wysianych nasion poprzez głowicę rozdzielczą zaprojektowaną i wykonaną na podstawie wykonanych wcześniej symulacji komputerowych.

Przyczyn nierównomiernego rozdziału strumienia ziarna w głowicy rozdzielczej pneumatycznego siewnika może być wiele. Trywialną przyczyną jest asymetria głowicy rozdzielczej wynikająca z błędów wykonawczych. Do nie trywialnych przyczyn należy zwiększenie koncentracji ziarna przy ścianie przewodu doprowadzającego ziarno do głowicy rozdzielczej – na skutek występowania łuków, działania sił grawitacji czy też sił elektrostatycznych. Równy podział strumienia ziarna uzyskuje się wtedy, gdy prawdopodobieństwo znalezienia się danego ziarna w dowolnym punkcie na przekroju króćca zasilającego głowicę rozdzielczą jest wyrównane. W takim przypadku, współczynnik zmienności dla rozkładu dwumianowego dotyczącego próby 30 000 ziaren wynosi ok. 0,3%, co oznacza, że losowe różnice w ilości nasion wpadających do poszczególnych gałęzi nie powinny przekraczać 1%. Większe różnice są zdeterminowane innymi – nie losowymi czynnikami.

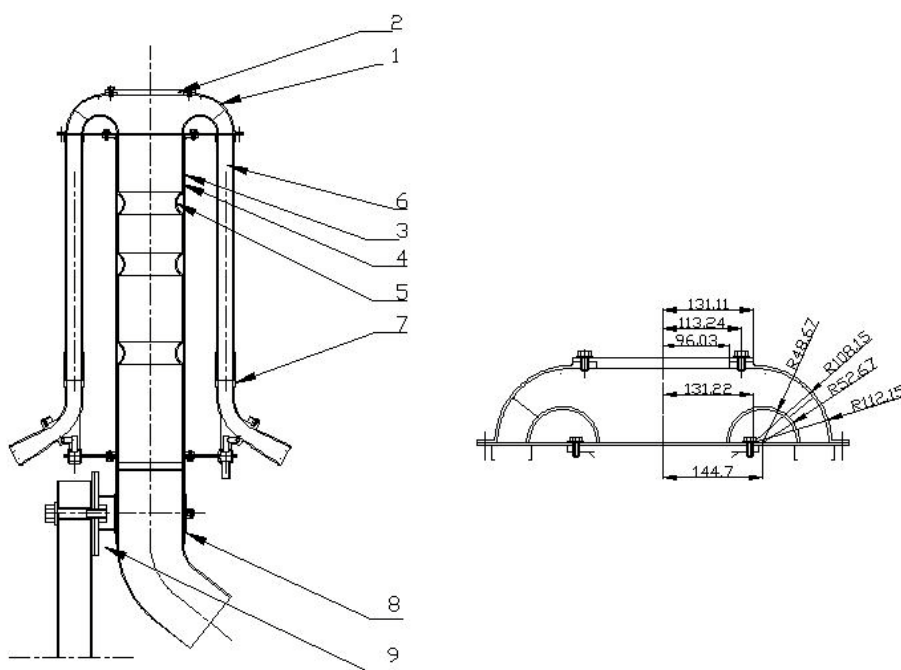
Aby rozproszyć ziarno równomiernie na całym przekroju przewodu, przed rozdzielaczem strumienia ziarna w głowicy umieszcza się specjalnie skonstruowany dyfuzor. W klasycznym siewniku pneumatycznym według patentu Weiste'a dyfuzor ten posiada pierścieniowe faliste przetłoczenia. Z literatury patentowej znane są też inne rozwiązania, np. w formie stożkowych występów lub łopatek. Geometria tego dyfuzora ma znaczny wpływ na równomierność podziału strumienia ziarna, w głowicy rozdzielczej.

Problem badawczy podejmowany w niniejszej pracy ujęto w formie następującego pytania: Jak na nierównomierność rozdziału ziarna w głowicy rozdzielczej o idealnie osiowo-symetrycznym kształcie wpływają takie czynniki jak:

- prędkość przepływu powietrza,
- natężenie strumienia ziarna,
- kąt pochylenia głowicy rozdzielczej,
- liczba i rozmieszczenie pierścieni rozpraszających w dyfuzorze.

