

## WPŁYW WYBRANYCH PARAMETRÓW STRUMIENIA POWIETRZA NA ROZKŁAD PRZESIEWANEJ MASY ZBOŻOWEJ

Jerzy Bieniek, Jan Banasiak, Piotr Komarnicki

*Instytut Inżynierii Rolniczej, Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu*

**Streszczenie.** W artykule przedstawiono wyniki badań wpływu wybranych parametrów strumienia powietrza na skuteczność przesiewalności sita w warunkach niekorzystnego rozkładu masy zbożowej pojawiającego się podczas pracy separatora w nachyleniu. Zastosowanie wielokierunkowego strumienia powietrza poprawiło skuteczność pracy separatora sitowego.

**Słowa kluczowe:** strumień powietrza, sito żaluzjowe, zespół czyszczący, przesiewanie, masa zbożowa

### Wstęp i cel badań

Kompleksowe badania kombajnów przy zbiorze zbóż na terenach nachylonych wykazały, że największe przyzbiorowe straty plonu powodowane są utrudnieniami w funkcjonowaniu zespołu separatora ziarna [Dreszer 2001; Maleř 1990]. Powszechnie stosowane separatory sitowo-aerodynamiczne funkcjonują prawidłowo podczas pracy w nachyleniu nieprzekraczającym 5°. W nachyleniu wyższym separatory te wykazują zdecydowanie gorszą skuteczność [Bieniek 2003; Banasiak i in. 2001]. Oddziaływanie siły grawitacji powoduje wtedy nierównomierne rozłożenie masy zbożowej na powierzchni sit.

W konsekwencji konwencjonalne układy sitowo-aerodynamiczne w wyniku miejscowego nagromadzenia się ziarna nie są w stanie zapewnić dostatecznego rozluźnienia masy i odwiania lekkich zanieczyszczeń. Powoduje to między innymi, miejscowe przekroczenie przepustowości zespołu separująco-czyszczącego oraz straty materiału celnego. Stosowane obecnie rozwiązania w nowoczesnych górskich kombajnach zbożowych poprawiają, co prawda skuteczność zespołu separatora w warunkach większego nachylenia, ale jednocześnie podrażają znacznie cenę takiej maszyny [Banasiak i in. 2003]. Najczęściej stosowanym rozwiązaniem konstrukcyjnym separatora aerodynamicznego w kombajnie do zbioru zbóż jest zastosowanie wentylatora promieniowego lub osiowo promieniowego kierującego strugę powietrza w kierunku wylotu kosza sitowego. Prostota konstrukcji pozostaje niewątpliwą zaletą tego układu. Wadą są znaczne pozaregulacyjne wahania skuteczności separacji. W kombajnach zbożowych bardzo często dochodzi do wahań prędkości strumienia powietrza, które wynikają z faktu zakłócenia zasilania wentylatora [Bieniek i in. 2006].

Przy zmianie oporów w układzie pneumatycznym (co może być spowodowane nierównomiernością podawania materiału ziarnistego), jak również podczas niestabilnych warunkami atmosferycznymi niekorzystnie zmienia się przebieg procesu rozdzielczego na powierzchni sit. W warunkach pracy kombajnów w terenach nachylonych szczególnego znaczenia nabiera zachowanie określonych relacji między skutecznością separacji aerodynamicznej a miejscowym obciążeniem powierzchni sita masą zbożową i prędkością jej przepływu po powierzchni sita. Wyznaczenie efektywności aerodynamicznej czyszczenia strumieniem powietrza w zespole czyszczącym należy poprzedzić szeregiem badań eksperymentalnych mających na celu ustalenie podstawowych charakterystyk strumieni aerodynamicznych obejmują one następujące parametry: prędkość strumienia, ciśnienie, wydatek, kierunek przepływu.

W związku z powyższym celem niniejszego opracowania jest przedstawienie wyników badań wpływu określonych parametrów strumienia powietrza na przesiewalność sita w warunkach niekorzystnego rozkładu masy zbożowej.

## Metodyka i zakres pracy

Publikacja obejmuje podstawowe charakterystyki strumienia aerodynamicznego, jako bazę poznawczą procesu separacji masy zbożowej w strudze powietrza, a w szczególności rozkład masy pod powierzchnią roboczą nachylonego sita żaluzjowego.

