

WPŁYW RZECZYWISTYCH WARUNKÓW OBCIĄŻEŃ ZESPOŁÓW ROBOCZYCH MASZyny DO REKULTYWACJI PÓL PO UPRAWIE WIERZBY ENERGETYCZNEJ NA PRZYJĘTE PARAMETRY KONSTRUKCYJNE.

Część 1. Badania symulacyjne w warunkach rzeczywistych

Streszczenie

Celem pracy było dokonanie oceny konstrukcji maszyny do rekultywacji plantacji wierzby energetycznej pod kątem występujących naprężeń, przemieszczeń. Przedstawiono przedmiot badań, metodykę oraz przebieg badań symulacyjnych wraz z analizą wytrzymałościową. W części pierwszej opisano metodykę, przebieg i wyniki badań symulacyjnych przeprowadzonych w rzeczywistych warunkach polowych dla zebrania danych wejściowych do przeprowadzenia analiz symulacyjnych na modelach wirtualnych.

Słowa kluczowe: wierzba energetyczna, uprawa, maszyny do rekultywacji pól, karczowniki, badania symulacyjne

Wprowadzenie

Od kilku lat produkcja i pozyskiwanie biomasy na cele energetyczne z szybko rosnących gatunków drzew jest nowym kierunkiem produkcji rolniczej. W procesach produkcji biomasy z wieloletnich roślin energetycznych można wyróżnić następujące etapy: założenie plantacji, użytkowanie (prowadzenie plantacji) oraz likwidacja plantacji. Koszty produkcji biomasy zależą zwłaszcza od: arealu powierzchni, intensywności nawożenia mineralnego i organicznego, wpływających na plonowanie, organizacji pracy, poziomu zmechanizowania prac [5, 12, 13]. Dotychczas szeroko opisano koszty założenia plantacji wierzby oraz jej użytkowania [2, 11]. W literaturze przedmiotu mało jest informacji dotyczących wyników badań związanych z likwidacją wieloletnich plantacji roślin energetycznych. Wynika to z faktu, że zdecydowana większość założonych plantacji to plantacje stosunkowo młode (kilkuletnie), które nie wymagają jeszcze likwidacji. Plantacje wierzby wiciowej, zwanej dalej wierzbą energetyczną, użytkowane są przez 20 do 25 lat [7, 12]. Po tym okresie użytkowania - lub wcześniej - powinny być zlikwidowane. Likwidacja plantacji oznacza także, w przypadku użytków rolnych, przywrócenie pierwotnych właściwości gleby. W szczególności chodzi tu o trwałe usunięcie możliwości odrastania roślin z nadziemnych części karp i systemu korzeniowego oraz rozdrobnienie nadziemnych części karp i korzeni. Szacunkowa, łączna powierzchnia plantacji wierzby energetycznej w Polsce wynosi ok. 10-12 tysięcy ha. Są to plantacje zróżnicowane powierzchniowo: od małopowierzchniowych (poniżej 1 ha) do wielkoobszarowych (kilkaset hektarów). Likwidacja plantacji wierzby energetycznej wymaga dużych nakładów energetycznych, co wynika z konieczności rozdrobnienia ok. 15-20 tysięcy karp i ich systemów korzeniowych na pow. 1 ha [7, 9]. Znane dotychczas sposoby w ogólnym zarysie polegają na zastosowaniu frezów glebowych o poziomej osi obrotu o szerokości roboczej od 2 do 2,5 m i głębokości roboczej do

0,30-0,45 m, agregowanych z ciągnikami o mocy 200-300 kW [8, 6]. Mała prędkość ruchu roboczego zestawu ciągnik-maszyna oraz duże nakłady energetyczne na napęd zespołów roboczych powodują, że koszty całej operacji są bardzo duże. Mechaniczna likwidacja plantacji może polegać także na wyrwaniu całych karp z ziemi, co rodzi jednak problem z zagospodarowaniem dużej ilości silnie zabrudzonych resztkami glebowymi karp [1, 10]. Inne metody oparte są na wykorzystaniu oprysku środkami chwastobójczymi, np. Roundup® na młode rośliny pod koniec maja w ilości 5-7 dm³/ha, wyoranie karp pługiem pod koniec lipca, dwukrotne bronowanie zaoranego pola oraz ręczne usuwanie karp z pola i ich transport lub też rozdrabnianie karp ciężkimi mulcerami [4]. Technologia chemiczno-mechaniczna wymaga zatem wykonania wielu zabiegów agrotechnicznych, ciężkiej pracy ręcznej oraz stosowania wzmocnionych pługów (np. leśnych). Trudno zatem mówić o kompleksowej, zmechanizowanej technologii.

