

*Jerzy Bieniek, Jan Banasiak, Piotr Komarnicki
Instytut Inżynierii Rolniczej,
Akademia Rolnicza we Wrocławiu*

ANALIZA PORÓWNAWCZA STRUMIENIA AERODYNAMICZNEGO W KOMBAJNIE ZBOŻOWYM W ŚWIEŁLE KONCEPCJI BADAWCZEJ

Streszczenie

W pracy przedstawiono wyniki badań prędkości strugi aerodynamicznej w kombajnie do zbioru zbóż BIZON Z-056 wykonanych dla symulacji jej parametrów w przewidywanym eksperymencie stanowiskowym. Dokonano przeglądu wyników badań nad rozkładem masy ziarnowej na sicie w różnych fazach ruchu roboczego maszyny. Przedstawiono koncepcję badań podstawowych i eksperymentalnych.

Słowa kluczowe: kombajn zbożowy, separacja ziarna, wentylator, strumień powietrza

Wprowadzenie

Rozwój konstrukcyjny kombajnów zbożowych ma na celu przede wszystkim zwiększenie ich wydajności oraz zmniejszenie strat ziarna. Stuletni rozwój konstrukcji tej maszyny zapewnił w chwili obecnej znaczną jej uniwersalność. Uniwersalność kombajnów do zbioru zbóż oznacza przede wszystkim możliwość użycia ich do zbioru różnych roślin, w różnych technologiach a także w terenie o różnym nachyleniu [Liska 1998; Banasiak i in. 2001]. Jakość pracy kombajnu jest określona dwoma parametrami czystością i stratami ziarna. Podczas gdy poprawa czystości ziarna w warunkach magazynowych jest możliwa to ograniczenie rosnących wraz z nachyleniem strat ziarna celnego jest wymogiem bezwzględny. Badania [Dreszer i in. 1998; Roszkowski 1989] wykazały, że przy pracy kombajnów w terenach nachylonych największe straty powodowane są niewłaściwą pracą zespołu czyszczącego. W efekcie zespół czyszczący zaczyna decydować o wydajności masowej kombajnu [Banasiak i in. 2001; Stelmaszczyk 1978]. Najczęściej stosowanym rozwiązaniem konstrukcyjnym separatora aerodynamicznego w kombajnie do zbioru zbóż jest zastosowanie wentylatora promieniowego lub osiowo

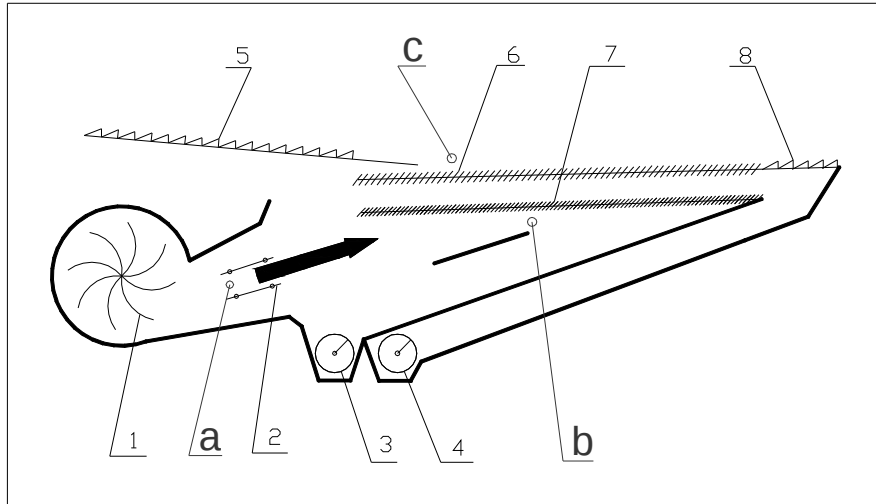
promieniowego kierującego strugę powietrza w kierunku wylotu kosza sitowego (rys. 1). Prostota konstrukcji pozostaje niewątpliwą zaletą tego układu. Wadą są znaczne pozaregulacyjne wahania skuteczności separacji. W kombajnach zbożowych bardzo często dochodzi do wahań prędkości strumienia powietrza, które wynikają z faktu, że zmniejszenie prędkości obrotowej silnika napędowego powoduje równoczesny spadek prędkości obrotowej wentylatora. W warunkach pracy kombajnów w terenach nachylonych szczególnego znaczenia nabiera zachowanie określonych relacji między skutecznością separacji aerodynamicznej a obciążeniem powierzchni sita masą zbożową i prędkością jej przepływu po powierzchni sita. W związku z tym w Instytucie Inżynierii Rolniczej Akademii Rolniczej we Wrocławiu podjęto kompleksowe prace nad modernizacją zespołu separacji ziarna w kombajnach o klasycznej konstrukcji, których celem jest osiągnięcie wysokiej skuteczności tego zespołu w warunkach nachylenia kombajnów zbożowych. Celem opracowania jest przedstawienie wstępnych wyników w zakresie badań podstawowych oraz koncepcji zmian konstrukcyjnych w zespole separatora sito-wo-aerodynamicznego kombajnu zbożowego.