Badania przeprowadzono w trzech etapach dokonując pomiarów:

- prędkości strumienia powietrza w kanałach aerodynamicznych wykonano na podstawie pomiarów ciśnienia dynamicznego, określono wydatki dla poszczególnych nastaw wentylatora,
- rozkładu masy zbożowej pod powierzchnią roboczą sita dla różnych wydatków wentylatora bocznego (była to symulacja pracy zmodernizowanego układu czyszczącego kombajnu w terenie nachylonym),
- wyznaczono pola prędkości strumienia powietrza nad powierzchnią roboczą płaskiego sita żaluzjowego.

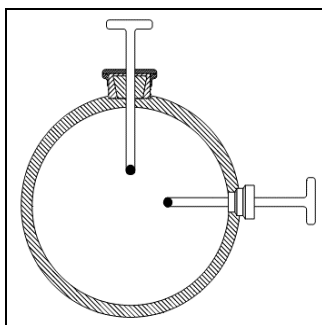
Do przeprowadzenia doświadczeń wykorzystano stanowisko badawcze zaprojektowane i wykonane w Instytucie Inżynierii Rolniczej Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu (rys. 1). Modelowy kosz sitowy stanowiska zachowuje w pełni relacje geometryczne w stosunku do sit stosowanych powszechnie w kombajnach zbożowym serii Bizon [Banasiak i in. 2003].

Stanowisko przechyłowe wyposażono w układ wspomagających bocznych dysz strumienia powietrza, który umożliwia uzyskanie odpowiedniej wielkości i siły strumienia aerodynamicznego kierowanego pod sito czyszczące.

Określanie parametrów strumienia powietrza w zespole czyszczącym przeprowadzono w kanałach wentylatora głównego (WG1) oraz bocznego (WB) w dwóch płaszczyznach (rys. 2) stosując obowiązującą normę PN-ISO 5221.



Rys. 1. Widok stanowiska badawczego z zespołem wielokierunkowego strumienia powietrza  
Fig. 1. View of a testing station with a multidirectional air stream unit



Rys. 2. Schemat rozmieszczenia sond pomiarowych podczas wyznaczania rozkładu strumienia wewnątrz kanału aerodynamicznego  
Fig. 2. Diagram showing the lay-out of measuring probes while determining stream distribution inside an aerodynamic channel

Pomiary ciśnienia dynamicznego wykonano dla 9 nastaw (WG1) oraz (WB), które następnie przeliczono na prędkości strumienia oraz jego wydatki.

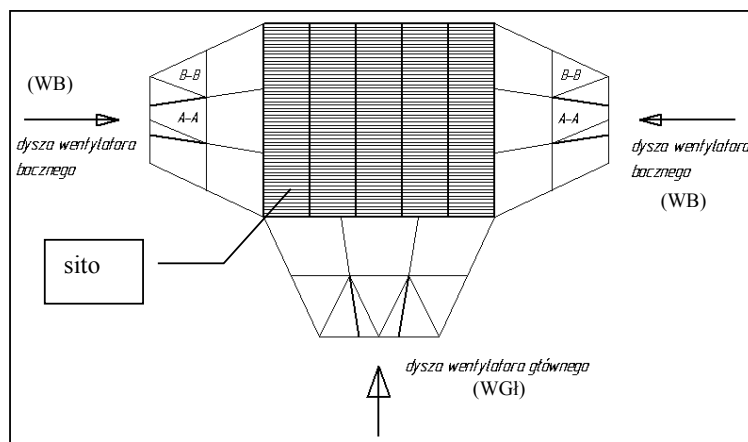
Badania rozkładu strumienia powietrza nad powierzchnią roboczą separatora żaluzjowego przeprowadzono w kilku konfiguracjach dla zadanych parametrów:

Parametry zmienne:

- wydatek wentylatora -  $Q_1, Q_2, Q_3, Q_4, Q_5$  [ $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ ],
- szczelina  $h = 4, 7, 10, 12$  [mm],
- dwa położenia kierownic A-A (na wprost), B-B (skierowany na bok).

Badania przeprowadzono dla następujących ustawień (rys. 3):

- włączony tylko wentylator główny WGł [ustawienie kierownic A-A oraz B-B] dla wydatków ( $Q_1, Q_2, Q_3, Q_4, Q_5$ ),
- włączony wentylator główny i boczny WGł [ustawienie kierownic A-A oraz B-B]( $Q_3$ )+WB [ustawienie kierownic A-A]( $Q_1, Q_2, Q_3, Q_4, Q_5$ ),
- włączony tylko WB [ustawienie kierownic A-A]( $Q_1, Q_2, Q_3, Q_4, Q_5$ ),
- włączone oba wentylatory boczne 2WB [ustawienie kierownic A-A oraz B-B] ( $Q_1, Q_2, Q_3, Q_4, Q_5$ ).



