

## WPŁYW PARAMETRÓW TECHNICZNYCH I EKSPLOATACYJNYCH KOMBAJNU NA WYBRANE WSKAŹNIKI ENERGETYCZNE PODCZAS ZBIORU KORZENI MARCHWI

Czesław Waszkiewicz, Aleksander Lisowski, Adam Strużyk,  
Jacek Klonowski

*Katedra Maszyn Rolniczych i Leśnych, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie*

**Streszczenie.** Celem pracy było przeanalizowanie wpływu parametrów techniczno-eksploatacyjnych maszyny na wybrane wskaźniki energetyczne agregatu złożonego z ciągnika i kombajnu podczas zbioru korzeni marchwi. Stwierdzono, że wszystkie trzy czynniki: prędkość ruchu agregatu, prędkość przenośnika odsiewającego i szczelina między zgarniaczami separatora a taśmą przenośnika poprzecznego miały wpływ na moment obrotowy WOM. Zwiększające się ciśnienie oleju na wejściu do silników hydraulicznych napędzających separator i przenośnik stołu przebiegającego było proporcjonalne do zwiększonych oporów ich ruchu, powiązanych ze zmniejszającą się szczeliną roboczą separatora. Prędkości ruchu agregatu i przenośnika odsiewającego miały wpływ na zużycie paliwa przez silnik ciągnika. Pozostałe mierzone wielkości fizyczne: prędkość obrotowa WOM, natężenie strumienia oleju w układzie hydraulicznym i siła na zaczepie ciągnika nie zależały od badanych czynników.

**Słowa kluczowe:** marchew, zbiór kombajnowy, energetyka

### Wprowadzenie

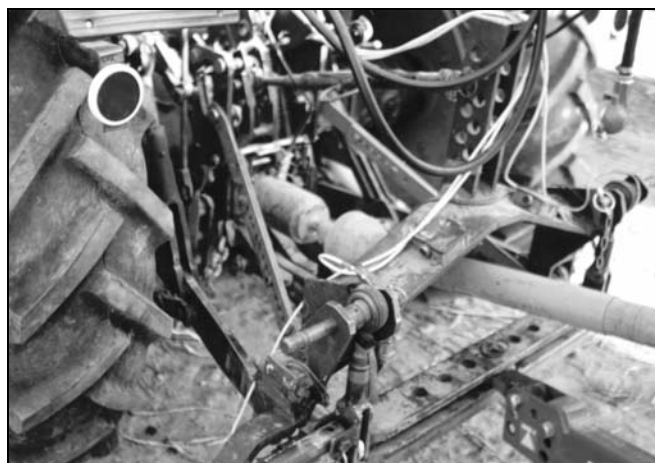
Zbiór różnych roślin przy użyciu jednej maszyny wymaga uwzględnienia odmiennych warunków polowych i doboru takich parametrów pracy zespołów roboczych, aby jakość produktu była jak najwyższa a straty minimalne [Waszkiewicz, Lisowski 1999]. Ważne jest również minimalizowanie nakładów energetycznych agregatu ciągnik-kombajn podczas zbioru roślin. Waga tego problemu zwiększa się w okresie wyczerpywania się dotychczasowych źródeł energii, w tym paliw kopalnych. Ponadto, podczas zbioru korzeni marchwi konieczne jest transportowanie dużych mas, gdyż obecnie osiągnęte jej plony dochodzą do  $150 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ . Pokonanie oporu ruchu zespołów roboczych kombajnu i agregatu ciągnik-maszyna w zmiennych warunkach polowych i przy różnych nastawach regulacyjnych wymaga zastosowania ciągnika o określonym zapasie mocy silnika.

Celem pracy była ocena wpływu parametrów techniczno-eksploatacyjnych maszyny na wybrane wskaźniki energetyczne agregatu złożonego z ciągnika i kombajnu do zbioru okopowych wyposażonego w jednorzędowy, kłowy zespół wyorujący, podczas zbioru korzeni marchwi.

## Materiały i metody

Zbiór korzeni marchwi odmiany Bancor przeprowadzono kombajnem Z650/1 na plantacji położonej na glebie lekkiej, niezakamienionej. Charakterystykę warunków agrotechnicznych określono według metodyki IBMER i przedmiotowych norm. Marchew była wysiana w systemie pasmowym w podwójnych rzędach, które tworzą na wierzchołkach redlin. Bezpośrednio przed zbiorem nać marchwi ścięto rozdrabniaczem bijakowym.