Przebieg i metodyka badań

Wstępne prace zmierzające do przygotowania dysertacji doktorskiej przebiegały w następujących etapach:

- ocena parametrów strugi aerodynamicznej w kombajnie do zbioru zbóż o konstrukcji klasycznej,
- ocena rozkładu masy zbożowej na głównym sicie separatora,
- opracowanie koncepcji zmian konstrukcyjnych w zespole separatora,
- przygotowanie zastrzeżeń patentowych.

Ocenę parametrów strugi aerodynamicznej zrealizowano w kombajnie o klasycznej konstrukcji Bizon Z-056 dokonując pomiaru rozkładu prędkości strumienia powietrza w warunkach wypoziomowanego kosza sitowego. Dla symulacji przebiegu procesu separacji na stanowisku badawczym zainstalowano układ aerodynamiczny zbudowany z trzech poziomych dysz i wentylatora bębnowego WB 355. Wszystkich pomiarów dokonano w pięciu punktach rozmieszczonych względem szerokości kanału i sita, sondując w miejscach a, b, c (rys. 1).

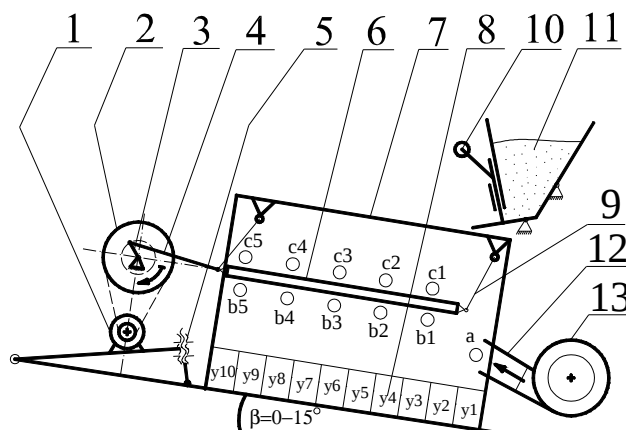


Rys. 1. Układ czyszczący w kombajnie Bizon Z-056 wraz z miejscami przeprowadzonych pomiarów: a – na wylocie, b – pod sitem, c – nad sitami, 1 – wentylator, 2 – kierownice strumienia powietrza, 3 – przenośnik ziarnowy, 4 – przenośnik kłosowy, 5 – podsiewacz, 6 – górne sito żaluzjowe, 7 – dolne sito żaluzjowe, 8 – sito kłosowe

Fig. 1. Clearing assembly in Bizon Z-056 combine with investigated places: a – at the outlet, b – under sieve, c – above sieve, 1 – fan, 2 – flow of air guides, 3 – helical grain conveyor, 4 – ear conveyor, 5 – chaff riddle, 6 – upper shutter sieve, 7 – lower shutter sieve, 8 – ear sieve

Analogicznie pomiary wykonano na wypoziomowanym stanowisku badawczym, na którym odwzorowano uzyskane w kombajnie parametry poprzecznego rozkładu strugi uzupełniając je pomiarami wzdłuż biegu sita w pozycjach ($b_1...b_5$ i $c_1...c_5$). Schemat ideowy stanowiska badawczego wraz z miejscami pomiarów pokazano na rysunku 2.