Cel i geneza pracy

Celem badań było dokonanie oceny konstrukcji maszyny do rekultywacji plantacji wierzby energetycznej pod kątem występujących naprężeń, przemieszczeń i stateczności konstrukcji. Celem pracy było wyznaczenie wartości obciążeń zespołów roboczych projektowanej maszyny do rekultywacji plantacji wierzby energetycznej w warunkach rzeczywistych podczas przeprowadzonych terenowych badań symulacyjnych [8, 15, 16]. Na ten typ badań symulacyjnych zdecydowano się z uwagi na napotkane trudności podczas prowadzenia wstępnych analiz symulacyjnych pracy maszyny i jej zespołów roboczych na modelach wirtualnych. Zasadniczą trudnością, jaka pojawiła się na tym etapie badań był brak jakichkolwiek teoretycznych i praktycznych danych eksploatacyjnych, opisujących warunki i efekty pracy tego typu maszyny.

W ramach realizacji badań przewidziano także wyznaczenie charakterystyki obciążeń dla typowych warunków

eksploatacji przyszłej maszyny rekultywacyjnej. Zaplanowano również dokonanie weryfikacji przyjętych założeń konstrukcyjnych. Wyniki tych działań przedstawiono w części drugiej pracy.

Program i metodyka badań

Dla osiągnięcia przyjętego celu pracy opracowano następujący program badań obejmujący:

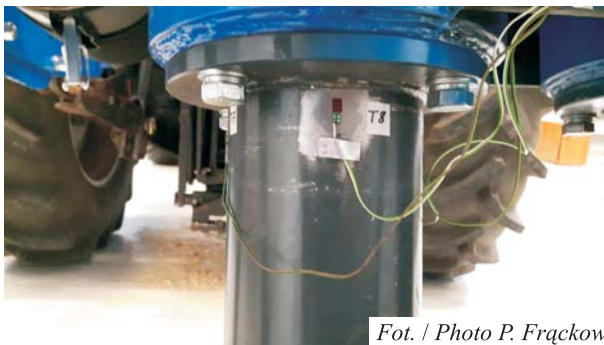
- pomiary przebiegu zmienności całkowitej siły oporu roboczego maszyny mierzonej przeciwnie do kierunku jazdy agregatu ciągnik-maszyna,
- pomiary przebiegu zmienności poprzecznej siły oporu roboczego maszyny mierzonej prostopadle do kierunku jazdy agregatu ciągnik-maszyna,
- pomiary przebiegu zmienności momentu obrotowego przekazywanego przez WOM na obracające się elementy robocze modelu maszyny,
- pomiary zwięzłości gleby na plantacji.

Badania przeprowadzono podczas karczowania plantacji wierzby ze stałą prędkością roboczą. Przeprowadzono trzy powtórzenia pomiarów w ustalonych warunkach rzeczywistych. Do zebrania danych wykorzystano następujące urządzenia pomiarowe:

- czujnik momentu obrotowego NCTE o zakresie pomiarowym od 0 do 3000 Nm i dokładności pomiaru 0,5%, wraz z rejestratorem danych WOBIT MGME1-24VDC,
- czujniki tensometryczne o symbolu TF 5/120 (rys. 1),
- czujnik przemieszczeń firmy Kübler D5.3501.A331.0000.

Do rejestracji i przetwarzania sygnałów pomiarowych zastosowano zestaw akwizycji danych pomiarowych, w skład którego wchodzi aparatura pomiarowa i oprogramowanie firmy Hottinger.

Sygnały pomiarowe z wymienionych czujników zostały zarejestrowane za pomocą urządzenia Spider-8, w konfiguracji obejmującej 32 kanały pomiarowe, oraz oprogramowania Catman 5.0. Obróbka sygnałów pomiarowych została przeprowadzona za pomocą oprogramowania Matlab.



Fot. / Photo P. Frąckowiak

Rys. 1. Czujniki tensometryczne rejestrujące naprężenia elementów roboczych

Fig. 1. Extensometers recording stresses of working elements

Na każdej głowicy rozdrabniającej zamontowano po cztery tensometry, z których dwa mierzyły wartości sił działających zgodnie z kierunkiem jazdy agregatu, a pozostałe dwa w kierunku prostopadłym do kierunku jazdy agregatu. Wartości tych sił pozwoliły na wyznaczenie całkowitych oporów roboczych modelu badawczego maszyny. Tensometry zostały oznaczone symbolami od T1 do T8. Na podstawie pomiarów z tensometrów T1 i T3 oraz T5 i T7 wyznaczone były siły działające w kierunku prostopadłym do kierunku jazdy, a z tensometrów T2 i T4 oraz T6 i T8 wyznaczone były siły działające w kierunku jazdy agregatu. Moment obrotowy mierzono bezpośrednio na WOM ciągnika (rys. 2).



