

STOŻKOWY ROTACYJNY ZESPÓŁ CZYSZCZĄCY MATERIAŁÓW ZIARNISTYCH

*Kazimierz A. Dreszer*¹, *Krzysztof Gołacki*², *Zbigniew Krzysiak*²

¹ Katedra Maszynoznawstwa Rolniczego, Akademia Rolnicza w Lublinie

² Zakład Teorii Maszyn i Automatyki, Akademia Rolnicza w Lublinie

Wstęp

Zwiększenie przepustowości kombajnów zbożowych przy jednoczesnym ograniczeniu strat wydzielanego ziarna jest możliwe pod warunkiem zwiększenia efektywności i skuteczności działania zespołu czyszczącego. Nadzieje takie wiązano z zastąpieniem klasycznego układu czyszczącego, stożkowym rotacyjnym zespołem czyszczącym.

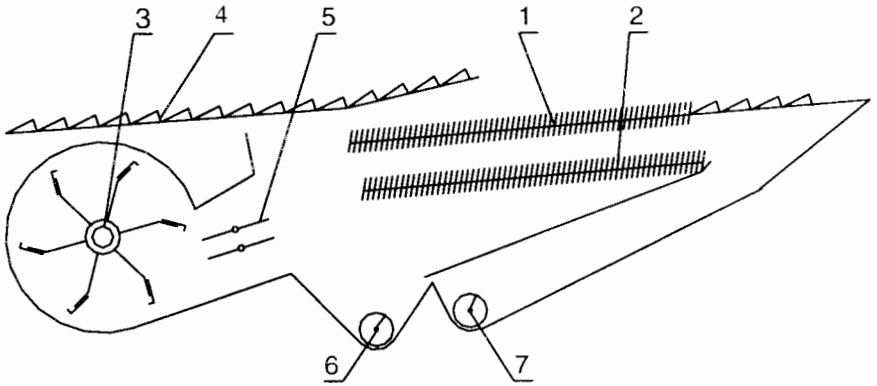
Ruch masy ziarnistej na typowych sitach cylindrycznych jest złożony i przez to trudny do opisu [KANAFIJSKI 1980; GROCHOWICZ 1994]. Z powyższych przyczyn problematyka czyszczenia i separacji ziarna na tego typu urządzeniach jest niechętnie podejmowana przez badaczy.

Na Wydziale Techniki Rolniczej AR w Lublinie zbudowano stanowisko badawcze, na którym zainstalowano stożkowy, rotacyjny zespół czyszczący. Zespół ten poddano badaniom stanowiskowym, celem których było określenie przydatności i funkcjonalności tego typu konstrukcji, jako układu czyszczącego przeznaczonego dla kombajnu zbożowego.

Układy czyszczące w kombajnach zbożowych

W tradycyjnych europejskich kombajnach zbożowych stosowanych jest szereg konstrukcyjnie odmiennych zespołów czyszczących [DRESZER, GIEROBA 1980, 1990; KRZYSIAK i in. 1998]. Zespoły te niezależnie od różnic konstrukcyjnych bazują na klasycznej czyszczalni zbudowanej ze schodkowego podsiewacza (4), układu sit (1 i 2) oraz wentylatora promieniowego (3) lub osiowego, rys. 1. W zależności od ilości, rodzaju, wilgotności i składu czyszczonej masy w układzie tym niezbędne jest stosowanie zmiany wydatku powietrza, którą to uzyskuje się przez bezstopniową zmianę obrotów wentylatora (3) lub przysłony dopływu powietrza.