Do badań strumienia powietrza wykorzystano anemometr oporowy AM-4204, którego zakres prędkości pomiarowych wynosił 0,2-20 m/s, rozdzielczość 0,1 m/s i dokładność $\pm(5\%+1d)$. W każdym punkcie pomiar został powtórzony 5 razy.

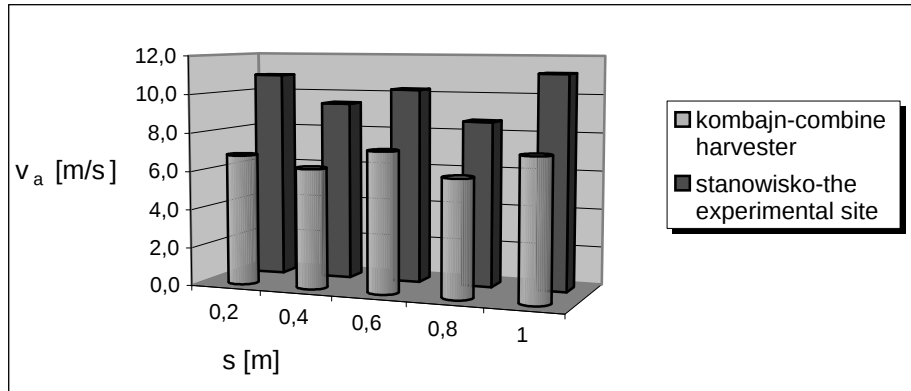


Rys. 2. Stanowisko badawcze: miejsca pomiarów a – na wylocie z wentylatora, (b₁...b₅) – pod sitem, (c₁...c₅) – nad sitem; 1 – silnik elektryczny, 2 – przekładnia pasowa, 3 – wał wykorbiony, 4 – targaniec, 5 – mechanizm napięcia przekładni, 6 – kosz sitowy, 7 – rama górna, 8 – strefy pomiarowe (Y₁, Y₂ ... Y₁₀), 9 – wahacz, 10 – zasuwa dozująca, 11 – zbiornik zasypowy, 12 – kierownica, 13 – wentylator

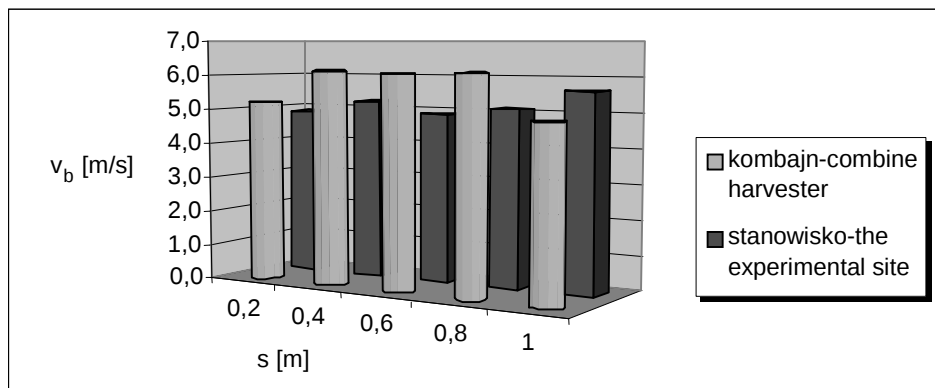
Fig. 2. Scheme of experimental stand: measuring points a – at the outlet fan, (b₁...b₅) – under sieve, (c₁...c₅) – above sieve; 1 – electric motor, 2 – belt transmission, 3 – crankshaft, 4 – pitman, 5 – belt tension mechanism, 6 – sieve basket, 7 – upper frame, 8 – measurements zone, 9 – rocker, 10 – batching bolt, 11 – dosing tank, 12 – guide, 13 – fan