Do badań energetycznych wykorzystano własne metodyki [Lisowski 1999]. Zakres badań obejmował pomiary prędkości jazdy ciągnika, momentu i prędkości obrotowej WOM (momentomierzem indukcyjnym MIR 1000, rys. 1), siły na zaczepie (przetwornikami tensometrycznymi), poślizgu kół (czujnikami impulsowymi), ciśnienia i natężenia przepływu w obwodach silników hydraulicznych napędzających zgarniacze separatora i przenośnik stołu przebiecznego (przetwornikiem ciśnienia PC-28 i przepływomierzem FT8-8AENSBLEA-2, rys. 2), zużycie paliwa przez silnik ciągnika (paliwomierzem objętościowym) oraz skalowanie czujników i przetworników pomiarowych.

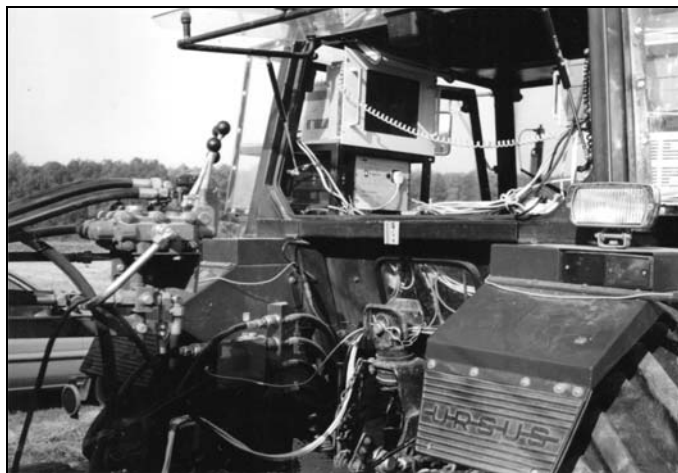


Rys. 1. Momentomierz ze znacznikiem obrotów do pomiaru mocy na WOM oraz rama z przetwornikami do pomiaru siły na zaczepie ciągnika

Fig. 1. Torque meter with revolution marker for measuring power at WOM and frame with converters measuring force at tractor coupling

Czujniki i przetworniki pomiarowe współpracowały z cyfrowym systemem pomiarowo-rejestrującym DMCplus firmy Hottinger, a sygnały pomiarowe były rejestrowane w komputerze z wykorzystaniem programu Catman 2.1 obsługującym system pomiarowy.

Wyniki ze skalowania czujników i wstępne pomiary pozwoliły na dobranie parametrów pracy czujników i przetworników tak, aby zminimalizować błędy względne pomiarów. Maksymalny błąd względny dla prędkości ruchu agregatu ciągnik-kombajn wynosił 2,34%, mocy zmierzonej na WOM ciągnika – 2,43%, siły na zaczepie – 3,70%, mocy pobieranej przez silniki hydrauliczne napędu zgarniaczy separatora i przenośnika stołu przebiecznego – 4,90%, zużycia paliwa przez silnik ciągnika – 4,43%.



Rys. 2. Przetworniki ciśnienia i natężenia strumienia oleju do pomiaru mocy hydraulicznej  
Fig. 2. Pressure and oil stream strength converters for measuring hydraulic power

Ze względów praktycznych zespoły robocze kombajnu wyregulowano odpowiednio do stanu plantacji marchwi. Badania prowadzono przy prędkościach ruchu agregatu  $0,41$ ;  $0,5$ ;  $0,73 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$  i przenośnika odsiewającego  $1,37$ ;  $1,78$ ;  $2,30 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$  oraz przy trzech ustawieniach separatora mechanicznego, w którym zmieniano szczelinę między palcami zgarniaczy a przenośnikiem poprzecznym:  $z_1$  (dla pierwszego rzędu palców zgarniacza szczelina wynosiła  $10 \text{ mm}$ , a dla drugiego  $8 \text{ mm}$ ),  $z_2$  ( $20$  i  $8 \text{ mm}$ ) i  $z_3$  ( $20$  i  $12 \text{ mm}$ ).

Pomiary wykonywano na wyznaczonych  $45\text{-metrowych}$  odcinkach, które składały się z  $25\text{-metrowych}$  rozbiegów – w celu osiągnięcia stałej prędkości ruchu roboczego i równomiernego obciążenia zespołów roboczych kombajnu i  $20\text{-metrowych}$  odcinków pomiarowych. Każdy pomiar przeprowadzono w trzech powtórzeniach dla każdego układu pracy.

## Wyniki badań i ich analiza

Charakterystykę agrotechniczną plantacji oraz ważniejsze cechy marchwi podano w tabeli 1.

