

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

Część 2. Badania symulacyjne na modelach wirtualnych

Streszczenie

Celem pracy było dokonanie oceny konstrukcji maszyny do rekultywacji plantacji wierzby energetycznej pod kątem występujących naprężeń, przemieszczeń i stateczności konstrukcji. Przedstawiono przedmiot badań, metodykę oraz przebieg badań symulacyjnych wraz z analizą wytrzymałościową. W części drugiej pracy przedstawiono wyniki przeprowadzonych analiz symulacyjnych na modelach wirtualnych określające wartości oraz miejsce spiętrzenia naprężeń oraz wartości przemieszczeń w modelu.

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

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, wpływającego na plonowanie, organizacji pracy, poziomu zmechanizowania prac [14]. 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 stanowią plantacje stosunkowo młode (kilkuletnie), które nie wymagają jeszcze likwidacji. Plantacje wierzby wiciowej, zwanej dalej wierzwą energetyczną użytkowane są przez 20 do 25 lat [7]. Po tym okresie użytkowania - lub wcześniej - powinny być zlikwidowane. Likwidacja plantacji oznacza, 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 [9]. Znane dotychczas w ogólnym zarysie sposoby polegają na zastosowaniu frezów glebowych o poziomej osi obrotu o szerokości roboczej od 2 do 2,5 m i głębokości roboczej do 0,3-

0,45 m, agregowanych z ciągnikami o mocy 200-300 kW [6]. Mała prędkość robocza zestawu ciągnik-maszyna i 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, 9, 10]. Inne metody oparte są na wykorzystaniu oprysku *Roundupem* 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 mulczerami [4]. Technologia chemiczno-mechaniczna wymaga wykonania wielu zabiegów agrotechnicznych, ciężkiej pracy ręcznej oraz stosowania wzmocnionych pługów (np. leśnych). Trudno zatem mówić o kompleksowej, zmechanizowanej technologii.

Cel pracy

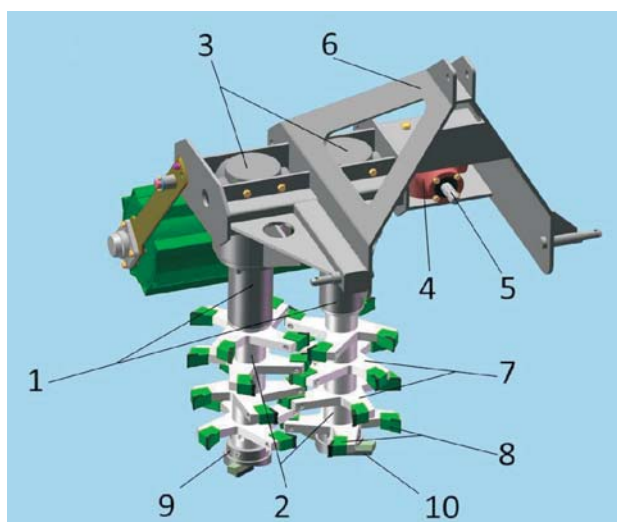
Celem badań było dokonanie oceny konstrukcji maszyny do rekultywacji plantacji wierzby energetycznej pod kątem występujących naprężeń, przemieszczeń i stateczności konstrukcji. W ramach realizacji zadania przewidziano także przeprowadzenie procesu wyznaczania charakterystyki obciążeń dla typowych warunków eksploatacji przyszłej maszyny rekultywacyjnej. Założono również dokonanie weryfikacji przyjętych założeń konstrukcyjnych.

Przebieg, metodyka i wyniki badań

Model maszyny do rozdrabniania karp korzeniowych wierzby oraz krzewów i młodych drzew (rys. 1) zbudowany jest z ramy, którą stanowią blachownice, pomiędzy którymi usytuowane są korpusy przekładni napędowych oraz korpus przekładni głównej, a do dolnych części korpusów przekładni

napędowych są na stałe przymocowane tuleje [8, 13].

