

## WPŁYW AUTOMATYCZNEJ REGULACJI ZESPOŁÓW ROBOCZYCH NA JAKOŚĆ PRACY KOMBAJNÓW ZBOŻOWYCH

Wojciech Tanaś, Paweł Zagajski

*Katedra Maszynoznawstwa Rolniczego, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie*

**Streszczenie.** W wyniku postępu technicznego do eksploatacji zostały wprowadzone kombajny zbożowe z automatyczną regulacją zespołów roboczych. Mając na uwadze problem jakości ziarna siewnego w artykule podjęto próbę przeprowadzenia analizy podstawowych procesów związanych ze zbiorem zbóż kombajnami z automatyczną regulacją zespołów roboczych. Artykuł zawiera również analizę porównawczą jakości pracy kombajnów z oraz bez automatycznej regulacji. Nie ulega wątpliwości, iż przeprowadzone analizy mogą przynieść wymierne efekty ekonomiczne i gospodarcze w wyniku ograniczenia strat ziarna, jak również uzyskania wyższych plonów.

**Słowa kluczowe:** kombajnowy zbiór, automatyczny system kontroli (ASK), niezawodność, jakość procesu technologicznego

### Wstęp

W wyniku wprowadzanie intensywnych odmian zbóż i nowych technologii upraw można zaobserwować znaczący wzrost plonów na jednostkę powierzchni. Dla przykładu plon ziarna pszenicy, wynoszący od 5 do 8 t z ha, uzyskiwany jest w wielu regionach świata. Zbiór tak wysokich plonów stawia przed techniką rolniczą określone wymagania, których spełnienie utrudnia stosunkowo krótki okres zbioru wynoszący 10-15 dni. Jak dotąd, realizację tych wymagań umożliwia powszechnie stosowanie kombajnów zbożowych zarówno do zbioru zbóż jak i innych roślin.

W konstrukcji kombajnów do zbioru zbóż przewidziano automatyczny system kontroli zespołów roboczych, które informują kombajnistę o odchyleniach od normy podstawowych technicznych i technologicznych parametrów kombajnu.

W warunkach polowej eksploatacji kombajnów zbożowych przeprowadzono badania umożliwiające ocenę wpływu systemu automatycznej kontroli i regulacji zespołów roboczych na ich niezawodność i jakość procesu technologicznego.

Układ Automatycznej Regulacji Kombajnu umożliwia pełną automatyczną regulację szczeliny na klepisku, obrotów dmuchawy, bębna młócającego i sit.

Funkcja automatycznej regulacji pozwala operatorowi wybrać jedno z kilkunastu fabrycznych ustawień dla różnych roślin. Po wybraniużądanego gatunku rośliny system automatycznie ustawi prędkość bębna młócającego, prędkość wentylatora czyszczącego, szczelinę omlotową, otwarcie sita wstępnego czyszczenia, głównego sita kłosowego oraz

ziarnowego. Operator dodatkowo może dostosować istniejące nastawy lub zaprogramować własne nastawienia.

## Metodyka badań

W celu określenia wpływu zdolności do pracy ASK na jakość procesu technologicznego omlotu zbóż przeprowadzono badania polowe.

Badania polowe przeprowadzane były w sezonie 2007-2009 w województwie lubelskim w SHR Ulhówek i Palikuje. Kombajnowy zbiór odbywał się z wykorzystaniem kombajnów czołowych światowych producentów (John Deere, New Holland) z oraz bez ASK.

Do badań wybrano dwie grupy kombajnów John Deere 2264, 1450 CWS oraz New Holland TC56. Pierwszą grupę stanowiły kombajny ze sprawnym automatycznym systemem kontroli i regulacji zespołów roboczych. Natomiast do drugiej grupy – bez lub z włączonym systemem automatycznej regulacji.

Kombajny w grupach wypracowały po 700-800 godzin pracy w porównywalnych warunkach eksploatacyjnych wykonywanych od początku eksploatacji.

Po opracowaniu wstępnych informacji z kilkuletnich obserwacji oceniono niezawodność eksploatacyjną kombajnów. Wyniki przedstawiono w tabeli 1.

W oparciu o przeprowadzone wyniki badań opracowany został uproszczony statystyczny model zbioru pszenicy kombajnem jak również graficzny przebieg procesu ASK zmiany prędkości roboczej w zależności od plonu i wilgotności ziarna.

## Wyniki badań

W poniższej tabeli przedstawione zostały wskaźniki niezawodnościowe pracy kombajnów.

