

dr hab. inż. Witold NIEMIEC, prof. nadzw.; prof. dr hab. inż. Feliks STACHOWICZ;
dr inż. Tomasz TRZEPIECIŃSKI

Politechnika Rzeszowska, Katedra Przeróbki Plastycznej, Zakład Oczyszczania i Ochrony Wód
Al. Powstańców Warszawy 12, 35-959 Rzeszów
e-mail: wniemiec@prz.edu.pl; stafel@prz.edu.pl; tomtrz@prz.edu.pl

MASZYNY PRZEZNACZONE DO ZBIORU WYSOKOŁODYGOWYCH ROŚLIN ENERGETYCZNYCH NA MAŁYCH PLANTACJACH

Streszczenie

W artykule przedstawiono opracowane w Politechnice Rzeszowskiej rozwiązania konstrukcyjne wybranych maszyn do zbioru roślin energetycznych o zdrewniałych pędach. Jednym z przyjętych założeń podczas projektowania maszyn jest ich przeznaczenie do pracy w małych i średnich gospodarstwach, gdzie wykorzystanie wydajnych i kosztownych maszyn jest nieekonomiczne. Opracowane maszyny są półzawieszane na ciągniku rolniczym i napędzane za pomocą wałka odbioru mocy ciągnika. Jest to rozwiązanie optymalne biorąc pod uwagę wysoki koszt kombajnów samobieżnych oraz uniwersalność ciągnika rolniczego, który jest podstawowym źródłem napędu w małych i średnich gospodarstwach produkujących biomasę. Do opracowania wirtualnych modeli maszyn wykorzystano program Autodesk INVENTOR.

Słowa kluczowe: biomasa; rośliny energetyczne; maszyny rolnicze; zbiór

Wprowadzenie

Cechą rolnictwa w Polsce jest rozdrobnienie arealów upraw, urozmaicona hipsografia terenu i często utrudniony dostęp do pól. Zapotrzebowanie na biomasę przeznaczaną na potrzeby energetyczne szybko wzrasta. Powiększające się areale upraw roślin przemysłowych i energetycznych zagrażają tradycyjnym uprawom przeznaczonym do produkcji żywności. Jednym ze sposobów zwiększenia arealów roślin energetycznych jest zagospodarowanie wzrastającej ilości gruntów odłogowanych, nieużytków lub terenów do tej pory nieeksploatowanych rolniczo, co związane jest z koniecznością dostarczenia na rynek specjalistycznych maszyn o wydajności dostosowanej do charakterystyki pól uprawnych, tanich i wykorzystujących podstawowe źródło energii do napędu maszyn w środowiskach wiejskich, jakimi są ciągniki rolnicze. Przeprowadzona analiza celowości i opłacalności produkcji roślin przemysłowych, ze szczególnym uwzględnieniem roślin energetycznych, wpłynęła na podjęcie w Politechnice Rzeszowskiej decyzji, u podstawy której znajduje się chęć poprawienia sytuacji poprzez wprowadzenie na rynek maszyn nowych rozwiązań konstrukcyjnych ułatwiających pozyskiwanie plonu roślin o zdrewniałych pędach do celów energetycznych. W samym tylko województwie podkarpackim, gdzie przeprowadzono ocenę zainteresowania nowymi maszynami istnieje ok. 200 tys. ha nieużytków rolnych lub odłogowanych gleb. Ponadto wzrasta powierzchnia gleb odłogowanych, których ilość trudno oszacować, ponieważ brak jest danych w tym zakresie, a sytuacja podlega ciągłym zmianom. Brak specjalistycznych środków produkcji dostosowanych do wielkości arealów oraz ich wysoka cena, to kolejne przeszkody wskazywane przez potencjalnych drobnych producentów biomasy. Poza specjalnymi maszynami przeznaczonymi do zbioru roślin energetycznych ciekawym rozwiązaniem jest maszyna opracowana przez Lisowskiego i in. [1] oparta na założeniach przyjętych przez Nowakowskiego i in. [2]. Kluczowym rozwiązaniem konstrukcyjnym tej maszyny, wyposażonej w tarczowy zespół do zębkwania, jest przystawka ścinająca z zespołami zabierającym i podnoszącą-podającym w postaci obrotowych zabieraków palcowych [2].

