

Stanowisko do badań procesu cięcia roślin energetycznych

Henryk Rode, Paweł Witkowski

Politechnika Warszawska, Wydział Budownictwa, Mechaniki i Petrochemii, Instytut Inżynierii Mechanicznej,
Zakład Inżynierii Systemów Mechanicznych i Automatykacji
Adres: ul. Jachowicza 2, 09-400 Płock, Polska, e-mail: hrode@pw.plock.pl

Streszczenie. W pracy zaprezentowano koncepcyjne rozwiązanie mobilnego stanowiska do badań procesu cięcia bezwładnościowego roślin energetycznych oraz przedstawiono jego możliwości badawcze. Omówiono budowę, zasadę funkcjonowania oraz sposób prowadzenia badań na stanowisku.

Słowa kluczowe: ciągnik rolniczy, kosiarka rotacyjna, generator prądu, cięcie rotacyjne, cięcie bezwładnościowe, rośliny energetyczne.

WPROWADZENIE

Istnieje wiele prognoz rozwoju naszej cywilizacji. Wszystkie one, mimo licznych różnic, zgodne są przynajmniej w dwóch założeniach: będziemy potrzebować do życia coraz więcej energii oraz będziemy musieli stosować zasadę zrównoważonego rozwoju, czyli zwracać większą uwagę na wpływ naszego działania na środowisko. Spełnienie tych założeń wiąże się m. in. ze zmianami w sposobie pozyskiwania energii, czyli w stopniowym odchodzeniu od kopalnych nośników energii na rzecz źródeł „czystej” energii odnawialnej [4, 8, 11, 14]. Jednym z ważniejszych, alternatywnych źródeł energii staje się biomasa [2, 3, 9]. Intensyfikacja produkcji rolniczej pozwala na przeznaczanie coraz większych powierzchni pól pod plantacje roślin energetycznych [27]. W konsekwencji rośnie znaczenie ekonomicznych technologii ich upraw [13, 15]. Prawidłowe przeprowadzenie zabiegów zbioru i rozdrabniania roślin energetycznych ma wielki wpływ na opłacalność produkcji [12, 16]. Konieczna jest więc wiedza o procesach zachodzących podczas cięcia i rozdrabniania łądyg roślin energetycznych z szczególnym uwzględnieniem czynników, które najbardziej wpływają na energochłonność tych procesów [6, 7, 25, 28, 30, 32].

GENEZA PROJEKTU

W Instytucie Inżynierii Mechanicznej Politechniki Warszawskiej w Płocku od kilkunastu lat prowadzone są badania procesu cięcia zbóż i traw, a ostatnio także roślin energetycznych. Do badań tych wykorzystywane są stanowiska laboratoryjne o konstrukcji wahadłowej i tarczowej, gdzie realizowany jest proces cięcia toporowego i bezwładnościowego roślin [17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 31].

Prowadzone dotychczas badania procesu cięcia roślin energetycznych przeprowadzane były na stacjonarnych stanowiskach laboratoryjnych [24, 29]. Stanowiska te tylko w pewnym przybliżeniu umożliwiały prawidłową ocenę przebiegu rzeczywistych procesów zachodzących podczas cięcia roślin na polu. W celu weryfikacji wyników badań laboratoryjnych oraz oceny rzeczywistego zapotrzebowania energetycznego zespołu tnącego w procesie cięcia roślin energetycznych niezbędna wydaje się budowa mobilnego stanowiska badawczego na bazie ciągnika rolniczego. Wyniki uzyskane na tym stanowisku pozwoliłyby na wyznaczenie rzeczywistego zapotrzebowania energetycznego zespołu tnącego i całej kosiarki.

ZAŁOŻENIA I KRYTERIA PROJEKTU

Bazę dla stanowiska stanowić będzie ciągnik rolniczy oraz kosiarka rotacyjna. W celu wyeliminowania wpływu układu napędowego ciągnika, napęd zespołu tnącego kosiarki rotacyjnej będzie przekazywany nie z wału odbioru mocy ciągnika, lecz z silnika elektrycznego sterowanego falownikiem. Zastosowanie falownika pozwoli nie tylko na płynną regulację prędkości obrotowej zespołu tnącego, lecz także umożliwi dokładny zapis przebiegów zmian zapotrzebowania energetycznego zespołu tnącego w funkcji czasu.