Przedmiot badań

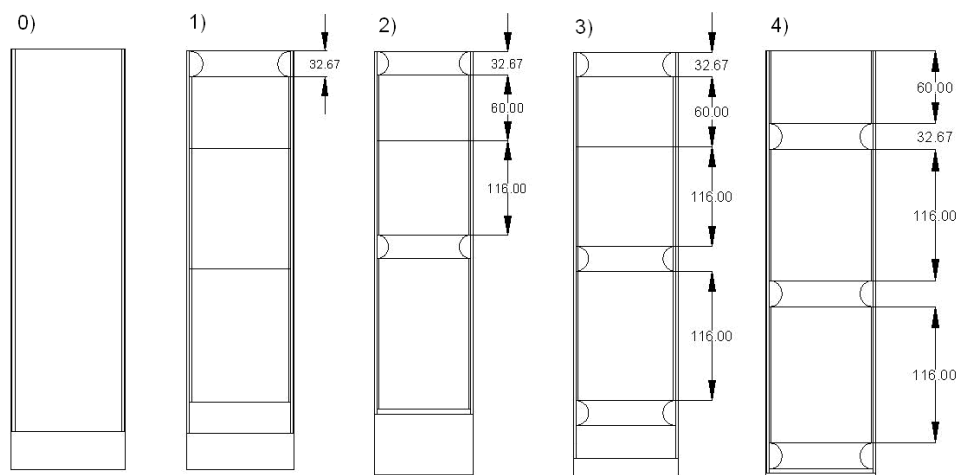
Przedmiotem badań była głowica rozdzielcza przeznaczona do rozdziału strumienia nasion na 16 symetrycznie rozmieszczonych na obwodzie głowicy króćców. Zespół głowicy rozdzielczej, której schemat oraz podstawowe wymiary przedstawiono na rysunku 1, składa się z kolana zasilającego (8), dyfuzora (3), pierścieniami rozpraszającymi (5) oraz kołnierzem rozdziału (2) umieszczonego na szczycie rozdzielacza.



Rys. 1. Schemat głowicy rozdzielczej i podstawowe jej wymiary. 1 - rozdzielacz strumienia, 2 - pokrywa, 3 - dyfuzor, 4 - tuleja dystansowa, 5 - pierścień rozpraszający, 6 - rura rozprędkowa, 7 - kolano pomiarowe, 8 - kolano zasilające, 9 - uchwyt.

Fig. 1. Diagram presenting the distribution cap and its basic dimensions. 1 - stream divider, 2 - cover, 3 - diffuser, 4 - spacer sleeve, 5 - diffuse ring, 6 - acceleration tube, 7 - measuring elbow, 8 - knee supply, 9 - holder

Jak można zauważyć na rys. 1 przed punktem rozdziału strumienia ziarna umieszczono dyfuzor w formie pionowo ustawionej rury, wyposażonej w pierścieniowe, półtoroidalne elementy rozpraszające. Badane konfiguracje rozmieszczenia pierścieni rozpraszających przedstawiono na rysunku 2. Głowica rozdzielcza, pierścienie rozpraszające, oraz kolana pomiarowe w kształcie pokazanym wyżej, zostały wykonane metodą Rapid Prototyping z tworzywa ABS w Przemysłowym Instytucie Maszyn Rolniczych w Poznaniu z dokładnością 0,1 mm.



Rys. 2. Konfiguracje dyfuzora
Fig.2. Diffuser configurations

Materiał i metody

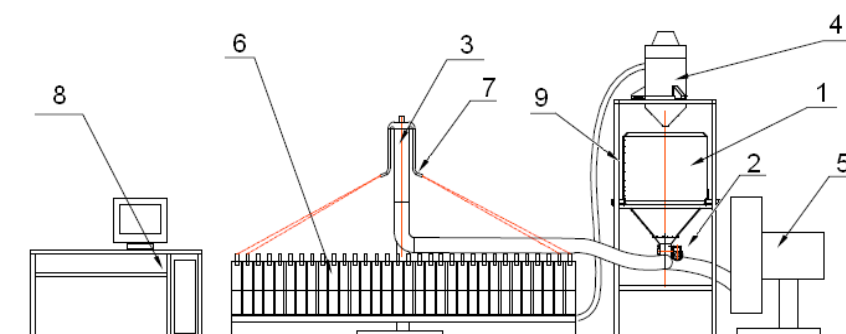
Badania przeprowadzono na specjalnie zbudowanym stanowisku którego schemat ukazano na rysunku 3. W skład stanowiska wchodzi wentylator zasilający (5) wytwarzający strumień powietrza o prędkości regulowanej w zakresie od 0 do $40 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, zespół dozujący (2), zbiornik ziarna z wagą tensometryczną (1), przewody elastyczne doprowadzające ziarno do badanej głowicy rozdzielczej (3).