Rys. 3. Schemat ustawienia kierownic strumienia powietrza w dyszach: A-A – położenie kierownic na wprost, B-B –położenie kierownic skierowanych na bok

Fig. 3. Diagram showing set-up of air stream guides in nozzles: A-A – position of guides straight ahead, B-B – position of guides turned aside

Pomiary rozkładu strugi nad powierzchnią sita dokonano w 120 punktach pomiarowych przy użyciu anemometru skrzydełkowego Kestrel 4000 o zakresie pomiarowym od  $0,2-40[m\cdot s^{-1}]$  i dokładności  $\pm 3\%$  (rys. 4).



Rys. 4. Widok anemometru skrzydełkowego Kestrel 4000

Fig. 4. View of a Kestrel 4000 vane anemometer

Następnym etapem badań były pomiary wpływu bocznego strumienia powietrza na rozkład masy pod powierzchnią sita dla różnych wydatków wentylatora bocznego. Po uruchomieniu stanowiska masa zbożowa przesiewała się przez sito oraz poddana była działaniu strumienia powietrza a następnie spadała do rozmieszczonych pod koszem sitowym pięćdziesięciu pojemników pomiarowych (10 na każdą sekcję).

Warunki przeprowadzonych badań rozkładu masy były następujące: szczelina robocza wynosiła 7 mm (w kombajnach aktualnie eksploatowanych), boczne nachylenie kosza sitowego wynosiło  $\alpha=10^\circ$ , zasilanie sita strumieniem masy ziarna wynosiło  $3,5 \text{ kg}\cdot\text{s}^{-1}$ , dla włączonych wentylatorów: WGł oraz WGł + WB.

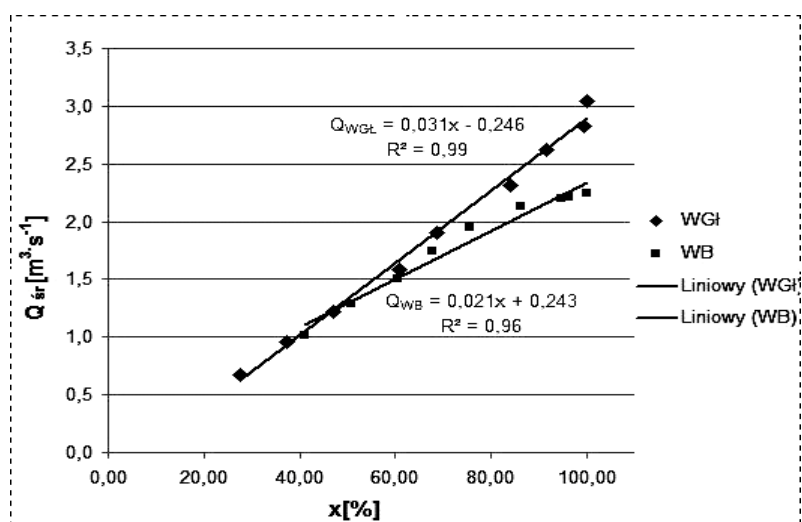
## Omówienie wyników badań

Na podstawie uzyskanych wyników badań strumienia powietrza w obu kanałach wentylatorów stwierdzono zbliżony-modelowy przebieg charakterystyk zarówno dla WGł (zależność 1) jak i WB (zależność 2) co przedstawiono na rysunku 5.

$$Q_{(WG\acute{L})\acute{s}r} = 0,031x - 0,246 \quad (1)$$

$$Q_{(WB)\acute{s}r} = 0,021x + 0,243 \quad (2)$$

Większy okazał się wydatek dla WGł i wzrósł on przy maksymalnym otwarciu przepustnicy do  $3,0 \text{ m}^3\cdot\text{s}^{-1}$ , natomiast przebieg WB był nieco niższy i maksimum osiągnął na poziomie  $2,2 \text{ m}^3\cdot\text{s}^{-1}$ .