Silnik elektryczny będzie napędzany prądem wytwarzanym przez spalinowy generator prądu. Zespół tnący, zbudowany z dwóch wymiennych pił tarczowych o zmiennym kącie nachylenia płaszczyzny tarcz do podłoża, będzie miał możliwość bezstopniowej zmiany prędkości obrotowej. Prędkość przemieszczania się kosiarki w łanie roślin energetycznych, czyli prędkość robocza posuwu również będzie zmieniana bezstopniowo.

Nowe stanowisko powinno spełniać następujące kryteria:

- zapewnić bezpieczną pracę w trakcie przeprowadzania badań,
- zapewnić trwałość elementów tnących,
- umożliwić szeroki zakres regulacji prędkości obrotowej zespołu tnącego,
- umożliwić szeroki zakres regulacji prędkości posuwu zespołu tnącego,
- zapewnić niskie koszty budowy stanowiska.

PROJEKT STANOWISKA

Stanowisko mobilne przeznaczone do badań procesu cięcia roślin energetycznych w warunkach polowych, składa się z:

- ciągnika rolniczego (1),
- zespołu tnącego (3),
- generatora prądu (2),
- zespołu sterująco-pomiarowego.

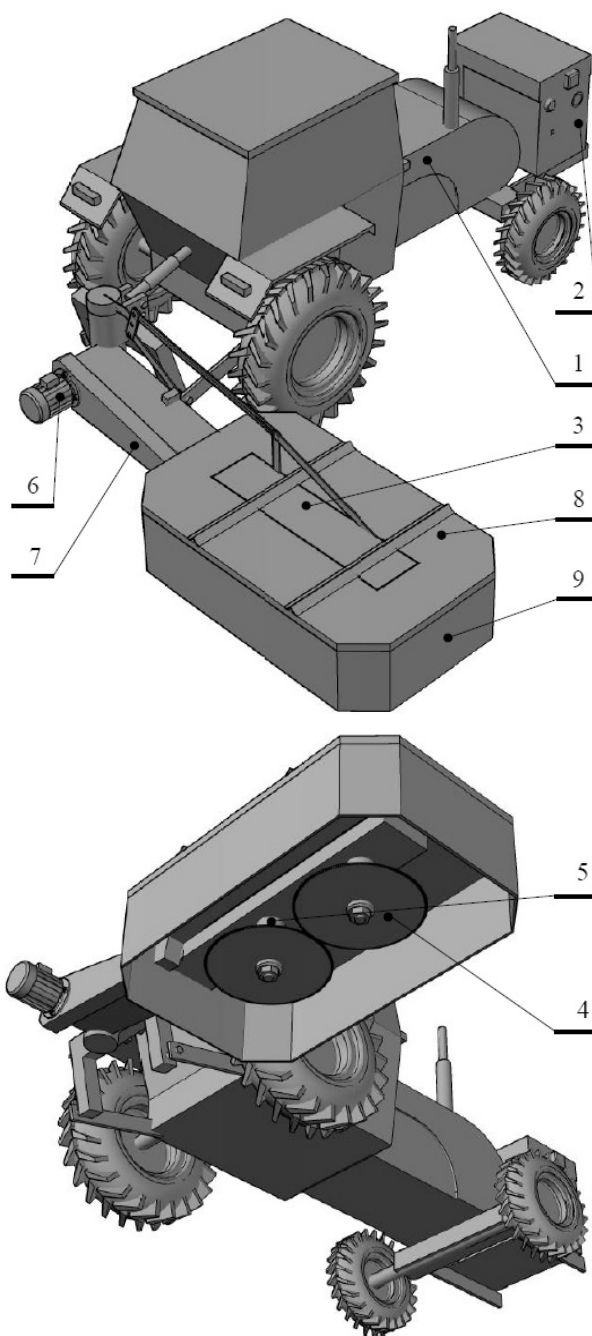
Generator prądu (2) zawieszony na przedniej części ciągnika rolniczego (1) przekazuje energię elektryczną do silnika elektrycznego (6) poprzez zespół sterująco-pomiarowy umieszczony w kabinie kierowcy. Przekaz informacji w postaci impulsu elektrycznego, pomiędzy urządzeniami, wykonuje się za pośrednictwem przewodów elektrycznych. Silnik elektryczny (6) przekazuje napęd piłom tarczowym (4) za pomocą zespołu przekładni. W skład zespołu przekładni wchodzi: przekładnia pasowa na paski klinowe, zabezpieczona metalową osłoną (7) oraz przekładnia stożkowa, ułożyskowana w korpusie kosiarki (3). Zadaniem przekładni pasowej jest zmiana prędkości obrotowej wałów. Natomiast przekładnia stożkowa realizuje napęd pił tarczowych (4) o przeciwnych kierunkach wirowania.

