

Marcin ZASTEMPOWSKI

e-mail: zastemp@utp.edu.pl

Zakład Techniki Rolniczej, Wydział Inżynierii Mechanicznej, Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy, Bydgoszcz

## Ocena efektywności funkcjonowania nożycowo-palcowego zespołu tnącego na wybranym przykładzie kosiarki

### Wstęp

Nożycowo-palcowy zespół tnący jest podstawowym zespołem roboczym w maszynach służących do zbioru materiału roślinnego na cele konsumpcyjne, paszowe i energetyczne. Wśród tych maszyn na pierwszy plan wysuwają się kosiarki, siewczkarnie oraz kombajny zbożowe [1, 2, 4]. Pomimo szerokiego zastosowania tego typu zespołów tnących brak jest w aktualnej literaturze dyskusji na temat ich nowoczesnych rozwiązań konstrukcyjnych, a prezentowane konstrukcje nie zmieniały się w sposób znaczący przez długi okres czasu. Prowadzone dotychczas badania zespołów tnących dały nieporównywalne wyniki ze względu na różne warunki realizacji procesu cięcia materiału roślinnego. Badania te prowadzono także dla materiałów roślinnych o zupełnie różnych właściwościach fizykomechanicznych.

Dlatego celem niniejszej pracy jest omówienie i ocena efektywności funkcjonowania nożycowo-palcowego zespołu tnącego będącego odmianą nożycowego zespołu tnącego, który jest najczęściej stosowany w popularnych maszynach rolniczych. Ocenę efektywności funkcjonowania dokonano na podstawie opracowanego modelu energetycznego procesu cięcia oraz na podstawie badań laboratoryjnych procesu cięcia realizowanego nożycowo-palcowym zespołem tnącym.

### Badania doświadczalne procesu cięcia nożycowo-palcowym zespołem tnącym

Do realizacji badań procesu cięcia za pomocą nożycowo-palcowego zespołu tnącego zaprojektowano i zbudowano stanowisko badawcze [3]. W jego skład wchodziły następujące elementy:

- kosiarka ZO34 wyposażona w nożycowo-palcowy zespół tnący zamocowania na ciągniku rolniczym,
- układ elektryczny służący do napędu zespołu tnącego,
- podajnik materiału do cięcia, wyposażony w pneumatyczny układ napędowy,



Rys. 1. Widok ogólny stanowiska badawczego od strony stołu pomiarowego: 1 – żdźbła (materiał do cięcia), 2 – nożycowo-palcowy zespół tnący wyposażony w listwę nożową, 3 – wózek z materiałem do cięcia, 4 – stoper elektryczny, 5 – rozdzielacz pneumatyczny, 6 – komputer, 7 – miernik dwukanałowy MW2006-4, 8 – blok przygotowania sprężonego powietrza, 9 – siłownik pneumatyczny

- aparatura do pomiaru momentu obrotowego i prędkości obrotowej wraz z komputerem,
- aparatura do pomiaru podawanego materiału.

Na rys. 1. przedstawiono widok ogólny stanowiska badawczego.

W stanowisku badawczym napęd od ciągnika został zastąpiony napędem od silnika elektrycznego z przekładnią pasową, natomiast ruch zespołu tnącego (ciągnik rolniczy + kosiarka) został zastąpiony ruchem podajnika z materiałem do cięcia.

Kosiarka została zamontowana w tradycyjny sposób, na trzypunktowym układzie zawieszenia, do ciągnika rolniczego *Ursus*. Napęd listwy nożowej zespołu tnącego realizowano za pomocą silnika elektrycznego asynchronicznego o mocy 5,5 kW przez bezstopniową przekładnię pasową, co umożliwiło płynną regulację prędkości obrotowej.

Materiał do cięcia podawano za pomocą podajnika z napędem pneumatycznym w specjalnie przygotowanych uchwytach. Zastosowany układ pneumatyczny pozwolił na realizację posuwu ruchem jednostajnym.

Do pomiaru prędkości listwy nożowej oraz momentu obrotowego na wale napędzającym przekładnię pasową kosiarki wykorzystano miernik dwukanałowy MW2006-4 wraz z oprogramowaniem PP203 i KON100 oraz momentomierz MiR-20, który zamontowano pomiędzy silnikiem elektrycznym, a zespołem napędowym kosiarki.

Jako materiał do badań procesu cięcia nożycowo-palcowym zespołem tnącym przyjęto pszenżyto. Wyboru dokonano ze względu na duże rozpowszechnienie tej odmiany zboża.

W trakcie badań zasadniczych mierzono moment obrotowy na wale napędzającym przekładnię pasową kosiarki oraz obroty tego wału do określenia właściwej prędkości listwy nożowej.