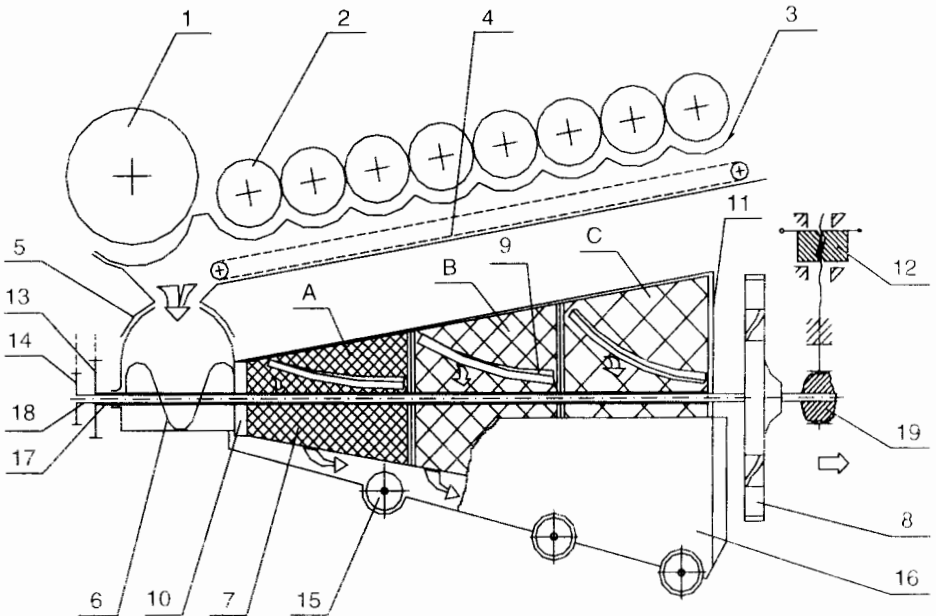
W innych wspomnianych rozwiązaniach układów czyszczących, zwiększenie wydajności i skuteczności czyszczenia uzyskiwane jest poprzez stosowanie dodatkowych urządzeń wspomagających pracę lub zwiększanie wymiarów sit. W obu przypadkach zwiększenie efektywności okupowane jest wzrostem jego gabarytów lub ceną.



- 1 – górne sito żaluzjowe; top shutter sieve
 2 – dolne sito żaluzjowe; bottom shutter sieve
 3 – wentylator tłoczący, promieniowy; centrifugal forcing fan
 4 – podsiewacz; grain pan
 5 – kierownice; guide vanes
 6 – przenośnik ziarnowy; grain conveyor
 7 – przenośnik kłosowy; ear conveyor

Rys. 1. Klasyczny zespół czyszczący
 Fig. 1. Typical construction of cleaning unit

Założono, że zwiększenie wydajności i skuteczności czyszczenia ziarna w kombajnie zbożowym da się uzyskać zastępując tradycyjny układ czyszczący rotacyjnym, stożkowym zespołem, pracującym według zasady jak na rys. 2.



- 1 – bęben młócający; threshing drum
- 2 – bęben separujący; separating drum
- 3 – klepisko; concave
- 4 – przenośnik taśmowy; belt conveyor
- 5 – kosz zasypowy; charging hopper
- 6 – przenośnik ślimakowy zasilający; feeding auger
- 7 – stożkowe sito; conical screen
- 8 – wentylator ssący; suction fan
- 9 – rynna zabierająca; collecting trough
- 10 – mniejszy otwór sita; smaller screen hole
- 11 – większy otwór sita; greater screen hole
- 12 – mechanizm podnoszący; hoisting mechanism
- 13 – koło pasowe; pulley
- 14 – koło napędowe wałka wentylatora; drive wheel of fan shaft
- 15 – przenośnik śrubowy; screw conveyor
- 16 – obudowa; housing
- 17 – wał napędowy bębna sitowego; drive shaft of sieve drum
- 18 – wałek wentylatora; fan shaft
- 19 – obejmą; clamping ring

Rys. 2. Schemat urządzenia służącego do czyszczenia ziarna [DRESZER, GIEROBA 1987] – Pat. Nr 137121/1987

Fig. 2. Scheme of grain separator [DRESZER, GIEROBA 1987] – Pat. Nr 137121/1987

Brak dostępnych badań zespołów pracujących według zasady jak na rys. 2, był dodatkową inspiracją dla autorów do podjęcia prac nad tego typu konstrukcją.