Fot. / Photo P. Frąckowiak

Rys. 2. Maszyna zagregowana z ciągnikiem przed rozpoczęciem badań symulacyjnych w warunkach rzeczywistych

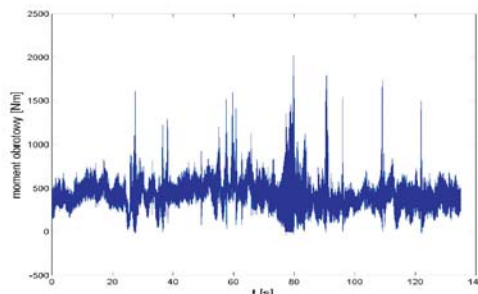
Fig. 2. Machine aggregated with tractor before starting simulation tests in real conditions

Zwięzłość gleby mierzono ręcznym penetrografem w międzyrzędziach oraz pomiędzy karpinami w rzędach karczowanej wierzby.

Wyniki badań

Badania przeprowadzono w położonej w okolicach Poznania miejscowości Gowarzewo, w gminie Kleszczewo. Miejscem badań była 13-letnia plantacja wierzby uprawianej na cele energetyczne. Plantacja ta jest położona na glebach brunatnych właściwych i bielcowych kompleksu żytniego dobrego [14]. Zmierzona ręcznym penetrografem zwięzłość gleby na głębokości 0,350 m mieściła się w zakresie od 3,0 do 4,5 MPa.

Na rys. 3 przedstawiono przebieg zmian momentu obrotowego dla jednego z rejestrowanych przejazdów.



Źródło: opracowanie własne / Source: own work

Rys. 3. Przebieg momentu obrotowego na WOM podczas karczowania plantacji wierzby

Fig. 3. The course of torque on PTO while willow grubbing.

Podobne przebiegi uzyskiwano dla pomiarów sił oporów roboczych. Z uzyskanych w ten sposób przebiegów zmienności następnie wyznaczano za pomocą oprogramowania Matlab uśrednione wartości mierzonych parametrów. Wyznaczone wartości mierzonych wielkości zamieszczono w tab. 1 i 2.

Uzyskane w ten sposób dane pozwoliły na prowadzenie dalszych prac i badań. Podane w tab. 2 wartości były podstawą do określenia poziomu poboru mocy przez maszynę [3]. Na podstawie zmierzonych wartości momentu obrotowego i rzeczywistej prędkości obrotowej WOM wyznaczono pobór mocy na poziomie 76 kW.

Zebrane w tab. 1 maksymalne wartości sił oporów roboczych maszyny to poszukiwane wartości parametrów wejściowych do przeprowadzenia analiz symulacyjnych na modelach wirtualnych pozwalających na dokonanie oceny

konstrukcji maszyny do rekultywacji plantacji wierzby energetycznej pod kątem występujących w newralgicznych węzłach naprężeń i przemieszczeń oraz do określenia warunków stateczności konstrukcji.

Tab. 1. Zmierzone wartości całkowitej siły oporu podczas badań symulacyjnych modelu maszyny do karczowania pól po uprawie wierzby

Table 1. Measured values of total resistance force during simulation researches of machine model for grubbing fields after cultivation of willow

Nr pomiaru	Maksymalna wartość całkowitej siły oporu
1	28000 N
2	15000 N
3	18000 N

Źródło: opracowanie własne / Source: own work

Tab. 2. Zmierzone wartości momentu obrotowego podczas badań symulacyjnych modelu maszyny do karczowania pól po uprawie wierzby

Table 2. Measured values of total torque during simulation researches of machine model for grubbing fields after cultivation of willow

Nr pomiaru	Maksymalna wartość momentu obrotowego
1	1200 Nm
2	1000 Nm
3	1000 Nm

Źródło: opracowanie własne / Source: own work

Podsumowanie

Przeprowadzone badania symulacyjne maszyny do rekultywacji pól po uprawie wierzby energetycznej w jej rzeczywistych warunkach pracy pozwoliły na pozyskanie danych na temat obciążenia zespołów maszyny. Uzyskane w ten sposób wyniki obciążeń są danymi wejściowymi pozwalającymi na przeprowadzanie wielowariantowej analizy wytrzymałościowej maszyny, której wyniki będą w przyszłości praktycznie zastosowane. Dodatkowo badania te pozwoliły na dokonanie wstępnej oceny opracowanej konstrukcji maszyny i jakości wykonywanego przez nią zabiegu likwidacji plantacji wierzby uprawianej na cele energetyczne. Na podstawie zmierzonych wartości momentu obrotowego i rzeczywistej prędkości obrotowej WOM wyznaczono pobór mocy, który dla analizowanych przypadków był na poziomie 76 kW.