Piły tarczowe (4) zamocowane na różnych wysokościach do kolumn roboczych (5) nakładają się. Średnica każdej z nich wynosi 800 mm. Kolumny robocze (5) przymocowane do korpusu kosiarki (3) współpracują z przekładnią stożkową. Takie rozwiązanie daje możliwość zbioru roślin na całej szerokości roboczej zespołu tnącego bez ponoszenia strat w materiale roślinnym w postaci nieściętych łodyg.

Ciągnik rolniczy (1) z kompletnym oprzyrządowaniem prowadzi operator, a praca zespołu tnącego jest realizowana w trybie automatycznym przy uprzednio zadanych parametrach.

MATERIAŁ BADAWCZY

Materiałem przeznaczonym do badań za pośrednictwem mobilnego stanowiska badawczego są łany roślin energe-



- | | |
|----------------------|---------------------------------------|
| 1. ciągnik rolniczy, | 6. silnik elektryczny trójfazowy, |
| 2. generator prądu, | 7. metalowa osłona przekładni, |
| 3. korpus kosiarki, | 8. metalowa osłona zespołu tnącego, |
| 4. piła tarczowa, | 9. elastyczna osłona zespołu tnącego. |
| 5. kolumna robocza, | |

Rys. 1. Schemat stanowiska mobilnego do badań procesu cięcia bezwładnościowego roślin energetycznych

tycznych będących po okresie wegetacji. Charakteryzują się one bardzo zróżnicowaną budową morfologiczną. Wspólną ich cechą jest to, że można je wykorzystywać, jako materiał energetyczny w postaci biomasy. Paliwo to jest nieszkodliwe dla środowiska: ilość CO₂ emitowana do atmosfery podczas jego spalania równoważona jest ilością CO₂ pochłanianego przez rośliny, które odtwarzają biomasę w procesie fotosyntezy. Wykorzystanie biomasy pozwala

zagoszparować nieużytki i spożytkować odpady. Rośliny energetyczne wykorzystywane do produkcji biomasy charakteryzują się [1,5,10,26]:

- wysoką odpornością na choroby i szkodniki,
- wysoką wartością opałową,
- niewielką ilością dwutlenku węgla emitowaną do atmosfery w procesie spalania,
- możliwie najwyższym przyrostem suchej masy w okresie wegetacyjnym,
- małymi wymaganiami glebowymi,
- możliwością wykorzystania nieużytków pod uprawę,
- dużą masą właściwą, która jest niezwykle ważna przy transporcie i magazynowaniu w obrębie kotłowni,
- podatnością na zmechanizowanie czynności agrotechnicznych, związanych z założeniem plantacji, jej utrzymaniem i zbiorem biomasy.

Do grupy tych roślin zaliczamy:

- wierzbę wiciową,
- słonecznik bulwiasty (topinambur),
- topole,
- ślaziwiec pensylwański,
- róże wielokwiatową,
- miskantusa olbrzymiego,
- rdest sachaliński.