Cel i zakres pracy

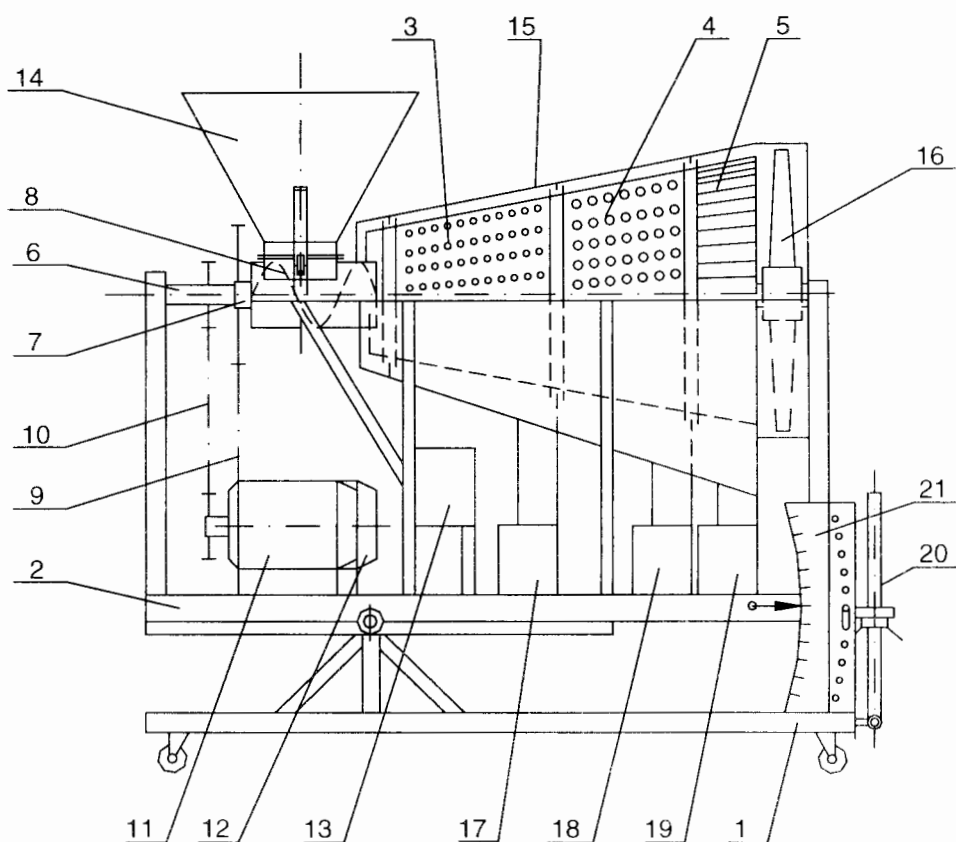
Celem badań było:

- określenie zakresu parametrów eksploatacyjnych urządzenia (prędkości obrotowych, kątów pochylenia itp.),
- określenie wydajności procesu czyszczenia,
- analiza skuteczności czyszczenia masy poomłotowej, przy różnym stopniu i rodzaju zanieczyszczeń,
- zbadanie funkcjonalności urządzenia (czy konstrukcja może być zastosowana w kombajnie zbożowym jako układ czyszczący).

Obiekt i warunki badań

Stożkowy zespół czyszczący (rys. 2), którego budowę szczegółowo przedstawił KRZYSIAK [1999], zainstalowano na stanowisku badawczym (rys. 3).

Budowa zespołu czyszczącego oraz warunki w jakich przeprowadzono eksperymenty spełniały wymagania niezbędne przy porównywalności wyników badań stanowiskowych z rzeczywistymi (zachowano podobieństwo: geometryczne, kinematyczne i dynamiczne), tab. 1.



- 1 – rama stała; stable frame
 2 – rama ruchoma; movable frame
 3 – segment piaskowy; sand segment
 4 – segment ziarnowy; grain segment
 5 – segment kłosowy; ear segment
 6 – wał napędowy wentylatora; drive shaft of ventilator
 7 – wał napędowy bębna sitowego; drive shaft of sieve drum
 8 – ślimak podający; auger
 9 – przekładnia łańcuchowa; chain transmission,
 10 – przekładnia pasowa; belt transmission,
 11 – silnik elektryczny do napędu wentylatora; electric engine to drive of ventilator
 12 – silnik elektryczny do napędu bębna sitowego; electric engine for sieve drum driving
 13 – układ sterujący pracą silników; steering arrangement work of engines
 14 – zbiornik zasypowy; charging tank
 15 – obudowa; casing
 16 – wentylator; ventilator
 17 – zbiornik drobnych zanieczyszczeń; impurities tank
 18 – zbiornik ziarnowy; grain tank
 19 – zbiornik kłosowy; ear tank
 20 – śruba regulacyjna; regulating screw
 21 – wskaźnik kąta pochylenia bębna sitowego; sieve drum inclination angle indicator