Tabela 1. Wskaźniki niezawodności pracy kombajnów zbożowych  
Table 1. Indicators of reliability of work of combine-harvesters

Lp.	Wskaźnik	Wartości wskaźnika	
		z ASK	bez ASK
1.	Liczba kombajnów	3	3
2.	Sumaryczny czas pracy, [h]	465	459
	masa zebranego ziarna, [t]	7588	6326
	zebrana powierzchnia, [ha]	1116	930
3.	Liczba uszkodzeń	22	28
4.	Okres pracy między uszkodzeniami, [h]	21,1	16,4
5.	Średni czas naprawy, [h]	2,1	2,3
6.	Jednostkowy nakład pracy na określenie i naprawę uszkodzenia, [rbh]	0,62	0,85
7.	Współczynnik zdolności do pracy (gotowości)	0,72	0,66
8.	Jednostkowy koszt serwisu i napraw: [zł·h <sup>-1</sup> ]	160	225

Z tabeli 1 wynika, że kombajny wyposażone w ASK cechowała wyższa niezawodność w porównaniu z kombajnami bez ASK o 9%. Natomiast koszty jednostkowe serwisu i napraw w kombajnach z ASK były niższe o 40% w porównaniu z kombajnami bez ASK.

W trakcie badań określono straty ziarna i poziom jego uszkodzeń tabela 2.

Tabela 2. Straty i uszkodzenia ziarna podczas zbioru  
Table 2. Losses and damages of grains during the harvesting process

Lp.	Wskaźniki	Wartości wskaźników	
		Pszenica	Pszenżyto
1.	Zboże		
2.	Sposób zbioru	jednoetapowy	jednoetapowy
3.	Plon, [t·ha <sup>-1</sup> ]	4,8	6,4
4.	Stosunek masy ziarna do masy słomy	1:1,45	1:1,27
5.	Wilgotność ziarna, [%]	16	15
6.	Wilgotność słomy, [%]	17	16
7.	Zachwaszczenie łąnu, [%]	5	6
8.	Stan wyległości - łąnu, [%]	10	7
9.	Liczba kombajnów		
	- z ASK	3	2
	- bez ASK	3	2
10.	Średni poziom strat ziarna za kombajnem, [%]		
	- z ASK	2	2,2
	- bez ASK	2,4	2,6
11.	Średni poziom uszkodzeń ziarna, [%]		
	- z ASK	1,4	1,8
	- bez ASK	2,2	2,6

Z analizy danych tabeli 2 wynika, że w kombajnach z ASK średni poziom strat ziarna wyniósł 2,1% a poziom jego uszkodzeń 1,6%. Wartość tych wskaźników kombajnów bez ASK była wyższa i wyniosła odpowiednio: straty 2,5% zespołów uszkodzenia 2,4%.

Do oceny wpływu ASK na efektywność pracy kombajnów zbożowych wykorzystano model matematyczny [Erochin G N. 2006].

$$E = \sum_{i=1}^k Q_i \cdot S_i \cdot C_i - T_e - Z_k - Z_o \quad (1)$$

gdzie:

- Q<sub>i</sub> – prognozowany plon [t·ha<sup>-1</sup>],
- k – liczba kultur,
- S<sub>i</sub> – powierzchnia uprawy [ha],
- C<sub>i</sub> – cena zbytu [zł·t],
- Z<sub>k</sub> – koszty zbioru [zł],
- Z<sub>o</sub> – koszty dodatkowe, poza zbiorem [zł].

Wyniki modelowania techniczno-ekonomicznych wskaźników przedstawiono w tabeli 3.

Tabela 3. Wpływ ASK na jakość procesu technologicznego kombajnu zbożowego  
 Table 3. The impact of ACS on the quality of the technological process of the combine-harvester

Lp.	Wskaźnik	Wartości wskaźnika dla kombajnu	
		z ASK	bez ASK
1.	Współczynnik gotowości	0,72	0,66
2.	Koszt jednostkowy serwisu i napraw, [zł·h <sup>-1</sup> ]	160	225
3.	Średni poziom, [%]		
	- strat ziarna za kombajnem	2,1	2,5
	- uszkodzenie ziarna	1,6	2,4
4.	Eksploatacyjna wydajność omloty, [t·h <sup>-1</sup> ]	16,9	13,2
5.	Straty ziarna, [t·ha <sup>-1</sup> ]		
	- za kombajnem	0,14	0,17
	- w wyniku uszkodzeń	0,10	0,16