Założenia projektowe i metodyka postępowania

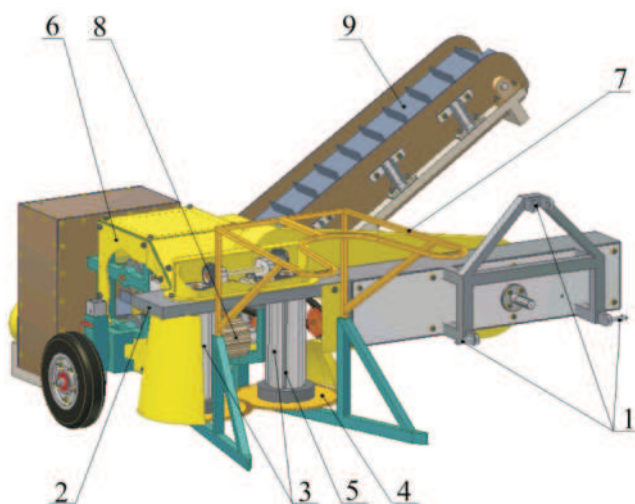
Zasadniczym założeniem, przyjętym za podstawę projektowania nowych środków technicznych do zbioru roślin energetycznych o zdrewniałych pędach, była chęć zapewnienia luki pomiędzy wydajnymi i kosztownymi maszynami przeznaczonymi do pracy w wielkotowarowych gospodarstwach, a pracą ręczną wykonywaną na małych i średnich plantacjach, na których, jak do tej pory, stopień zmechanizowania prac jest niewielki. Harmonogram prac obejmuje wieloletnie plany w zakresie opracowywania konstrukcji maszyn i urządzeń dopasowanych wydajnością i parametrami pracy do: charakterystyki roślin, hipsografi terenu, powierzchni arealów upraw, wymogów ochrony środowiska oraz ceny nabycia maszyn przez właścicieli niewielkich gospodarstw.

Wyboru metodyki postępowania podczas projektowania nowych maszyn dokonano na podstawie informacji literaturowych [3-5], własnych niepublikowanych badań oraz doświadczeń w zakresie wielkotowarowej produkcji wierzby prowadzonej w Spółdzielczej Grupie Producentów Roślin Energetycznych „Agroenergia” w Boguchwale. Specyfikacji maszyn do skonstruowania z przeznaczeniem do zbioru biomasy o zdrewniałych pędach, dokonano na podstawie własnych obserwacji oraz informacji uzyskanych od drobnych i średnich producentów biomasy. Podstawowymi kryteriami wyboru cech konstrukcyjnych maszyn i urządzeń oraz parametrów ich pracy, były uwarunkowania techniczne związane z dostosowaniem ich konstrukcji do istniejącego parku maszynowego oraz uwarunkowania prawne zawarte w ustawach [6, 7], rozporządzeniu [8] oraz normach technicznych. Podstawowym źródłem napędu dla maszyn rolniczych w małych i średnich gospodarstwach są ciągniki o zróżnicowanej mocy. W przypadku pozyskiwania plonu na plantacjach roślin energetycznych, ciągniki stanowią podstawowe źródło napędu specjalistycznych maszyn. Ponadto najczęściej za pomocą ciągników transportuje się plon z arealów upraw do dalszej obróbki lub do ostatecznego energetycznego zagospodarowania.