Rys. 3. Schemat ideowy stanowiska badawczego zespołu czyszczącego
 Fig. 3. Schematic diagram of the research post of the cleaning unit

Tabela 1; Table 1

Dane charakteryzujące warunki badań
Parameters which describe the experimental conditions

Parametr Parameter	Jednostka Unit of measure	Wartość; Value															
		5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70		
Prędkość obrotowa bębna sitowego; Rotational speed of sieve drum (n_b)	obr·min ⁻¹ r.p.m.	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70		
Prędkość obrotowa wentylatora Rotational speed of fan (n_w)	obr·min ⁻¹ r.p.m.	450		500		550		600		650		700					
Kąt pochylenia bębna sitowego Sieve drum inclination angle (β)	°	-5		-2,5		0		2,5		5		7,5					
Przepustowość zasilania Feeding capacity (q_i)	kg s ⁻¹	1,5															
Skład mieszanki (MI) Composition of mixture (MI) - ziarno pszenicy; grain of wheat - drobne zanieczyszczenia; small impurities - kłosa; ears - plewy i krótka słoma; chaffs and short straw	%							82,6		3,2		1,3		12,9			

Metodyka badań

Metodyka badań obejmowała:

- przygotowanie materiału (mieszanki) do badań,
- ustalenie parametrów pracy stożkowego zespołu sitowego (obrotów, kątów pochylenia),
- opracowanie wskaźników i współczynników oceny pracy zespołu czyszczącego,
- opracowanie wyników badań i ich interpretację.

Do badań użyto ziarna pszenicy odmiany 'Roma', które laboratoryjnie zanieczyszczano domieszkami, tworząc w ten sposób odpowiednią mieszankę MI, w rzeczywistości odpowiadającą składowi masy poomłotowej czyszczonej w kombajnie zbożowym (patrz tab. 1). Parametry pracy zespołu czyszczącego (obroty zespołu separującego i jego kąty pochylenia) ustalano w czasie badań wstępnych, kierując się zasadą zachowania ciągłości procesu czyszczenia.

Ocenę jakości pracy zespołu czyszczącego dokonano posługując się współczynnikami charakteryzującymi:

– wydzielanie:

$$W_i = \frac{m_i}{M_i}, \quad (1)$$

– całkowitą skuteczność czyszczenia:

$$E = \frac{m_b}{M_b} - \frac{m_a}{M_z}, \quad (2)$$

– wydajność czyszczenia:

$$q = \frac{m_z}{t_w} \quad (\text{kg} \cdot \text{s}^{-1}), \quad (3)$$

gdzie:

m_i – masa substancji wydzielonej po czyszczeniu ($i = d, z, k, p$), (kg), indeksy d, z, k, p odnoszą się odpowiednio do: drobnych zanieczyszczeń, ziarna, kłosów, plew i krótkiej słomy,

M_i – masa substancji zawartej w mieszaninie przed czyszczeniem ($i = d, z, k, p$), (kg),

m_a – masa ziarna w odpadzie (kg),

m_b – masa zanieczyszczeń w odpadzie (kg),

M_b – masa zanieczyszczeń w materiale wejściowym (kg),

M_z – masa ziarna w materiale wejściowym (kg),

m_z – masa ziarna wydzielonego w zbiorniku (kg),

t_w – czas wydzielania (s).

Uzyskane wyniki pomiarów opracowano metodami statystycznymi, zgodnie z metodologią badań naukowych [OKTABA 1979; PABIS 1985]. Następnie dla wybranych zależności, charakteryzujących pracę badanego zespołu, sporządzono grafikę (wykresy). Do sporządzania grafiki wykorzystano program STATISTICA 95.