Wyniki pomiarów

Wyniki pomiarów rozkładu prędkości wzdłuż poziomych kanałów wylotowych wentylatora kombajnu i wentylatora na stanowisku przedstawia rysunek 3. Wykonane w kanale wylotowym wentylatora kombajnu zbożowego pomiary wykazały dość znaczną nierównomierność prędkości emitowanej strugi (v_a), a równocześnie duże podobieństwo poprzecznego rozkładu strug wyemitowanych na stanowisku. Prędkości maksymalne strugi zmierzone na stanowisku (11,1 m/s) wyraźnie przekroczyły uzyskiwane w kombajnie (7,3 m/s) co zapewniało szeroki zakres regulacji tego parametru podczas stanowiskowej symulacji. Symulacja stanowiskowa aerodynamicznej strugi czyszczącej oparta została na dobraniu prędkości strumienia w kanale podsitowym (b). Dopasowanie prędkości strugi na stanowisku przy zadanym poziomie 5 m/s przedstawia rysunek 4. Jak widać rozkład strugi wyrównany w podstawowej mierze odwzorowuje opory przepływu na bocznych ścianach komory aspiracyjnej.



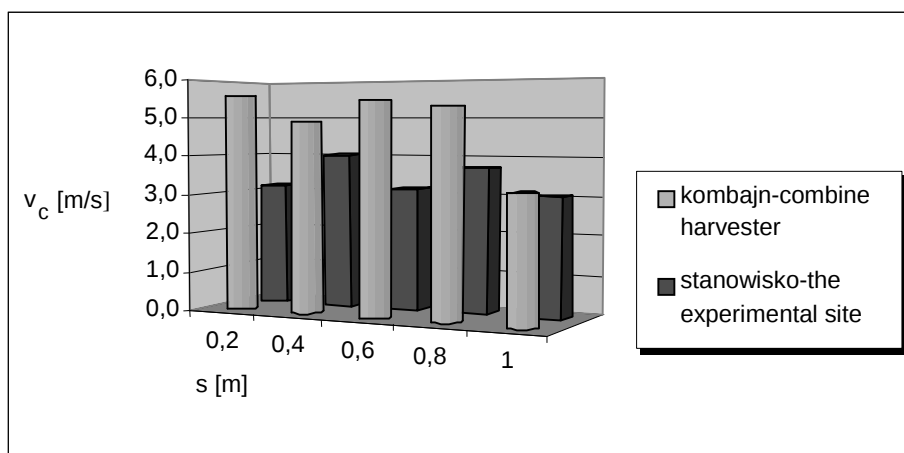
Rys. 3. Rozkłady prędkości strumienia powietrza na wylocie z kanału wentylatora: v_a – prędkość strumienia powietrza na wylocie [m/s]; s – szerokość sita [m]
 Fig. 3. Flow of air velocity distributions at the outlet duct of fan: v_a – velocity of air flow at the outlet [m/s]; s – width of sieve [m]



Rys. 4. Rozkłady prędkości strumienia powietrza pod powierzchnią sita w kombajnie zbożowym i na stanowisku; v_b – prędkość strumienia powietrza [m/s]; s – szerokość sita [m]
 Fig. 4. Flow of air velocity distributions under surface sieve for combine - harvester and stand; v_b – velocity of air flow [m/s]; s – width of sieve [m]

Elementem, który zakłóca równomierny rozptyw powietrza w komorze aspiracyjnej kombajnu jest sito. Uwidocznione jest to na rysunku 5, na którym podobnie jak na rysunku 3 występuje bardziej nieregularny rozkład strumienia powietrza. Spadek prędkości strumienia v_c jest momentami dość znaczący i odpowiednio dla

nastawy 4, przy odległości 1,0 m uzyskuje on wartość 5,6 m/s, a przy odległości 1,0 m wartość maleje do 3,2 m/s. Na podstawie wykresu widać, że sito spowodowało zakłócenia prędkości strumienia powietrza, które w konsekwencji spadło nawet o 2,4 m/s. Nad sitem daszkowym na stanowisku badawczym struga podobnie jak w kombajnie zbożowym doznaje zaburzeń, ale nie są one już tak nasilone. Dobrze to ukazuje rozkład na szerokości sita gdzie nierównomierność zmienia się od 3,2 m/s dla 0,2 m do 4,0 m/s dla 0,4 m.