### Model energetyczny zespołu tnącego

W celu wyznaczenia modelu energetycznego nożycowo-palcowego zespołu tnącego rozpatrzono równania bilansu mocy ruchu jałowego oraz ruchu roboczego tego zespołu. Równanie bilansu mocy ruchu jałowego ma postać:

$$\overline{M}_j \omega_{Mj} - N_{Sj} = N_{Tj} + N_{Bj} \quad (1)$$

gdzie

$\overline{M}_j$  – wartość średnia momentu obrotowego na wale napędzającym przekładnię pasową kosiarki w ruchu jałowym zespołu tnącego,

$\omega_{Mj}$  – prędkość kątowna wału napędzającego przekładnię pasową w ruchu jałowym zespołu tnącego,

$N_{Sj}$  – straty mocy między wałem, na którym zamontowano momentomierz, a tarczą korbowodu w ruchu jałowym,

$N_{Tj}$  – straty mocy w nożycowo-palcowym zespole tnącym podczas ruchu jałowego,

$N_{Bj}$  – straty mocy na pokonanie sił bezwładności w nożycowo-palcowym zespole tnącym i korbowodzie podczas ruchu jałowego.

Równanie bilansu mocy podczas ruchu roboczego nożycowo-palcowego zespołu tnącego można zapisać jako:

$$\overline{M}_r \omega_{Mr} - N_{Sr} = N_{Tr} + N_{Br} + N_C \quad (2)$$

gdzie

- $\overline{M}_r$  – wartość średnia momentu obrotowego na wale napędzającym przekładnię pasową kosiarki w ruchu roboczym zespołu tnącego,
- $\omega_{Mr}$  – prędkość kątowna wału napędzającego przekładnię pasową w ruchu roboczym zespołu tnącego,
- $N_{Sr}$  – straty mocy między wałem, na którym zamontowano momentomierz, a tarczą korbowodu podczas ruchu roboczego,
- $N_{Tr}$  – straty mocy w nożycowo-palcowym zespole tnącym w ruchu roboczym,
- $N_{Br}$  – straty mocy na pokonanie sił bezwładności w nożycowo-palcowym zespole tnącym i korbowodzie podczas procesu cięcia,
- $N_C$  – moc zużyta na cięcie źdźbeł.

Na etapie badań doświadczalnych przyjęto, że  $\omega_{Mj} = \omega_{Mr} = \omega_M$ . Ponadto w dalszych rozważaniach przyjęto, że  $N_{Sj} = N_{Sr}$ ,  $N_{Tj} = N_{Tr}$  i  $N_{Bj} = N_{Br}$ , a ewentualne różnice są pomijalnie małe.

Zatem odejmując stronami równania (1) i (2) otrzymano:

$$N_C = (\overline{M}_r - \overline{M}_j)\omega_M = \Delta\overline{M}\omega_M \quad (3)$$

Energochłonność procesu cięcia nożycowo-palcowym zespołem tnącym, wyrażoną pracą cięcia  $L_C$  dla jednego, pojedynczego skoku listwy nożowej opisana jest zależnością:

$$L_C = \Delta\overline{M}\frac{\pi}{i_p} \quad (4)$$

gdzie

- $i_p$  – przełożenie kinematyczne przekładni pasowej kosiarki,
- $i_p = 265/140$

Po uwzględnieniu przełożenia przekładni pasowej wzór na całkowitą pracę cięcia przyjmuje postać:

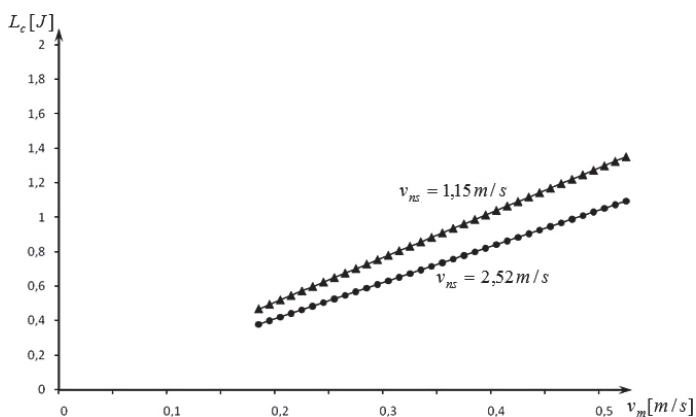
$$L_C = 1,6597\Delta\overline{M} \quad (5)$$

### Wyniki badań stanowiskowych

Podczas badań wyznaczono energochłonność zespołu tnącego w ruchu jałowym i w ruchu roboczym, całkowitą pracę cięcia serii źdźbeł (dla pojedynczego skoku listwy nożowej) w zależności od prędkości narzędzia i od prędkości przesuwu materiału do cięcia.