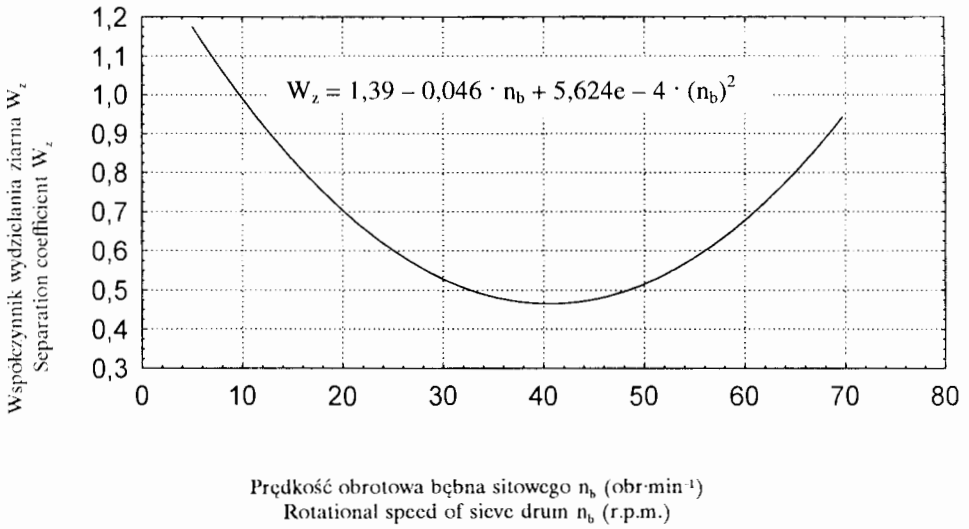
Wyniki badań i ich analiza

Przyjęte jako kryterium oceny pracy zespołu współczynniki (W_z, E, q) pozwoliły na trafną i obiektywną weryfikację zespołu. Stwierdzono, że największą efektywnością wydzielania ziarna $W_z = 1$ zespół osiągał przy $q_1 = 1,5 \text{ kg} \cdot \text{s}^{-1}$, $\beta = 0^\circ$, $n_b = 10 \text{ obr} \cdot \text{min}^{-1}$ i $n_w = 600 \text{ obr} \cdot \text{min}^{-1}$.

Charakterystykę zmian współczynnika wydzielania ziarna W_z przedstawiono na rys. 4.

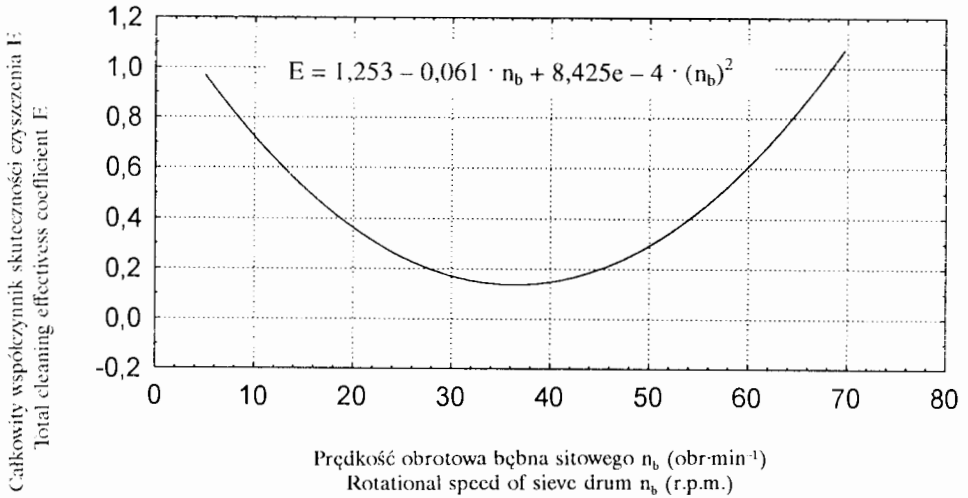
Najbardziej ogólnym i miarodajnym wskaźnikiem oceny pracy badanego zespołu okazał się całkowity współczynnik skuteczności czyszczenia E , rys. 5.