Ziarno z szesnastu odgałęzień głowicy rozdzielczej gromadzone jest w specjalnej skrzyni zbiorczej (6). Następnie po wykonanym wysiewie ziarno ze skrzyni zbiorczej transportowano do zespołu ważącego za pośrednictwem układu ssącego, działającego na zasadzie cyklonu. Prędkość powietrza w przewodach była obliczana na podstawie pomiaru prędkości wpływającego czystego powietrza do kanału ssącego wentylatora.

Nierównomierność rozdziału mierzono ważąc porcje wysianego ziarna z poszczególnych komór skrzyni zbiorczej. Za miarę nierównomierności rozdziału przyjęto wyrażony procentowo stosunek średniego odchylenia kwadratowego mas ziarna wysianego przez poszczególne przewody nasienne do wartości średniej tych mas. Wskaźnik ten zmienia się

od zera (podział idealny) do 100%. Każdą próbę powtarzano pięciokrotnie. Jako zmienne niezależne w eksperymencie przyjęto:

- liczbę i rozstawienie pierścieni rozpraszających,
- prędkość powietrza,
- natężenie przepływu ziania (norma wysiewu),
kąt ustawienia głowicy rozdzielczej.



Rys. 3. Schemat stanowiska laboratoryjnego 1 - skrzynia nasienna z wagą tensometryczną, 2 - zespół dozujący, 3 - głowica rozdzielcza, 4 - blok automatycznego ważenia wysianych nasion, 5 - wentylator, 6 - skrzynia zbiorcza, 7 - blok liczników ziarna, 8 - komputer laboratoryjny z oprogramowaniem pomiarowym, 9 - rama nośna.

Fig. 3. Scheme of the test stand 1 - seed box with a weight load cells, 2 - dosing unit, 3 - distribution cap, 4 - block of the sowed seeds automatic weighing, 5 - fan, 6 - cumulative box, 7 - block of grain counters, 8 - computer with measurement software, 9 - frame bearer

Charakterystyka materiału badawczego

Obiektem badawczym było ziarno pszenicy zakupione w poznańskiej Centrali Nasiennnej. Przed rozpoczęciem badań wykonano pomiary ważniejszych parametrów tego materiału w szczególności rozmiary nasion i ich wilgotność, które mogły by mieć wpływ na przebieg wykonywanych pomiarów

Pomiar masy 1000 ziaren wykonano na wadze elektronicznej firmy RADWAG PS 1000/Y, ważącej z dokładnością do 0,01 g. W tym celu odliczono 10 próbek po 100 nasion pobranych losowo i obliczono średnią masę 100 ziaren. Pomiar wilgotności ziarna używanego podczas pomiaru został przeprowadzony na wago-suszarce RADWAG WPE/WS 30. W tym celu wykonano bezpośrednio przed pomiarem po 3 próbki rozdrobnionych w młynku nasion. 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 *gabar* napisanego w środowisku Delhi. Zdjęcia ziarna wykonano za pomocą kamery cyfrowej o rozdzielczości 5 megapikseli w oświetleniu tylnym na specjalnym szklanym stoliku podświetlonym żarówkami halogenowymi. Jako wzorzec długości użyto krążek o średnicy 11 mm, umieszczony na fotografowanych płytkach z nasionami. Jako pierwszy mierzony obiekt jest zawsze wskazywany obraz wzorca, co pozwala na automa-

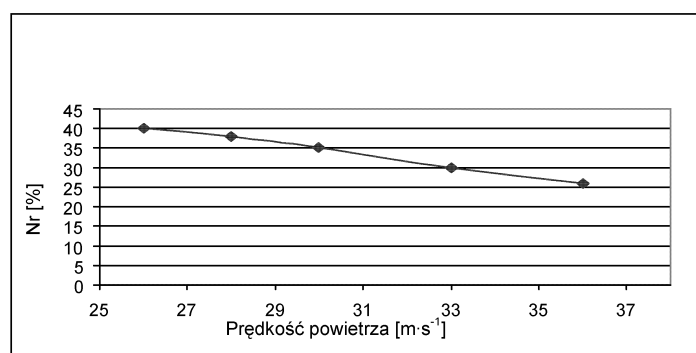
tyczne wyskalowanie obrazów nasion według znanego wymiaru tegoż wzorca. Wyniki obliczeń są umieszczane w pliku dyskowym i podane obróbce statystycznej, polegającej na obliczeniu wartości średniej i średniego odchylenia kwadratowego wymiarów nasion. W wyniku przeprowadzonych pomiarów ustalono następującą charakterystykę materiału:

- masa 1000 ziaren: 42 g,
- wilgotność: 6,3%,
- długość ziaren: $6,13 \pm 0,5$ mm ,
- szerokość ziaren: $3,48 \pm 0,38$ mm.