Podczas ruchu ciągnika na biegu pierwszym i przy zmniejszonej prędkości obrotowej silnika prędkość obrotowa wału odbioru mocy ciągnika wynosiła średnio  $456,1 \text{ obr}\cdot\text{min}^{-1}$ , a w pozostałych wariantach pomiarowych –  $547,6 \text{ obr}\cdot\text{min}^{-1}$ .

Analiza wariancji otrzymanych wyników wykazała, że wartości momentu obrotowego WOM statystycznie istotnie zależą od prędkości ruchu agregatu, prędkości przenośnika odsiewającego i odległości zgarniaczy separatora od taśmy przenośnika poprzecznego (tab. 2). Na ciśnienie w silnikach hydraulicznych napędzających zgarniacze i przenośnik stołu przebiecznego ma wpływ odległość zgarniaczy od taśmy przenośnika poprzecznego. Zużycie paliwa przez silnik ciągnika zależy od prędkości ruchu ciągnika i prędkości przenośnika odsiewającego. Pozostałe mierzone wielkości fizyczne nie zależą od badanych czynników.

Tabela 1. Charakterystyka wybranych warunków agrotechnicznych na plantacji marchwi (wartości średnie ze wszystkich punktów pomiarowych)

Table 1. Characteristics of selected agrotechnical conditions at carrot plantation (average values from all measuring points)

| Mierzona wielkość                       | Jednostka miary      | Wartość<br>(średnia±odchyłka) |
|-----------------------------------------|----------------------|-------------------------------|
| Szerokość międzyrzędzi                  | m                    | 0,76±0,004                    |
| Liczba rzędów w redlinie                | szt.                 | 2                             |
| Szerokość międzyrzędzi w redlinie       | m                    | 0,123±0,006                   |
| Odległość roślin w rzędzie              | m                    | 0,047±0,014                   |
| Wysokość ogłowienia główki              | m                    | 0,085±0,006                   |
| Wysokość wystawiania główki             | m                    | 0,040±0,007                   |
| Plon korzeni marchwi                    | t · ha <sup>-1</sup> | 103,33±71,7                   |
| Masa pojedynczego korzenia marchwi      | kg                   | 0,189±0,017                   |
| Średnica pojedynczego korzenia marchwi  | m                    | 0,037±0,001                   |
| Zazielenienie korzenia na jego długości | m                    | 0,002±0,0004                  |

Źródło: obliczenia własne

Tabela 2. Analiza wariancji czynników wpływających na prędkość obrotową wału odbioru mocy ciągnika, moment obrotowy, ciśnienie w układzie hydraulicznym, natężenie przepływu strumienia oleju, siłę uciągu i zużycie paliwa przez silnik ciągnika podczas zbioru korzeni marchwi

Table 2. Variance analysis for factors affecting rotational speed of shaft receiving power in the tractor, torque, pressure in hydraulic system, oil stream flow rate, towing power, and tractor engine fuel consumption during carrot root harvesting

| Czynnik              | F <sub>emp</sub>      |                        |                                    |                            |                  |                             |
|----------------------|-----------------------|------------------------|------------------------------------|----------------------------|------------------|-----------------------------|
|                      | Prędkość obrotowa WOM | Moment obrotowy na WOM | Ciśnienie w układzie hydraulicznym | Natężenie strumienia oleju | Siła na zaczepie | Zużycie paliwa przez silnik |
| bieg ciągnika        | 718,9**               | 13,0**                 | 0,64                               | 0,78                       | 1,46             | 194,1**                     |
| prędkość przenośnika | 0,69                  | 61,8**                 | 1,68                               | 0,85                       | 1,41             | 4,18*                       |
| położenie zgarniaczy | 1,36                  | 9,7**                  | 29,22**                            | 0,07                       | 1,79             | 1,22                        |

\*\* - różnica istotna przy poziomie istotności  $\alpha=0,01$ \* - różnica istotna przy poziomie istotności  $\alpha=0,05$ 

Źródło: obliczenia własne

Wartości momentu obrotowego na wale odbioru mocy ciągnika zawierały się w przedziale 59,9-88,8 N·m, a największy wpływ na ten moment miała prędkość przenośnika odsiewającego. Przy najmniejszej prędkości przenośnika moment obrotowy WOM był najniższy i wynosił 59,9 N·m, a przy największej jego prędkości – najwyższy – 88,8 N·m, ale dynamika przyrostu była degresywna, co było związane z bardziej płynnym transportem korzeni marchwi przy większej jego prędkości.