Analizując przebieg zmian $E = f(n_b)$ można stwierdzić, że badany zespół najlepszą skuteczność czyszczenia osiągnął w zakresie prędkości obrotowych bębna $n_b = 5\text{--}20 \text{ obr} \cdot \text{min}^{-1}$ i $n_b = 60\text{--}70 \text{ obr} \cdot \text{min}^{-1}$. Należy zatem w tych zakresach prędkości poszukiwać jej optymalnej wartości.



Rys. 4. Zmienność wartości współczynnika wydzielania W_z w funkcji prędkości obrotowej bębna sitowego n_b przy: $q_1 = 1,5 \text{ kg}\cdot\text{s}^{-1}$, $\beta = 0^\circ$, $n_w = 600 \text{ obr}\cdot\text{min}^{-1}$

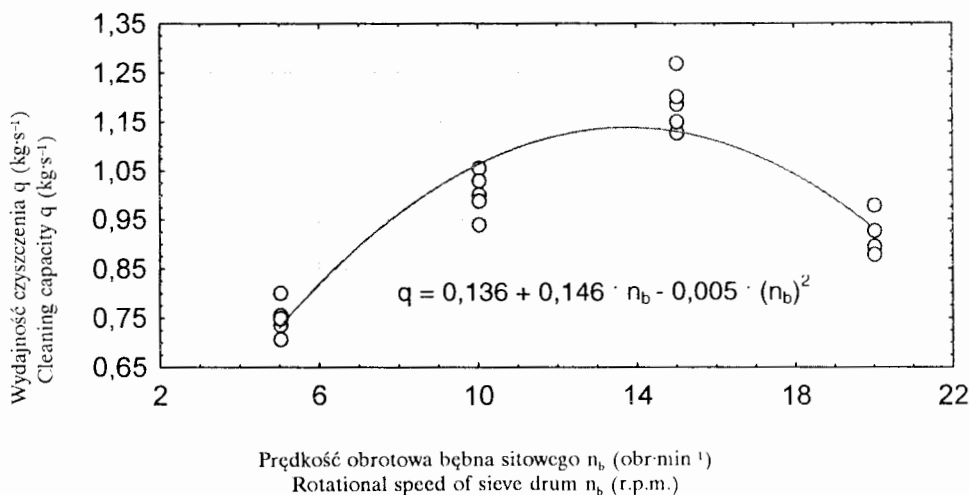
Fig. 4. Changeability of separation coefficient value W_z as a function of rotational speed of sieve drum n_b at: $q_1 = 1,5 \text{ kg}\cdot\text{s}^{-1}$, $\beta = 0^\circ$, $n_w = 600 \text{ r.p.m.}$



Rys. 5. Zmienność całkowitego współczynnika skuteczności czyszczenia E w funkcji prędkości obrotowej bębna sitowego n_b przy: $q_1 = 1,5 \text{ kg}\cdot\text{s}^{-1}$, $\beta = 0^\circ$, $n_w = 600 \text{ obr}\cdot\text{min}^{-1}$

Fig. 5. Changeability of total cleaning effectiveness coefficient E as a function of rotational speed of sieve drum n_b at: $q_1 = 1,5 \text{ kg}\cdot\text{s}^{-1}$, $\beta = 0^\circ$, $n_w = 600 \text{ r.p.m.}$

Z punktu widzenia możliwości zastosowania badanego zespołu w kombajnie zbożowym istotnym wskaźnikiem jest również wydajność czyszczenia q (rys. 6).



Rys. 6. Zależność wydajności czyszczenia q w funkcji prędkości obrotowej bębna sitowego n_b przy: $q_1 = 1,5 \text{ kg s}^{-1}$, $\beta = 0^\circ$, $n_w = 600 \text{ obr·min}^{-1}$

Fig. 6. Cleaning capacity q as a function of rotational speed of sieve drum n_b at: $q_1 = 1.5 \text{ kg s}^{-1}$, $\beta = 0^\circ$, $n_w = 600 \text{ r.p.m.}$

Przeprowadzone badania wykazały, że badany zespół najwyższą wydajność czyszczenia osiągał w zakresie prędkości obrotowych bębna sitowego $n_b = 14 \text{ obr·min}^{-1}$. Wydajność ta (przy zachowaniu innych dopuszczalnych wskaźników) nie przekraczała $q < 1,15 \text{ kg s}^{-1}$.