Rys. 5. Rozkłady prędkości strumienia powietrza nad sitem nieobciążonym dla kombajnu zbożowego i dla stanowiska badawczego; v_c – prędkość strumienia powietrza [m/s]; s – szerokość sita [m]

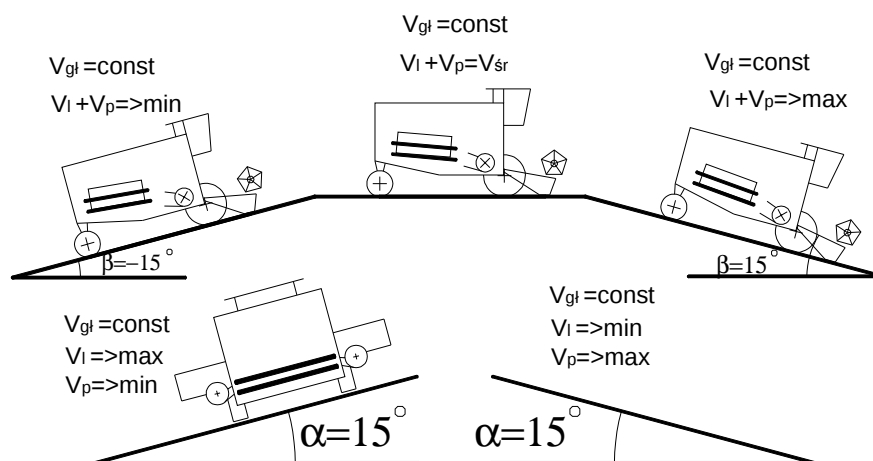
Fig. 5. Flow of air velocity distributions above unbiased sieve for combine - harvester and stand; v_c – velocity of air flow [m/s]; s – width of sieve [m]

Dyskusja wyników i podsumowanie

W sitowej strefie separatora mamy do czynienia z procesami czyszczenia aerodynamicznego i przesiewania masy zbożowej. Przyjmując, że wzrost fluidyzowania masy zbożowej poprawia skuteczność czyszczenia a równocześnie pogarsza sitowe przesiewanie ziarna co może skutkować wzrostem strat plonu w badaniach podstawowych przewiduje się:

- wyznaczenie wartości progowych siły aerodynamicznej dla zachowania równowagi między fluidyzacją (czyszczeniem) a przesiewem,
- określenie warunków równowagi procesowej w różnych strefach sita,
- określenie skutków separacji ziarna w warunkach zastosowania fluidyzacji pulsacyjnej.

W kombajnie do zbioru zbóż Bizon Z-056 struga aerodynamiczna mierzona w wylocie centralnego wentylatora promieniowego wykazuje charakterystyczną nierównomierność prędkości zanikającą w strefie podsitowej. Warunki te zachowane zostały na stanowisku badawczym. Utrzymywanie regulacyjnie stałych warunków pracy wentylatora nie spełnia jednak wymogów pracy kombajnów w warunkach terenów górzystych. Z okółkowego ruchu roboczego kombajnu w terenie górzystym wynika, że maszyna znajdować się może w czterech podstawowych pozycjach (rys. 6). Skutkuje to zmianami prędkości ruchu masy zbożowej na powierzchni rzeszota sitowego oraz zmianami jego obciążenia masą. Jak wynika z publikacji Banasiaka [2001] nachylenie kosza sitowego o 5° zarówno w kierunku poprzecznym jak i wzdłużnym powoduje pogorszenie warunków sitowo- powietrznego czyszczenia masy zbożowej, przy czym utrudnione warunki występują już podczas nachylenia symulującego jazdę w dół pochyłości.