Wyniki badań

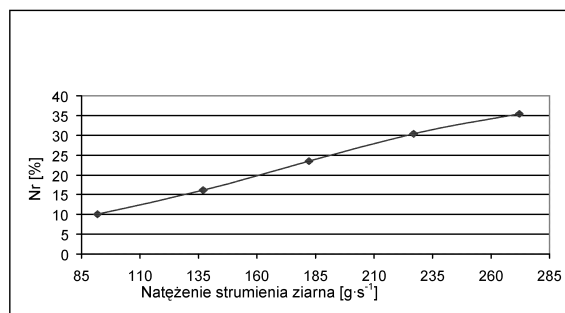
Niektóre, wybrane wyniki przeprowadzonych pomiarów przedstawiono na poniższych rysunkach. Z rysunku 4 wynika jednoznacznie, że podwyższenie prędkości przepływu powietrza w rurociągu transportowym sprzyja poprawieniu nierównomierności podziału. Po przeanalizowaniu rysunku 5 możemy wywnioskować, iż zwiększenie natężenia strumienia ziarna powoduje pogorszenie współczynnika nierównomierności poprzecznej wysiewu. Zależność współczynnika nierównomierności poprzecznej od konfiguracji pierścieni rozpraszających przedstawiono na rysunku 6. Po przeprowadzonych badaniach wpływu konfiguracji pierścieni rozpraszających na nierównomierność rozdziału ziarna możemy stwierdzić, że najmniejszą wartość wskaźnika nierównomierności rozdziału – na poziomie 5% uzyskano dla konfiguracji pierścieni rozpraszających oznaczonej jako nr 4, charakteryzującej się równomiernym rozmieszczeniem trzech pierścieni na długości całego dyfuzora. Wyniki pomiarów wpływu pochyleń głowicy rozdzielczej na nierównomierność rozdziału ziarna dla konfiguracji pierścieni rozpraszających nr 4 przedstawiono na rysunku 7.

Na rysunku numer 7 widoczny jest znaczny wpływ pochyleń głowicy rozdzielczej na równomierność rozdziału ziarna.



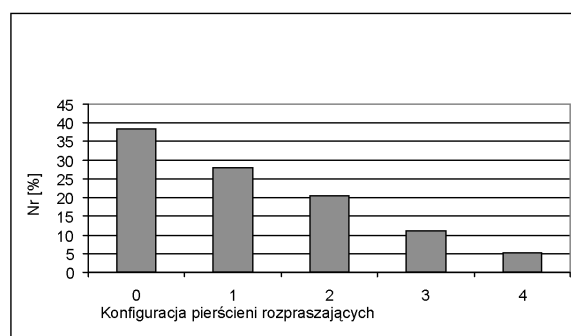
Rys.4. Wpływ prędkości powietrza na nierównomierność rozdziału strumienia ziarna w głowicy siewnika dla konfiguracji bez pierścieni rozpraszających nr 0

Fig. 4. Effect of air velocity on non-uniform distribution of grain stream from the drill head for the diffuse rings configuration no 0



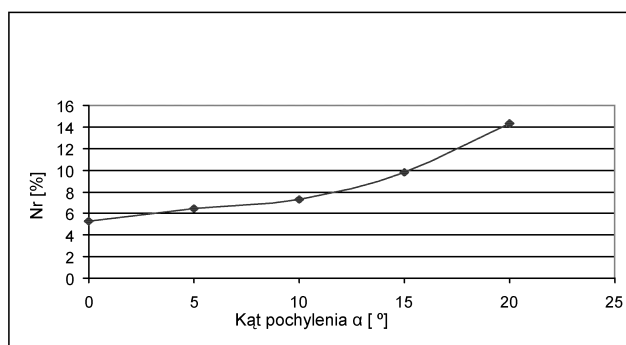
Rys. 5. Wpływ natężenia strumienia ziarna na nierównomierność rozdziału strumienia ziarna w głowicy siewnika dla konfiguracji pierścieni rozpraszających nr 2

Fig. 5. Influence of grain stream intensity on the non-uniform distribution of grain stream for the drill head of the diffuse rings configuration no 2



Rys. 6. Wpływ konfiguracji pierścieni rozpraszających na równomierność rozdziału strumienia ziarna w głowicy siewnika.