Proces projektowania nowej maszyny rozpoczynano od zbudowania koncepcyjnego modelu przestrzennego

konstrukcji w programie Autodesk INVENTOR wraz z nałożeniem wiązań pomiędzy poszczególnymi częściami ruchomymi maszyny, co umożliwiło prześledzenie ewentualnych kolizji. Stworzenie modelu 3D maszyny pozwoliło również na przeprowadzanie kinematycznej analizy działania mechanizmów. Etapy procesu projektowania mechanizmu rozpoczyna synteza, a następnie stosując techniki analizy sprawdza się funkcjonalność mechanizmu i w razie konieczności powraca do procesu syntezy w celu wykonania koniecznych zmian i tak aż do uzyskania zadowalającej konstrukcji. Kolejnym etapem postępowania mającego na celu wdrożenie do produkcji nowej maszyny jest przygotowanie założeń do wykonania modelu funkcjonalnego konstrukcji oraz wytworzenia prototypu. Testowanie prototypu w warunkach polowych pozwoli poznać ewentualne wady przyszłej maszyny i zweryfikować założenia projektowe.

Opis konstrukcji maszyn

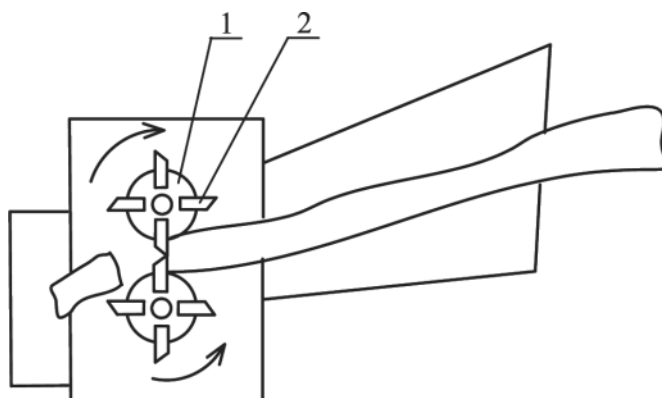


Rys. 1. Model kombajnu z przenośnikiem taśmowym: 1 - trójpunktowy system zawieszania, 2 - zespół tnący, 3 - bębny, 4 - tarcza tnąca, 5 - listwa zagarniająca, 6 - zespół rozdrabniający, 7 - wysięgnik, 8 - walce podające, 9 - przenośnik taśmowy

Fig. 1. Model of harvester with belt conveyor: 1 - three-point linkage, 2 - cutting assembly, 3 - drums, 4 - cutting disc, 5 - firmer strip, 6 - shredder, 7 - outrigger, 8 - feed rollers, 9 - belt conveyor

Jeden z wielu modeli koncepcyjnych kombajnu do zbioru i rozdrabniania zdrewniałych pędów roślin oraz gałęzi przedstawiono na rys. 1 [9]. Kombajn, jako maszyna półzawieszana z bębnowym systemem tnącym, połączony jest z ciągnikiem za pomocą trójpunktowego układu zawieszania 1. Napęd kombajnu od WOM ciągnika jest przenoszony na zespół tnący przez system przekładni pasowych oraz zębatych. Zespół tnący 2 kombajnu składa się z dwóch bębnow 3, do których zamocowane są tarcze tnące 4. Bębny 3 wyposażone są w zabieraki w postaci listw zagarniających 5, ułatwiające wciąganie zdrewniałych pędów do gardzieli zespołu rozdrabniającego 6. Zespół tnący wyposażony jest w wysięgnik 7, który nagina wysokie pędy kierując ich dolną część do gardzieli maszyny. Ścięte pędy przenoszone są przez zespół walców podających 8 do zespołu rozdrabniającego 6 [10]. Dłuższe odcinki pociętych pędów transportowane są za pomocą przenośnika taśmowego 9, natomiast w przypadku rozdrabniania na zrębki o małej długości transportowane one są alternatywnie za pomocą odśrodkowego mechanizmu wyrzutowego. Wszystkie elementy ruchome maszyny są zabezpieczone osłonami bezpieczeństwa.

Zespół rozdrabniający stanowi rozwiązanie konstrukcyjne zaadoptowane z sieczkarni do drewna (rys. 2) i składa się z głowicy 1, w której rozmieszczone są noże tnące 2 [11]. W zależności od wymaganej długości ciętych zrębków zespół tnący uzbrajany jest w głowice tnące z trzema nożami dla najdłuższych lub czterema, ewentualnie sześcioma nożami dla średnich lub najkrótszych zrębków.