Bibliografia

- [1] Adamczyk F., Frąckowiak P., Szczepaniak J., Wąchalski G.: Analysis of the use of typical tillage tools for lifting and pulling willow rootstocks. W: Utilization of agricultural and forest machinery in research and teaching. Editor J. Walczyk, Monograph, v5, 215-222, Kraków: Wyd. PAU, 2015.
- [2] Bergante S., Manzone M., Faccioto G.: Alternative planting

- method for short rotation coppice with poplar and willow. Biomass and Bioenergy, 2016, 87: 39-45.
- [3] Botwin M.: Podstawy użytkowania maszyn leśnych. Warszawa: Wydawnictwo SGGW, 1993.
- [4] Caslin B., John Finnan J., Johnston C., McCracken A., Walsh L.: Short Rotation Coppice Willow - Best Practice Guidelines. Agriculture and Food Development Authority, 2015.
- [5] Di Fulvio F., Bergstrom D., Kons K., Nordfjell T.: Productivity and Profitability of Forest Machines in the Harvesting of Normal and Overgrown Willow Plantations. Croatian Journal of Forest Engineering, 2012, 33(1): 25-37.
- [6] Dreszer K., Pawłowski T., Szczepaniak J.: Szamanek M., Tanaś W.: Maszyny Rolnicze Poznań: Przemysłowy Instytut Maszyn Rolniczych, 2014.
- [7] Dubas J.W., Grzybek A., Kotowski W., Tomczyk A.: Wierzba energetyczna - uprawa i technologie przetwarzania. Wyższa Szkoła Ekonomii i Administracji w Bytomiu, 2004.
- [8] Frąckowiak P., Adamczyk F., Juliszewski T., Tylek P., Walczyk J., Szczepaniak J.: Application of New Mulcher With Fixed Teeth of Two Vertical Rotors to Eradicate Plantation of Willow (*Salix viminalis*). Using for Energy Purposes. Biomass Conference and Exhibition, EUBCE 2016, Amsterdam 6-9 June 2016, 327.
- [9] Juliszewski T., Kwaśniewski D., Pietrzykowski M., Tylek P., Walczyk J., Woś B., Likus J.: Root biomass distribution in an energy willow plantation. Agricultural Engineering, 2015, 4 (156): 43-49.
- [10] Juliszewski T.: Prawne i gospodarczo-społeczne uwarunkowania produkcji biopaliw. W: Produkcja biomasy na cele energetyczne. Kraków: Wyd. PTIR, 2010.
- [11] Kwaśniewski D., Mudryk K., Wróbel M.: Zbiór i likwidacja plantacji energetycznych. W: Produkcja biomasy na cele energetyczne. Red. Frączek J. Kraków: Wyd. PTIR, 2010.
- [12] Owoc D., Walczyk J.: Production and use of biomass obtained from willow *Salix viminalis* for energy purposes in south Poland. W: Biomass and risks in the processing of biomass, Zvolen, 2012, 43-53.
- [13] Spinelli R., Nati C., Magagnotti N.: Harvesting short-rotation poplar plantations for biomass production. Croatian Journal of Forest Engineering, 2008, 29(2): 129-139.
- [14] Studium uwarunkowań i kierunków zagospodarowania przestrzennego gminy Kleszczewo. Kleszczewo, 2014, 11.
- [15] Szczepaniak J., Tanaś W., Pawłowski T., Kromulski J.: Modelling of agricultural combination driver behaviour from the aspect of safety of movement. Annals of Agricultural and Environmental Medicine, 2014, 21, 2, 403-406.
- [16] Szczepaniak J.: Metody i techniki komputerowe wspomagające proces projektowania i wytwarzania maszyn rolniczych. W: Współczesna inżynieria rolnicza - badania i zastosowania. Red. Juliszewski T., Kurpaska S. Uniwersytet Rolniczy im. H. Kołłątaja w Krakowie, Wydział Inżynierii i Energetyki, 2011, 299-312.

Praca wykonana w ramach projektu realizowanego w ramach II Konkursu Programu Badań Stosowanych (Ścieżka A), nr umowy PBS2/A8/26/2014 finansowanego przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju w Warszawie

INFLUENCE OF ACTUAL LOAD CASES OF MACHINE WORKING UNITS FOR FIELD RECLAMATION AFTER ENERGY WILLOW GROWING ON THEIR DESIGN PARAMETERS.

Part 1. Simulation researches in actual conditions

Summary

Aim of the study was to assess the design of the machine for reclamation of energy willow plantation in terms of occurring tension, displacement and stability of the structure. The subject of research, methodology and simulation process with strength analysis were presented. In the first part there were described methodology, process and results of simulation researches in actual field conditions to collect input data for carrying out simulation analysis on virtual models.

Key words: energy willow, growing, fields reclamation machines, simulation study