Zwiększenie prędkości ruchu agregatu ciągnik-kombajn i zmniejszenie szczeliny między palcami zgarniacza a taśmą przenośnika poprzecznego przyczyniało się do większego obciążenia zespołów roboczych maszyny i zwiększenia wartości momentu obrotowego na WOM.

Średnie opory związane z podkopywaniem redliny na głębokości około 0,18 m wynosiły 5568 N i w badanym zakresie prędkości ruchu nie zmieniały się istotnie.

Średnie ciśnienie na wejściu do silników hydraulicznych napędzających zgarniacze i przenośnik stołu przebiegającego wynosiło około 12,03 MPa, a przy najmniejszej odległości zgarniaczy od taśmy przenośnika (położenie  $z_1$ ) było najwyższe – 12,32 MPa, gdyż przy małej szczelinie nie dochodziło do segregacji korzeni marchwi i cała partia plonu była transportowana przez pierwszy szereg palców zgarniacza. W odniesieniu do tego ciśnienia stwierdzono statystycznie istotne różnice dla pozostałych położen zgarniaczy ( $z_2$ ,  $z_3$ ), dla których wartości ciśnień były porównywalne i wynosiły około 11,7 MPa. Średnia wartość natężenia strumienia przepływu oleju w tym obiegu układu hydraulicznego wynosiła  $16,7 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}$ .

Na zużycie paliwa przez silnik ciągnika istotny wpływ miała prędkość ruchu ciągnik-kombajn i przenośnika odsiewającego. Podczas zbioru marchwi w zakresie prędkości ruchu  $0,50\text{--}0,73 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$  zużycie paliwa wynosiło  $22,7\text{--}17,4 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ , a średni poślizg kół ciągnika – 6,6%.

Mało istotny wpływ badanych czynników na niektóre parametry energetyczne można tłumaczyć wąskim zakresem doboru parametrów eksploatacyjnych, który był ograniczony wysokim plonem korzeni marchwi. Powodował on utrudniony transport korzeni przenośnikami kombajnu i, aby zapobiec uszkodzeniom produktu stosowano m.in. mniejsze prędkości ruchu agregatu ciągnik-maszyna.

## Wnioski

1. Prędkość ruchu agregatu, prędkość przenośnika odsiewającego i szczelina między zgarniaczami separatora a taśmą przenośnika poprzecznego miały istotny wpływ na moment obrotowy WOM.
2. Ciśnienie oleju na wejściu do silników hydraulicznych napędzających zespoły separujące zależało jedynie od szczeliny roboczej pod palcami zgarniacza separatora.
3. Podczas zbioru korzeni marchwi zużycie paliwa przez silnik ciągnika było powiązane ze zmieniającymi się oporami pracy zespołów separująco-transportowych, które wynikały ze stosowanych prędkości agregatu ciągnik-maszyna i przenośnika odsiewającego.
4. Prędkość obrotowa WOM, natężenie strumienia oleju w układzie hydraulicznym i siła na zaczepie ciągnika nie zależały od badanych czynników.

## Bibliografia

- Lisowski A. 1999. Investigations on energetic loads of potato combine harvester. Annals of Warsaw Agricultural University – SGGW. Nr 34. s. 47-53.
- Waszkiewicz C., Lisowski A. 1999. Kombajn wielozadaniowy do zbioru roślin okopowych. Część II. Napęd, sterowanie i charakterystyka techniczna kombajnu. Przegląd Techniki Rolniczej i Leśnej. Nr 4. s. 5-7.

## THE IMPACT OF HARVESTER TECHNICAL AND OPERATING PARAMETERS ON SELECTED ENERGY INDICATORS DURING CARROT ROOT HARVESTING

**Abstract.** The purpose of the work was to carry out an analysis of the impact of a machine technical and operating parameters on selected power indicators for a unit consisting of tractor and harvester during carrot root harvesting. The researchers found that all three factors: the unit running speed, sieving conveyor speed, and the gap between separator sweep and transverse conveyor belt, affected WOM torque. Growing oil pressure at inlet to hydraulic engines driving the separator and picking table conveyor was proportional to increased resistance of their movement due to narrowing working gap of the separator. Running speeds of the unit and sieving conveyor affected tractor engine fuel consumption. Other measured physical quantities: WOM rotational speed, strength of oil stream in hydraulic system and force at tractor coupling did not depend on examined factors.

**Key words:** carrot, harvester crop, power engineering

**Adres do korespondencji:**

Adam Strużyk; adam\_struzyk@sggw.pl  
Katedra Maszyn Rolniczych i Leśnych  
Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego  
ul. Nowoursynowska 166  
02-787 Warszawa