PODSUMOWANIE

Nowe mobilne stanowisko badawcze będzie najbardziej zawansowanym technicznie ze wszystkich stanowisk do badań procesu cięcia zbudowanym w Instytucie Inżynierii Mechanicznej Politechniki Warszawskiej w Płocku. Będzie dawać także szeroki zakres możliwości badawczych i to w naturalnych warunkach, czyli na polu. Zastosowanie elektrycznego napędu kosiarki zapewni większy zakres zmian prędkości obrotowych tarcz zespołu tnącego oraz poprawi dokładność pomiarów.

Budowa i zasada funkcjonowania mobilnego stanowiska badawczego jest bardzo zbliżona do konstrukcji tradycyjnych zespołów tnących stosowanych w maszynach rolniczych. Dzięki temu uzyskane wyniki będą wiarygodne. Pozwolą na dobranie optymalnego zakresu parametrów konstrukcyjnych i roboczych rotacyjnego zespołu tnącego do cięcia roślin energetycznych.

LITERATURA

1. **Baran D., Kwaśniewski D., Mudryk K. 2007:** Wybrane właściwości fizyczne trzyletniej wierzby energetycznej. *Inżynieria Rolnicza*, nr 8(96), 7-12.
2. **Baum. 2007.** Wykorzystanie biomasy dla celów energetycznych na przykładzie USA. Materiały konferencyjne: „Biomasa dla elektroenergetyki i ciepłownictwa – szanse i problemy”. Wyd. Wieś jutra. Sp. z o.o., Warszawa: 64-68.
3. **Bocheński I. C. 2007.** Parametry jakościowe produktów z biomasy do spalania. Materiały konferencyjne „Biomasa dla elektroenergetyki i ciepłownictwa – szanse i problemy”. Wyd. Wieś jutra. Sp. z o.o., Warszawa: 43-50.
4. **Dreszer K., Michalek R., Roszkowski A. 2003:** Energia odnawialna – możliwości jej pozyskiwania i wykorzystania w rolnictwie. Wydawnictwo PTIR, Kraków–Lublin–Warszawa.
5. **Dubas J., Grzybek A., Kotowski W., Tomczyk A. 2004:** Wierzba energetyczna – uprawa i technologie przetwarzania. Wyższa Szkoła Ekonomii i Administracji. Bytom.
6. **Frączek J., Mudryk K. 2006:** Metoda określenia oporów cięcia pędów wierzby energetycznej. *Inżynieria Rolnicza*, nr 8(83), 91-98.
7. **Górski J. 2001:** Proces cięcia drewna elektryczną piłą. *Rozprawy Naukowe i Monografie*. Wydawnictwo SGGW, Warszawa.
8. **Gradzik P., Grzybek A., Kowalczyk K., Kościak B. 2003:** Biopaliwa. Warszawa.
9. **Grzybek A. 2002:** Biomasa jako alternatywne źródło energii. Warszawa.
10. **Juliszewski T., Kwaśniewski D., Baran D. 2006:** Wpływ wybranych czynników na przyrosty wierzby energetycznej. *Inżynieria Rolnicza*, nr 12(87), Kraków, 225-232.
11. **Kamiński Z. 2007.** Nowe wyzwania Unii Europejskiej. *Czysta energia* 2: 7.
12. **Kowalski S. 1993:** Badania oporów cięcia wybranych roślin. *Zeszyt Prob. Post. Nauk Rol.* 408, 297-303.
13. **Kwaśniewski D., Mudryk K., Wróbel M., 2006:** Zbiór wierzby energetycznej z użyciem piły łańcuchowej. *Inżynieria Rolnicza*, nr 13(88), 271-276.
14. **Lewandowski W. M. 2007.** Proekologiczne odnawialne źródła energii. Wydawnictwo Naukowo-Techniczne, Warszawa.
15. **Lisowski A. i inni. 2010:** Technologie zbiorów roślin energetycznych. Wydawnictwo SGGW, Warszawa.
16. **Lisowski A. 2006:** Ścinanie i rozdrabnianie wierzby energetycznej, *Technika Rolnicza Ogrodnicza Leśna* 4, 8-11.
17. **Rode H. 2008:** Badania procesu cięcia wybranych roślin energetycznych, *Rozdział w monografii: Wybrane zagadnienia mechaniki w budowie urządzeń technicznych*. 286-297. Politechnika Warszawska, Płock.
18. **Rode H., Szpetulski J. 2010:** The study of the willow viminalis cutting process. *Bioagrotechnical Systems Engineering*. vol.6(22), Płock, 63-75.
19. **Rode H., Witkowski P. 2011:** Moisture influence on the unitary energy of a cutting process of selected energy plants. *Teka Komisji Motoryzacji i Energetyki Rolnictwa*. vol. XI, Lublin, 317-325.
20. **Rode H. 2011:** The energy of a cutting process of a selected energy plant. *Teka Komisji Motoryzacji i Energetyki Rolnictwa*. vol. XI, Lublin, 326-334.
21. **Rode H., Witkowski P. 2012:** „The study of the rotary cutting process of energy plants”. *TEKA Commission of motorization and energetics in agriculture. An international journal on motorization, vehicle operation, energy efficiency and mechanical engineering*. vol. XII, nr. 1, Lublin, 231-235.