Rys. 6. Schemat koncepcji przedstawiającej wspomaganie procesu separacji aerodynamicznej przy zastosowaniu wentylatorów bocznych

Fig. 6. The pattern of conception representing the aid of process of aerodynamic separation near use of side ventilators

Natomiast w warunkach symulacji nachylenia wzdłużnego „pod górę” zaobserwowano szczególnie wysokie straty ziarna w przedziale 8% do ponad 30% [Banasiak i in. 2004]. Dlatego też w konstrukcji kombajnów zbożowych przeznaczonych do pracy na pochyłościach należy postulować regulowanie strugi aerodynamicznej wzdłuż biegu sita. Przedstawione w literaturze wyniki badań upoważniają do stwierdzenia, że wartość i kierunek podania strugi powinien zmieniać się lub być

uksztaltowany w relacji do zmieniających się warunków obciążenia sita masą zbożową i występującego przyspieszenia. Proponuje się zastosować układy, które pozwolą regulować warunki separacji aerodynamicznej w relacji do przedstawionej pozycji (rys. 6) i kątów nachylenia podłoża. Jednym z nich może być zespół czyszczenia aerodynamicznego przedstawiony na rysunku 7a, które wspomagałyby proces czyszczenia ziarna w kombajnach do zbioru zbóż podczas pracy w przechyśle poprzecznym. Podział i ukierunkowanie strugi powietrza wychodzącej z centralnego wentylatora miałyby zapewnić wymaganą skuteczność czyszczenia pneumatycznego na najbardziej obciążonej masą zbożową powierzchni sita. Innym rozwiązaniem mógłby być system (rys. 7b), którego nowość polega na zastosowaniu dwóch dodatkowych wentylatorów zamocowanych na bocznych ścianach kombajnu zbożowego w taki sposób, aby kierowały strumień powietrza pod powierzchnię górnego sita żaluzjowego z możliwością regulacji jego skuteczności w relacji pozycji i nachylenia. Ocena skuteczności tych rozwiązań byłaby użytecznym celem przygotowywanej rozprawy doktorskiej.

Bibliografia

- Banasiak J., Bieniek J., Lewandowski B. 2001. Wyniki czyszczenia ziarna pszenicy w symulowanych warunkach nachylenia sita sekcijnego. *Inżynieria Rolnicza* nr 12, s. 39-43.
- Banasiak J., Bieniek J., Olszewska A. 2004. Wpływ ustawienia skrzydełek żaluzji na przesiewalność sita. *Inżynieria Rolnicza* nr 3, s. 61-67.
- Dreszer K., Gieroba J., Ukalski J. 1998. Kombajny zbożowe do pracy na terenach pochyłych. *Problemy Inżynierii Rolniczej* nr 1, s. 57-77.
- Liska M. 1998. Tendencje rozwojowe maszyn do zbioru zbóż. *Maszyny i Ciągniki Rolnicze* nr 5, s. 7-10.
- Roszkowski A. 1989. Kombajny zbożowe do pracy na zboczach. *Maszyny i Ciągniki Rolnicze* nr 11.
- Stelmaszczyk W. 1978. Przegląd zespołów czyszczących we współczesnych kombajnach zbożowych. *Maszyny i Ciągniki Rolnicze* nr 5 s. 25-29.

**THE COMPARATIVE ANALYSIS OF AERODYNAMIC STREAM
IN CEREAL COMBINES HARVESTER IN LIGHT
OF INVESTIGATIVE CONCEPTION**

Summary

The paper presents results research of velocity aerodynamic stream were introduced in combines harvester to the cereals gathering the BIZON Z -056 executed for simulation her parameters in founded post experiment. The review of results of investigations over schedule of grain mass was executed on sieve in different phaze of working movement of machine. The conception of experimental investigations was introduced.

Key words: combines harvester, separation of grain, fan, aerodynamic stream