Fig. 6. Influence of diffuse rings configuration on the non-uniform distribution of grain-stream in the drill head



Rys. 7. Wpływ pochylecia głowicy rozdzielczej na nierównomierność rozdziału strumienia ziarna na pszenicy dla konfiguracji pierścieni rozpraszających nr 4

Fig. 7. Influence of distribution cap inclination on the non-uniform distribution of grain flow in the drill head of the diffuse rings configuration no 4

Wnioski

1. Potwierdzono silny wpływ prędkości powietrza na nierównomierność rozdziału ziarna w głowicy rozdzielczej. Spadek prędkości powietrza w kanałach pneumatycznych wyraźnie pogarsza poprzeczną nierównomierność wysiewu siewnika.
2. Podobny efekt jak prędkość przepływu powietrza wywiera wzrost natężenia przepływu ziarna (wzrost normy wysiewu), który, na ogół, powoduje pogorszenie nierównomierności rozdziału ziarna. Może to wynikać ze spadku prędkości powietrza, wywołanego większym jego obciążeniem transportowanym materiałem ziarnistym.
3. Bardzo duży wpływ na nierównomierność rozdziału ziarna ma liczba i rozmieszczenie pierścieni rozpraszających w pionowej rurze dyfuzyjnej głowicy rozdzielczej. Zauważono, że zastosowanie tych pierścieni jest bardziej efektywne w dolnym odcinku tej rury, w pobliżu kolana zasilającego. Rozdział ziarna w rurze gładkiej, czyli pozbawionej tych pierścieni (konfiguracja 0) jest, jak należało oczekiwać, bardzo nierównomierny.
4. Stwierdzono, że optymalna długość rury dyfuzyjnej i konfiguracji tych pierścieni może być ustalona jedynie na drodze obliczeń optymalizacyjnych, co wymaga dalszego rozwijania modeli matematycznych ruchu ziarna w kanałach pneumatycznych siewnika.
5. Przechył pionowej głowicy rozdzielczej ma istotny wpływ na rozdział ziarna w tej głowicy, stąd celowe może być zastosowanie nastawnej tarczy kierującej (deflektora), korygującego rozdział ziarna przy pracy siewnika na pochyłościach. W badaniach prowadzonych na pszenicy ustalono, że przechylenie głowicy w zakresie do 20°, może spowodować pogorszenie wskaźnika poprzecznej nierównomierności wysiewu z 5 do 14%.

Bibliografia

- Kumar V. J., Divaker C. Durairaj C.** 2000. Influence of Head Geometry on the butive Performance of Air assisted Seed Drills .J. agric. Engng Res. v.75. p. 81-95.
- Kęska W.** 1993. Badanie i optymalizacja Układu pneumatycznego siewników zbożowych mechaniczno-pneumatycznych. PIMR. Poznań.
- Kęska W., Kośmicki Z., Michalak D.** 1991. Przegląd konstrukcji siewników zbożowych z pneumatycznym rozdziałem i transportem ziarna. PIMR. Poznań.
- Kęska W., Kośmicki Z.** 1994. Problem optymalizacji konstrukcji układu pneumatycznego siewników rzędowych. PIMR. Poznań. Maszynopis.
- Maciaszek H., Piechocki K.** 1993. Badanie i optymalizacja układu pneumatycznego siewników zbożowych mechaniczno-pneumatycznych. PIMR. Poznań. Maszynopis.
- Szule T.** 2001. Główne kierunki rozwoju siewników zbożowych. PIMR. Poznań.
- Szkudelski Sz.** 2010. Badania laboratoryjne rozdziału ziarna w trójnikach. Praca Magisterska. Politechnika Poznańska. Maszynopis.

LABORATORY TESTS ON SEED STREAM DISTRIBUTION IN THE PNEUMATIC SEED DRILL HEAD

Abstract. The study presents the results of laboratory tests on influence of the air velocity, grain stream intensity, head tilt panel and arrangement of the diffuser rings on non-uniformity of grain flow distribution in the drill head. Distribution cap was tested on a specially designed laboratory stand built in the Poznan University of Technology. Data obtained from the measurements can be used to optimize the selection of geometric parameters of the transport system and the distribution of grain flow in pneumatic drills.

Key words: distribution cap, diffuser, non-uniform distribution, grain stream

Adres do korespondencji

Łukasz Gierz: lukasz.gierz@doctorate.put.poznan.pl
Instytut Maszyn Roboczych i Pojazdów Samochodowych
Politechnika Poznańska
ul. Piotrowo 3
60-965 Poznań