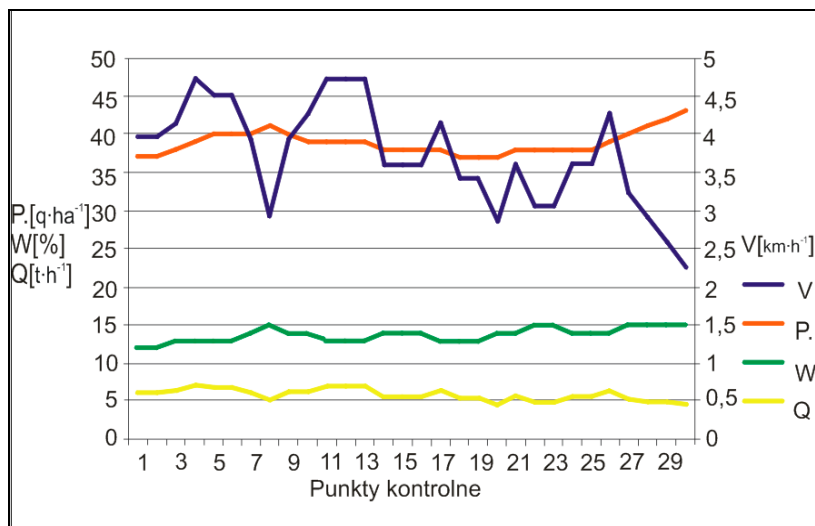
Z analizy tabeli 3 wynika, że automatyczny system kontroli i regulacji zespołów roboczych znacznie wpływa na efektywność wykorzystania kombajnu zbożowego. Wyraża się to zmniejszeniem kosztów eksploatacyjnych oraz obniżką poziomu strat ziarna.

W oparciu o wyniki badań opracowano uproszczony statystyczny model zbioru pszenicy kombajnem (2).

$$\begin{aligned}
 Q &= -0,675983 + 0,111192 \cdot P - 0,1264938 \cdot W + 1,072136 \cdot V \\
 \eta &= 2,539588 - 0,0327476 \cdot P + 0,0243555 \cdot W + 0,0453032 \cdot V \\
 \delta &= 2,337928 + 0,01865334 \cdot P - 0,04427567 \cdot W - 0,05939463V \\
 \varepsilon &= 6,694564 - 0,07066952 \cdot P - 0,03086141 \cdot W - 0,3243661 \cdot V \\
 \eta_1 &= -0,0179007 + 0,006367414 \cdot P + 0,01332898 \cdot W + 0,01941088 \cdot V
 \end{aligned} \tag{2}$$

gdzie;

- Q – wydajność omloty [t·h<sup>-1</sup>]
- η – straty ziarna za młocarnią zespołem młócaco-wydzielającym [%],
- δ – zanieczyszczenia [%],
- ε – uszkodzenia [%],
- P – plon ziarna [q·ha<sup>-1</sup>],
- W – wilgotność ziarna [%],
- V – prędkość robocza kombajnu [km·h<sup>-1</sup>],
- η<sub>1</sub> – straty ziarna za zespołem żniwnym [%].



Rys. 1. Przebieg procesu ASK zmiany prędkości roboczej w zależności od plonu i wilgotności ziarna

Fig. 1. The course of the ACS process – changes of running speed depending on the yield and humidity of grains.

Analizując powyższy wykres rys. 1 można zaobserwować, w jaki sposób system automatycznej regulacji kombajnu dostosowuje prędkość jazdy w zależności od plonu i wilgotności ziarna.

Na podstawie modelu (2) przedstawiono optymalizację procesu technologicznego omlotu pszenicy według kryterium maksymalnej wydajności  $Q$  jako określenie optymalnej prędkości roboczej w warunkach  $Q_{max}$  i przy następujących ograniczeniach:

$$\begin{aligned}
 \eta &= 2,539588 - 0,0327476 \cdot P + 0,0243555 \cdot W + 0,0453032 \cdot V \leq 1,5; \\
 \delta &= 2,337928 + 0,01865334 \cdot P - 0,04427567 \cdot W - 0,5939463 \cdot V \leq 3; \\
 \varepsilon &= 6,694564 - 0,07066952 \cdot P - 0,03086141 \cdot W - 0,3243661 \cdot V \leq 2; \\
 \eta_1 &= -0,0179007 + 0,006367414 \cdot P + 0,01332898 \cdot W + 0,01941088 \cdot V \leq 1,5;
 \end{aligned}
 \tag{3}$$

$$G_p = 36,3 \dots 55,2 \text{ q} \cdot \text{ha}^{-1};$$

$$G_w = 7,9 \dots 13 \text{ \%};$$

$$G_v = 1,9 \dots 7,6 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1};$$

gdzie:

$G_p, G_w, G_v$  – przedziały istotności plonu i wilgotności ziarna oraz prędkości kombajnu na podstawie obliczeń z danych statystycznych z procesu badań.