22. **Rode H., Witkowski P. 2012:** „Porównanie procesu cięcia wierzby konopianej i ślazuwca pensylwańskiego”. MOTROL Commission of motorization and energetics in agriculture. An international journal on operation of farm and agri – food industry machinery. Vol. 14, nr. 1, Lublin – Rzeszów, 111-114, 2012.
23. **Rode H., Witkowski P. 2013:** “The study of the rotary cutting process of chosen energy plants”. TEKA Commission of motorization and energetics in agriculture. An international journal on motorization, vehicle operation, energy efficiency and mechanical engineering. Vol. 13, nr 1, Lublin – Rzeszów 139-144.
24. **Rode H., Witkowski P. 2013:** „Stanowisko do badań procesu cięcia roślin energetycznych”. MOTROL. Commission of motorization and energetics in agriculture. An international journal on operation of farm and agri – food industry machinery. Vol. 15, nr 1, Lublin–Rzeszów 111-114.
25. **Rudko T., Stasiak M. 2004:** Właściwości mechaniczne pędów wierzby energetycznej. III Zjazd Naukowy. Referaty i doniesienia. Dąbrowice 27-29. 09.2004.
26. **Szczukowski S., Tworkowski J., Stolarski M.J. 2004.** Wierzba energetyczna. Wydawnictwo Plantpress Sp. z o.o., Kraków.
27. **Szczukowski S., Tworkowski J., Wiwart M., Przyborowski J. 2002:** Wiklina (Salix Sp.) Uprawa i możliwości wykorzystania. Wydawnictwo Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego, Olsztyn.
28. **Szymanek M. 2007:** Analysis of cutting process of plant material. Teka Komisji Motoryzacji i Energetyki Rolnictwa – OL PAN, VIIA, 107-113.
29. **Witkowski P. 2011:** Stanowisko do badań procesu cięcia roślin. Rozdział w monografii Inżynieria mechaniczna – innowacje dla przedsiębiorstw. 129-132. Politechnika Warszawska, Płock.
30. **Żuk D. 1979:** Określenie koniecznej prędkości elementów tnących w maszynach do ścinania żdzbeł i łodyg. Maszyny i Ciągniki Rolnicze nr 3/1979. Warszawa.
31. **Żuk D. 1986:** Proces cięcia żdzbeł zbóż. Prace Naukowe Politechniki Warszawskiej – Mechanika z. 95. Warszawa.
32. **Żuk D., Rode H. 1992:** Propozycje oceny energetycznej zespołów tnących. Prace Naukowe Politechniki Warszawskiej – Mechanika z. 152. Warszawa.

A TEST STAND FOR INVESTIGATING THE ENERGY CROPS CUTTING PROCESS

Abstract. The paper presents a concept solution of a mobile test stand for testing inertia cutting of energy crops under field conditions and its research potential. Design, principle of operation and testing procedure have also been discussed in the paper.

Key words: farm tractor, rotary mower, power generator, rotary cutting, inertia cutting, energy crops.