Maszyna charakteryzuje się tym, że w tulejach (1) osadzone są obrotowo głowice rozdrabniające (2) rozmieszczone równoległe względem siebie i pracujące w płaszczyźnie pionowej, jednocześnie połączone są z wyjściami przekładni napędowych (3), natomiast wejścia przekładni napędowych (3) połączone są z wyjściem przekładni głównej (4), a wejście (5) przekładni głównej (4) połączone jest z wałem odbioru mocy ciągnika. Do ramy (6) przegubowo zamocowany jest wał doprawiający. Obrotowe głowice rozdrabniające (2), są wyposażone w wirniki (7), zakończone nożami rozdrabniającymi (8), a końce obrotowych głowic rozdrabniających (2) mają kształtowe głowice zagłębiające (9) z ustawionymi pod odpowiednim kątem natarcia nożami zagłębiającymi (10). Zastosowane w maszynie rozwiązania konstrukcyjne zostały zgłoszone do ochrony w Urzędzie Patentowym RP jako wynalazek, numer zgłoszenia P.415825.



Źródło: opracowanie własne / Source: own work

Rys. 1. Model wirtualny maszyny do rozdrabniania karp korzeniowych wierzby energetycznej

Fig. 1. The virtual model of machine for willow root carp shredding



Źródło / Source: photo P. Frąckowiak

Rys. 2. Maszyna zintegrowana z ciągnikiem podczas badań symulacyjnych w warunkach rzeczywistych

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

Na potrzeby prowadzenia analizy zostały opracowane wirtualne modele maszyny, obejmujące zarówno jej konstrukcję nośną, jak i zespoły robocze. Modele zostały

opracowane i poddane analizie modulem „Advanced Simulation” programu Siemens NX 10.0. Została przeprowadzona analiza warunków pracy maszyny oraz badania eksploatacyjne jej zespołów roboczych celem wyznaczenia charakterystyki obciążeń dla rzeczywistych warunków eksploatacji [2, 7, 11]. Przyjęto kilka różnych wariantów obciążenia konstrukcji.

Z uwagi na brak odpowiednich danych literaturowych dla tego typu maszyn i przedmiotu ich pracy (plantacji wierzby), badania symulacyjne przeprowadzono w warunkach rzeczywistych, z wykorzystaniem powstałych w tym celu modeli badawczych zespołów roboczych przyszłej maszyny (rys. 2-3) [1, 10], co szczegółowo opisano w części pierwszej tej pracy.



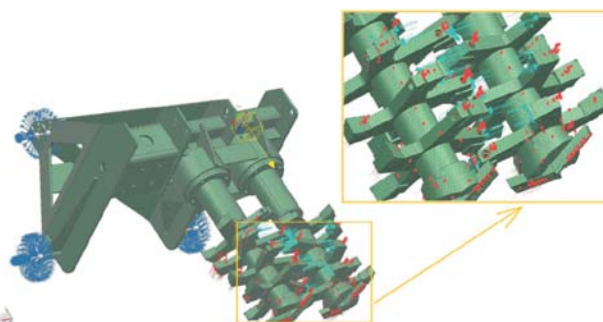
Źródło / Source: photo P. Frąckowiak

Rys. 3. Czujniki tensometryczne rejestrujące naprężenia elementów roboczych

Fig. 3. Extensometers recording stress of working elements

Analizy wytrzymałościowe konstrukcji maszyny wykonano metodą elementów skończonych, z wykorzystaniem wyznaczonych obciążeń. Osiągnięcie postawionych celów wymagało przeprowadzenia serii obliczeń analitycznych i symulacji wytrzymałościowych konstrukcji rzeczywistego modelu.

Analizy zostały wykonane z wykorzystaniem uproszczonych modeli 3D (rys. 4-5).