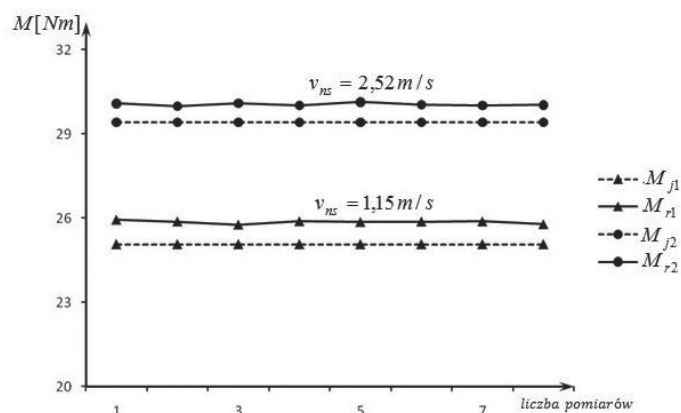
W ramach opracowanego modelu energetycznego nożycowo-palcowego zespołu tnącego wyznaczono również pracę cięcia pojedynczego źdźbła oraz pracę cięcia przypadającą na jednostkową powierzchnię cięcia.

Na rys. 2 przedstawiono wybrane wyniki badań doświadczalnych procesu cięcia nożycowo-palcowym zespołem tnącym w odniesieniu do pracy cięcia  $L_C$  dla prędkości ruchu listwy nożowej  $v_{ns}$  równej 1,15 i 2,52 m/s oraz dla trzech prędkości podawania materiału  $v_m$  – 0,2; 0,3 i 05 m/s.



Rys. 2. Wykres pracy cięcia  $L_C$  dla przeprowadzonych badań doświadczalnych

W celu dodatkowej identyfikacji energochłonności procesu cięcia omawianego zespołu tnącego przeprowadzono analizę efektywności jego funkcjonowania w odniesieniu do zapotrzebowania na energię w ruchu roboczym i w ruchu jałowym (Rys. 3).



Rys. 3. Wykres obciążenia wałka odbioru mocy (WOM):  $M_{j1}$ ,  $M_{j2}$  – wartości momentów obrotowych na wale napędzającym przekładnię pasową kosiarki w ruchu jałowym zespołu tnącego,  $M_{r1}$ ,  $M_{r2}$  – wartości momentów obrotowych na wale napędzającym przekładnię pasową kosiarki w ruchu roboczym zespołu tnącego

W tym celu dokonano pomiarów momentu obrotowego na wale napędzającym przekładnię pasową kosiarki, zarówno w ruchu jałowym jak i w ruchu roboczym.

Na podstawie opracowanego modelu energetycznego i w odniesieniu do przeprowadzonych badań doświadczalnych można stwierdzić, iż istotny udział w energochłonności całego procesu cięcia mają opory występujące przede wszystkim w ruchu jałowym. Natomiast wzrost zapotrzebowania na energię, w ruchu roboczym, podczas cięcia materiału roślinnego wynosi zaledwie ok. 10% (Rys. 3).

### Wnioski

Na podstawie przeprowadzonych badań doświadczalnych można jednoznacznie stwierdzić, że istotny wpływ na energochłonność procesu cięcia realizowanego nożycowo-palcowym zespołem tnącym o ruchu posuwisto-zwrotnym listwy nożowej wywiera prędkość listwy nożowej oraz prędkość podawania materiału do cięcia.

W ramach oceny efektywności funkcjonowania nożycowo-palcowego zespołu tnącego przeprowadzono analizę obciążenia generowanego przez zespół tnący kosiarki na wał odbioru mocy. Analizę przeprowadzono dla ruchu jałowego i pod obciążeniem. Wynika z niej, iż zdecydowany ponad 90% udział w zużyciu energii podczas realizacji procesu cięcia przypada na ruch jałowy.

Istniejące rozwiązania konstrukcyjne nożycowo-palcowych zespołów tnących o ruchu posuwisto zwrotnym listwy nożowej charakteryzują się dużą energochłonnością, a co w efekcie się z tym wiąże ich układy napędowe wyposażone są w silniki o dużych mocach. Wskazuje to na fakt, iż znane rozwiązania konstrukcyjne powstały w dużej mierze na podstawie intuicji konstruktorskiej.

Dlatego celowe wydaje się prowadzenie działań zmierzających do zoptymalizowania konstrukcji zespołu tnącego w stosunku do istniejących rozwiązań konstrukcyjnych tak, aby udział oporów ruchu jałowego był znacząco niższy niż obecnie w znanych rozwiązaniach.

### LITERATURA

- [1] W. Antonowicz, Z. Kośmicki: Wydawnictwo PIMR, Poznań 1988.
- [2] S. Gach, J. Kuczewski, C. Waszkiewicz: Maszyny rolnicze. Elementy teorii i obliczeń. SGGW, Warszawa 1991.
- [3] M. Zastempowski: Badania energochłonności cięcia nożycowo-palcowym zespołem tnącym, Praca doktorska, UTP, Bydgoszcz 2008.
- [4] D. Żuk: Politechnika Warszawska, Warszawa 1992.