## Wnioski

1. Przeprowadzone badania uwidaczniają wymierne korzyści wynikające z eksploatacji kombajnów z ASK. Dzięki zastosowaniu automatyzacji kombajny uzyskują znacznie większą wydajność eksploatacyjną tj.:  $16,9 \text{ t}\cdot\text{h}^{-1}$  z ASK oraz  $13,2 \text{ t}\cdot\text{h}^{-1}$  bez ASK.
2. Oprócz zwiększonej wydajności obserwujemy mniejsze straty ziarna i uszkodzenia przemawiające na korzyść ASK. Podobnie ma się sytuacja odnośnie kosztów eksploatacyjnych.
3. Kombajny wyposażone w automatyczny system kontroli mają możliwość pomiaru ziarna w danej jednostce czasu, co w połączeniu z systemem GPS umożliwi tworzenie mapy plonu. Dzięki stworzonym mapom plonów użycie nawozów i herbicydów może być dostosowane dla konkretnego terenu, co w konsekwencji przyczyni się do obniżenia kosztów produkcji plonu. Zoptymalizowane nawożenie i ochrona roślin przyczyni się również do zmniejszenia zanieczyszczenia środowiska. Dlatego w obecnych czasach kombajny zautomatyzowane i skomputeryzowane pełnią tak ważną funkcję w rolnictwie.

## Bibliografia

- Dreszer K., Pawłowski T., Zagajski P.** 2007. The process of grain relocation with screw conveyors. Teka Komisji Motoryzacji i Energetyki Rol. t. VII. s. 86-96.
- Dreszer K., Gieroba J., Roszkowski A.** 1998. Kombajnowy zbiór zbóż. IBMiER. Warszawa. ISBN 8386264489.
- Erochin G. N.** 2006. Ocenka efektywności kombajnowego obierania uborki ziarnowych kultur. *Tiechnika v Sielskom Chozajstvie* N°4. Moskwa. s. 14-17.
- Karwowski T.** 1996. Zasady eksploatacji i opłacalności zakupu maszyn. IBMER, Warszawa, ISBN 8386264276.
- Muzalewski A.** 2000. Koszty eksploatacji maszyn. Wskaźniki eksploatacyjno-ekonomiczne maszyn i ciągników rolniczych stosowanych w gospodarstwach rolniczych. IBMER. Warszawa.
- Reyns P., Missotten B., Ramon H., De Baerdemaeker J.** 2005. A Review of Combine Sensors for Precision Farming. *Precision Agriculture*. 3. s. 169–182.
- Tanaś W., Dreszer K. A., Zagajski P.** 2008. Wpływ wilgotności na straty i uszkodzenia ziarna podczas zbioru kombajnowego zbóż. *Inżynieria Rolnicza*. Nr 9 (107). s. 299-303.
- Zagajski P., Dreszer K.** 2006. Stan badań teoretycznych nad omlotem i wydzielaniem ziarna z masy zbożowej. *Journal of Research And Applications In Agricultural Engineering* Vol. 51(4). s. 4-9.
- Złobecki A., Bosek B.** 2005. Model procesu powstawania Acta Agrophysica. 6(2). s. 569-577.
- Broszury reklamowe kombajnów John Deere oraz New Holland.

## **IMPACT OF AUTOMATIC CONTROL OF WORKING UNITS ON THE QUALITY OF WORK OF COMBINE-HARVESTERS**

**Abstract.** As a result of technical progress, new combine-harvesters with automatic control of working units were introduced for use. In consideration of the problem of quality of seed-grains in the article, an attempt was made to analyse the primary processes related to the harvesting of grains by means of harvesters with automatic control of working units. The article contains also a comparative analysis of the quality of work of combines with and without an automatic control system. Undoubtedly, the completed analyses may bring measurable economic results and contribute to the limitation of grain losses and the obtaining of higher yield.

**Key words:** combine-harvesting, automatic control system (ACS), reliability, quality of the technological process

**Adres do korespondencji:**

Wojciech Tanaś; e-mail: wojciech.tanas@up.lublin.pl  
Katedra Maszynoznawstwa Rolniczego  
Uniwersytet Przyrodniczy Lublin  
ul. Głęboka 28  
20-060 Lublin