Źródło: opracowanie własne / Source: own work

Rys. 4. Model wirtualny maszyny przypadek LC 1 obciążenia

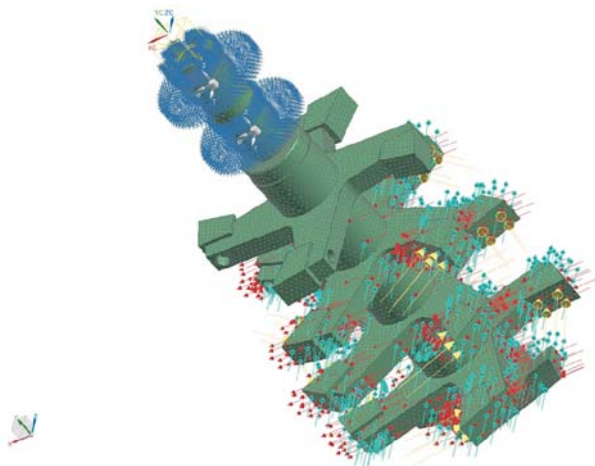
Fig. 4. Machine virtual model LC 1 load case

Główne elementy karczownika do rekultywacji pól po uprawie wierzby energetycznej wykonane zostały ze stali S355JO. Ponadto wały napędzające frezy zostały wykonane ze stali 40H. W tab. 1 przedstawiono wartości sił, które uwzględniono w dwóch z sześciu wariantów obciążeń [15, 16].

Tab. 1. Wartości sił dla dwóch z sześciu wariantów obciążeń
Table 1. Forces values for two from among six loads cases

Wariant obciążenia	Zadana wartość siły	
	wzdłużnej	poprzecznej
LC 1	20 000 N	7 000 N+7 000 N
LC 2	7 600 N/ząb (obliczona z momentu obrotowego)	

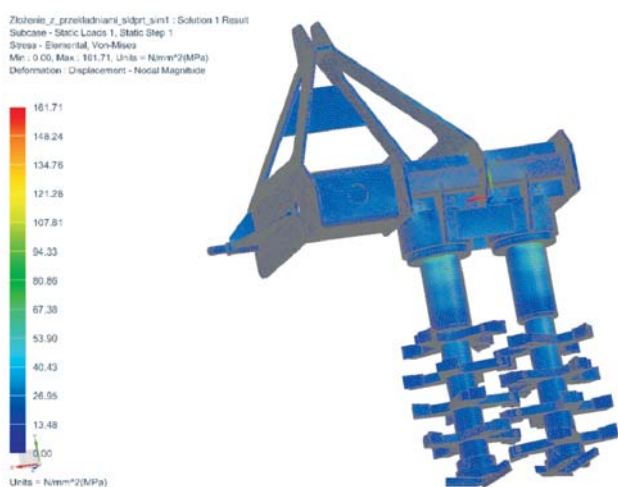
Źródło: opracowanie własne / Source: own work



Źródło: opracowanie własne / Source: own work

Rys. 5. Model wirtualny elementu roboczego maszyny - przypadek LC 2 obciążenia

Fig. 5. Virtual model of machine working element - LC 2 load case

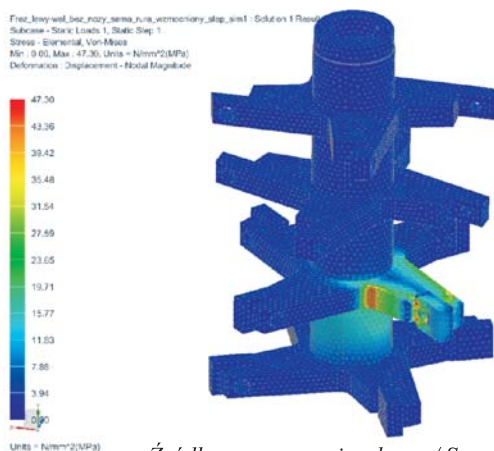


Źródło: opracowanie własne / Source: own work

Rys. 6. Rozkład naprężeń zredukowanych w konstrukcji modelu karczownika - przypadek LC 1, widok z tyłu

Fig. 6. Reduced stress distribution in the rooter model structure - LC 1 case load, back view

Maksymalne przemieszczenia konstrukcji nośnej wyniosły 2,3 mm na dolnym zębie skrawającym prawego freza.