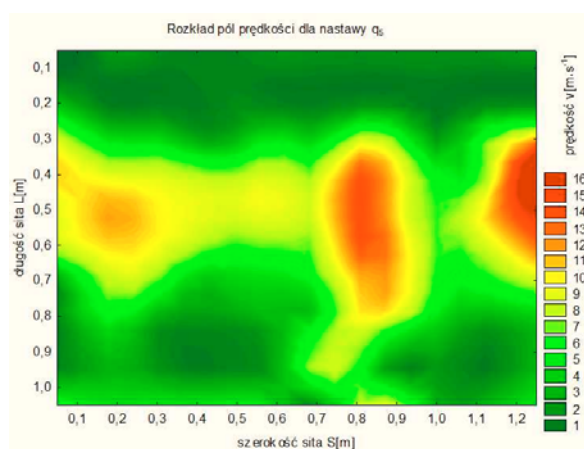
Rys. 5. Zależność średniego wydatku strumienia powietrza  $Q_{sr} \text{ m}^3\cdot\text{s}^{-1}$  dla wentylatora (WGł) oraz (WB), od stopnia otwarcia przepustnicy  $x$  [%]; gdzie  $R^2$  – współczynnik determinacji

Fig. 5. Relation between average air stream output [ $Q_{sr} \text{ m}^3\cdot\text{s}^{-1}$  for fans (WGł) and (WB)] and choke valve opening level  $x$  [%]; where  $R^2$  – determination coefficient

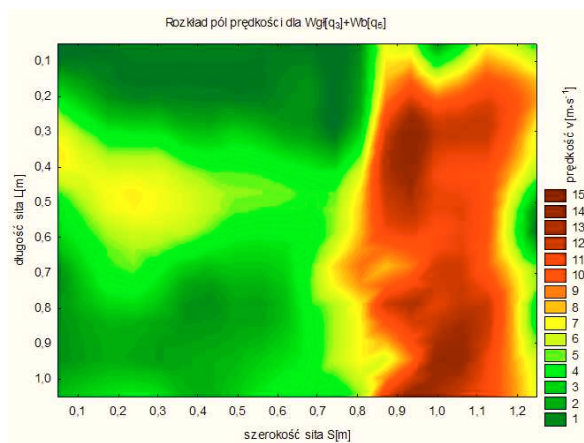
Na rysunku 6a i 6b zestawione zostały rozkłady strumienia powietrza nad powierzchnią roboczą sita żaluzjowego z zastosowaniem WGł oraz WGł+WB.

Analiza obrazów warstwicznych pól prędkości strumienia dla WGł wykazuje zwiększony jego udział i nierównomierny rozkład w środkowej strefie separatora, co ilustruje rysunek 6a. Rysunek 6b przedstawia korzystną zmianę rozkładu pola prędkości dla funkcjonalności separatora, gdyż zastosowanie wspomagającego bocznego strumienia WB, wywołało wzrost intensywności przepływu powietrza w pożądanej strefie roboczej sita gdzie występowało miejscowe przekroczenie przepustowości.

a)



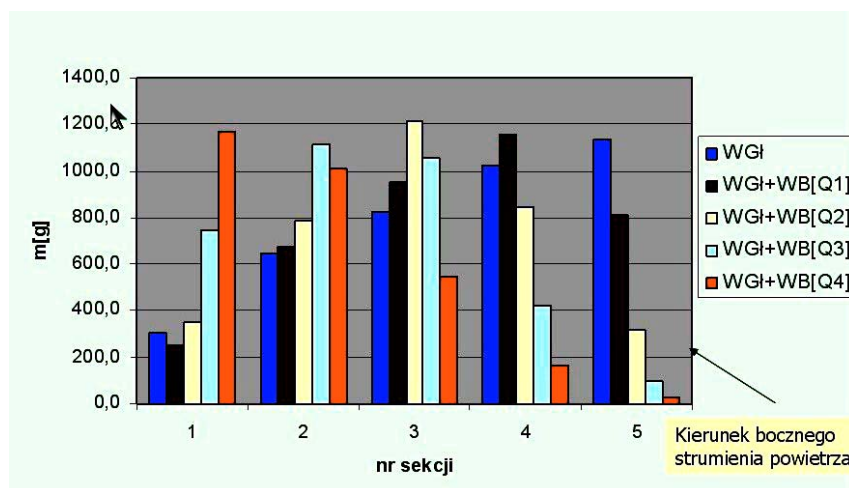
b)



Rys. 6. Rozkład pól prędkości strumienia powietrza nad powierzchnią separatora dla: a – pracującego wentylatora głównego (WGł), b – pracującego jednocześnie wentylatora głównego (WGł) oraz wentylatora bocznego (WB)

Fig. 6. Distribution of air stream speed fields over the separator surface for: a – main fan working alone (WGł), b – main fan (WGł) and side fan (WB) working at the same time

Z wykresu przedstawionego na rysunku 7 wynika, że brak zastosowania bocznego strumienia powietrza wywołuje grawitacyjne przesunięcie się masy zbożowej w kierunku niżej położonej strefy sita żaluzjowego.