Podsumowanie

Przeprowadzone badania stożkowego zespołu czyszczącego wykazały, że konstrukcja ta nie spełnia wymagań, jakie stawia się układom czyszczącym nowoczesnych kombajnów zbożowych. Wymóg ten dotyczy szczególnie przepustowości (wydajności). Najkorzystniejsze wskaźniki pracy, stożkowy rotacyjny zespół czyszczący osiągał przy prędkościach obrotowych bębna sitowego $n_b = 5\text{--}20 \text{ obr·min}^{-1}$ i $n_b = 60\text{--}70 \text{ obr·min}^{-1}$, uzyskując przy tym wydajność w granicach $q = 1,25 \text{ kg s}^{-1}$.

Takie przepustowości układu czyszczącego deklasują go jako zespół przydatny dla kombajnu zbożowego nowej generacji. Może on natomiast być stosowany w innych maszynach czyszczących, np. stacjonarnych.

Literatura

DRESZER K., GIEROBA J. 1980. Nowe rozwiązania konstrukcyjne urządzeń czyszczących w kombajnach zbożowych. *Maszyny i Ciągniki Rolnicze* 7: 13–15.

DRESZER K., GIEROBA J. 1990. Nowe konstrukcje zespołów czyszczących w kombajnach zbożowych. *Maszyny i Ciągniki Rolnicze* 7–8: 8–9.

- DRESZER K., GIEROBA J. 1987. *Czyszczalnia ziarna zwłaszcza dla maszyn omlotowych i kombajnów zbożowych*. Patent Nr 137121, Warszawa.
- GROCHOWICZ J. 1994. *Maszyny do czyszczenia i sortowania nasion*. Wyd. AR w Lublinie: 327 ss.
- KANAFOJSKI C. 1980. *Teoria i konstrukcje maszyn rolniczych*. T. 2, Wyd. PWRiL, Warszawa: 546 ss.
- KRZYSIAK Z., GOŁACKI Z., DRESZER K. 1998. *Przegląd zespołów czyszczących kombajnów zbożowych*. Problemy Inżynierii Rolniczej 7: 43–54.
- KRZYSIAK Z. 1999. *Stożkowy rotacyjny zespół czyszczący dla kombajnu zbożowego*. Praca doktorska. Akademia Rolnicza w Lublinie.
- OKTABA W. 1979. *Elementy statystyki matematycznej i metody doświadczalnictwa*. PWN, Warszawa: 310 ss.
- PABIS S. 1985. *Metodologia i metody nauk empirycznych*. PWN, Warszawa: 267 ss.

Słowa kluczowe: rotacyjny zespół czyszczący, separacja, przepustowość

Streszczenie

Przedstawiono nową konstrukcję rotacyjnego zespołu czyszczącego, którego budowę oparto na sicie stożkowym. Zespół ten przeznaczony jest dla kombajnów zbożowych. Zamieszczono również wyniki badań stanowiskowych, charakteryzujących jakość pracy opisanego urządzenia (wydajność, zdolność separacji i zakresy parametrów roboczych).

CONICAL ROTARY CLEANING UNIT FOR CORN GRAIN

Kazimierz A. Dreszer¹, Krzysztof Gołacki², Zbigniew Krzysiak²

¹ Department of Farm Machinery, Agricultural University, Lublin

² Department of the Theory Machines and Automation,
Agricultural University, Lublin

Key words: rotary cleaning unit, separation, capacity

Summary

The investigations of conical rotary cleaning unit, showed that the construction tested does not comply with the requirements, made to separating sets of modern combine harvesters especially in respect to its capacity.

The best working factors of conical rotary separating unit were achieved at sieve drum rotational speed within the range of $n_b = 5-20$ (r.p.m.) and $n_b = 60-70$ (r.p.m.) and at capacity of $q = 1.25$ (kg s⁻¹).

Because of low flow capacity this separating unit can not be used in a new generation combine harvester. It can, however be used in other cleaning machines e.g. stationary.

Prof. dr hab. **Kazimierz A. Dreszer**
Katedra Maszynoznawstwa Rolniczego
Akademia Rolnicza
ul. Głęboka 28
20-612 LUBLIN