Źródło: opracowanie własne / Source: own work

Rys. 7. Rozkład naprężeń zredukowanych w konstrukcji freza modelu karczownika - przypadek LC 2, widok ogólny

Fig. 7. Reduced stresses distribution in the structure of rooter working element model - LC 1 case load, general view

Na rys. 7 przedstawiono naprężenia zredukowane, występujące pod wpływem obciążeń obliczeniowych LC 5. Maksymalne naprężenia dla tych obciążeń wystąpiły w miejscu karbu przy połączeniu płytki wzmacniającej oraz ramienia freza i wyniosły 47 MPa.

Maksymalne przemieszczenia konstrukcji wyniosły 0,09 mm i wystąpiły na ostrzu zęba.

Podsumowanie

Badania symulacyjne maszyny do rekultywacji pól po uprawie wierzby energetycznej przeprowadzono w jej rzeczywistych warunkach pracy, co pozwoliło na precyzyjne zobrazowanie mechanizmu jej pracy. Badania symulacyjne rzeczywistego modelu, które zostały opisane w I części pracy pozwoliły na pozyskanie danych na temat obciążenia zespołów maszyny w rzeczywistych warunkach pracy. Uzyskane w ten sposób wyniki obciążeń posłużyły w kolejnym kroku do prowadzenia, opisanego w tej części pracy, wielowariantowej analizy wytrzymałościowej agregatu.

Analiza ta objęła różne przypadki pracy maszyny z obciążeniami występującymi w normalnych warunkach pracy oraz zmierzonymi w warunkach rzeczywistych przypadkami zwiększonych obciążeń zespołów roboczych. Analizami symulacyjnymi objęto zarówno całą maszynę, jak i jej wybrane elementy robocze (np. wirnik freza). Przeprowadzone badania zespołów roboczych pozwoliły ocenić konstrukcję ramy i elementów roboczych oraz zastosowane do ich budowy materiały. W wyniku przeprowadzonej analizy wskazano miejsca koncentracji naprężeń wymagające wzmocnienia konstrukcji.

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, v 5, 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., Szymanek 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. Book of abstracts summaries. 24 th European 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, 11-28.
- [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] Pawłowski, T., Szczepaniak, J.: Współczesna metodyka projektowania i weryfikacji konstrukcji maszyn rolniczych. *Inżynieria Rolnicza*, 2005, 14(74), 267-275.
- [14] Spinelli R., Nati C., Magagnotti N.: Harvesting short-rotation poplar plantations for biomass production. *Croatian Journal of Forest Engineering*, 2008, 29(2): 129-139.
- [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, vol. 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*. Juliszewski T.; Kurpaska S. Uniwersytet Rolniczy im. H. Kołłątaja w Krakowie, Wydział Inżynierii i Energetyki, 2011.

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 2. Simulation researches on virtual models

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. There were presented the subject of research, methodology and simulation process with strength analysis. In the second part, based on the analysis carried out on virtual models, values and places of stresses accumulation and displacements in the model were specified.

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



KATARZYNA GLAZAŃ, ROMAN WOLTRÓWIAK

KOSZTY PRACY MASZYN LEŚNYCH

PRZEMYSŁOWY INSTYTUT MASZYN ROLNICZYCH
POZNAŃ 2009

KOSZTY PRACY MASZYN LEŚNYCH

ISBN 978-83-927505-2-9

Książka adresowana jest przede wszystkim do prywatnych przedsiębiorców Leśnych, Służb Leśnych i pracowników technicznych w Nadleśnictwach, Dyrekcjach Regionalnych oraz Dyrekcji Generalnej Lasów Państwowych i ma na celu przedstawienie sposobu wyliczenia kosztów usług maszynowych wykonywanych w lasach.

Wydawca: Przemysłowy Instytut Maszyn Rolniczych
60-963 Poznań, ul. Starołęcka 31
tel. 061 87-12-200; fax 061 879-32-62;
e-mail: office@pimr.poznan.pl; Internet: http://www.pimr.poznan.pl