Rys. 7. Rozkład masy zbożowej przesianej pod powierzchnią nachylonego sita żaluzjowego: Q<sub>1</sub>, Q<sub>2</sub>, Q<sub>3</sub>, Q<sub>4</sub> – wydatek wentylatora bocznego [m<sup>3</sup>·s<sup>-1</sup>]

Fig. 7. Distribution of grain mass screened under the surface of inclined shutter sieve: Q<sub>1</sub>, Q<sub>2</sub>, Q<sub>3</sub>, Q<sub>4</sub> – side fan output [m<sup>3</sup>·s<sup>-1</sup>]

W miarę wzrostu bocznego nadmuchu zwiększa się udział masy w wyżej położonej części separatora, co zapewnia dłuższe przemieszczanie się masy po powierzchni sita oraz dłuższy kontakt ze strumieniem powietrza co zapobiega odkrywaniu obszaru roboczego przez masę zbożową.

## Podsumowanie

Na podstawie przeprowadzonej analizy badań eksperymentalnych można stwierdzić, że parametry strugi aerodynamicznej takie jak prędkość oraz wydatek mają znaczący wpływ na skuteczność oddziaływania tego strumienia na czyszczone ziarno. Im bardziej zbliżone są do siebie charakterystyki obu wentylatorów bocznych i głównego (przedniego) tym łatwiej jest wyznaczyć warunki regulacyjne dostosowywania strugi do zmieniających się obciążeń sita masą zbożową. Przy użyciu jednego głównego wentylatora dotychczasowe możliwości sterowania strumieniem powietrza ograniczały się do ściśle określonego kierunku, zgodnego z przepływem masy zbożowej. Wprowadzenie dodatkowego bocznego strumienia wywołuje korzystną zmianę rozkładu prędkości strugi względem powierzchni sita. Powoduje to układ o zwiększonym udziale przepływu powietrza w obszarze zwiększonego obciążenia separatora sitowego masą zbożową.

Wyniki badań eksperymentalnych wykazały, że zastosowanie dwóch strumieni powietrza przedniego i bocznego skutkowało lepszym rozkładem przesiewanej masy na powierzchni nachylonego sita poprzez przesunięcie jej na wyżej położone obszary sita i poprawiało równomierność fluidyzacji warstwy ziarna.

## Bibliografia

- Banasiak J., Bieniek J., Lewandowski B.** 2001. Wyniki czyszczenia ziarna pszenicy w symulowanych warunkach nachylenia sita sekcijnego. *Inżynieria Rolnicza* nr 12(32). s. 39-43.
- Banasiak J., Bieniek J., Lewandowski B.** 2003. Stanowisko do badania zespołów roboczych maszyn pracujących w warunkach zmiennego nachylenia. *Górnictwo Odkrywkowe*. 2-3. s. 18-21.
- Bieniek J.** 2003. Proces separacji ziarna zbóż na sicie daszkowym w zmiennych warunkach pracy. Rozprawa habilitacyjna Zeszyty Naukowe AR Wrocław. Rozprawy CXCVIII. nr 462.
- Bieniek J., Banasiak J., Komarnicki P.** 2006. Analiza porównawcza strumienia aerodynamicznego w kombajnie zbożowym w świetle koncepcji badawczej. *Inżynieria Rolnicza* 2(77). s. 119-127.
- Dreszer K.** 2001. Problem strat ziarna przy kombajnowym zbiorze zbóż na zboczach. *Inżynieria Rolnicza* 12 (32), Warszawa. s. 65-70.
- Maleř J.** 1990. A hillside harvester – thresher provided with transverse and longitudinal leveling systems. *Zemed. Techn.* 36, nr 3. s. 161-173.

## THE EFFECT OF SELECTED AIR STREAM PARAMETERS ON THE DISTRIBUTION OF SIEVED GRAIN MASS

**Summary.** The paper presents the results of a research carried out on the effect of selected air stream parameters on sieve screening efficiency in conditions of unfavourable grain mass distribution, which occurs while separator works at inclination. The use of multidirectional air stream allowed to improve sieve separator work efficiency.

**Key words:** air stream, shutter sieve, cleaning unit, screening, grain mass

### Adres do korespondencji:

Jerzy Bieniek; e-mail: bieniek@imr.ar.wroc.pl  
Zakład Eksploatacji Maszyn Rolniczych  
Instytut Inżynierii Rolniczej  
Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu  
ul. Chełmońskiego 37/41  
51-630 Wrocław