Rys. 2. Zespół tnący sieczkarni do drewna: 1 - głowica tnąca, 2 - nóż

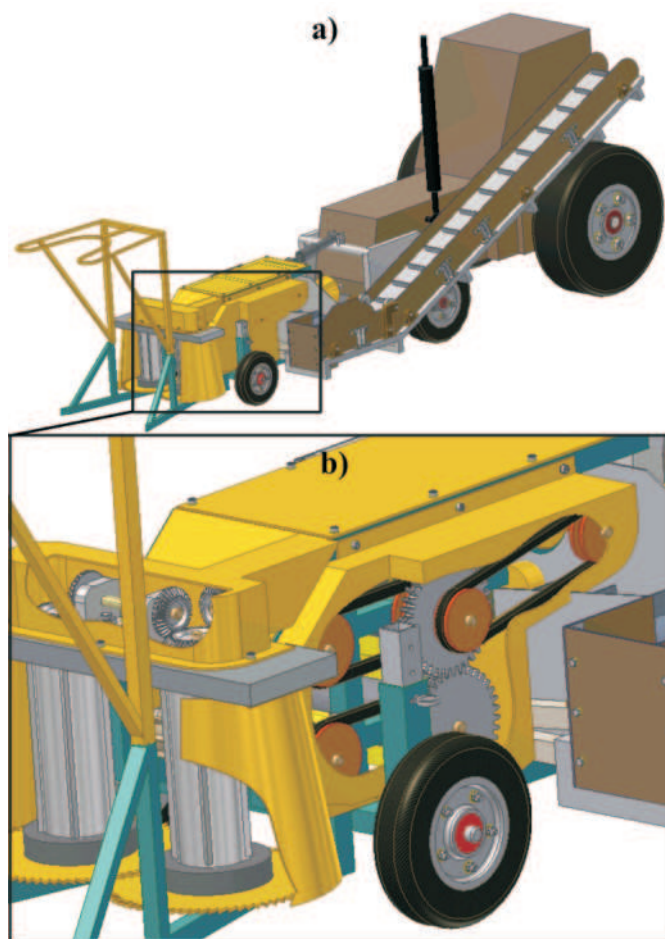
Fig. 2. Cutting assembly of wood cutter: 1 - cutting head, 2 - cutter

Układ napędowy zespołu tnącego i zespołu rozdrabniającego kombajnu zabezpieczony jest sprzęgłami przeciążeniowymi. Zastosowany układ kinematyczny zespołu rozdrabniającego oraz możliwość zmiany ilości noży pozwala na rozdrabnianie zdrewniałej biomasy na odcinki długości 10-300 mm. Charakterystyczne cechy rozwiązania to:

- możliwość agregowania z każdym typowym ciągnikiem rolniczym o mocy powyżej 60 kW,
- wielofunkcyjność agregatu (koszenie, rozdrabnianie, podawanie na środek transportu),
- dostosowanie maszyny szczególnie do małych plantacji roślin energetycznych oraz obsługi likwidacji plantacji uprawnych krzewów owocowych (agrest, porzeczek, aronia) oraz rozdrabniania gałęzi.

Poszukując dróg intensyfikacji wydajności maszyn oraz równocześnie wzrostu oszczędności w trakcie ich eksploatacji, podjęto próbę skonstruowania wielofunkcyjnego kombajnu (rys. 3) [12], który w sezonie zbiorów pozwoli na szybki zbiór zdrewniałej biomasy, natomiast w okresie poza zbiorami może pełnić funkcję stacjonarnego rębaka gałęzi, niewielkich kłód drewna i innych odpadów z drewna. Kombajn do zbioru i rozdrabniania pozyskanego plonu (w zależności od potrzeb, na zrębki lub sieczkę) jest zawieszany z przodu ciągnika o mocy powyżej 60 kW, wyposażonego oczywiście w przedni WOM. Jest to sposób rozwiązania problemu ścinania oraz rozdrabniania zebranego plonu w przypadku produkcji wierzby energetycznej oraz innych zdrewniałych roślin, np. topoli, brzozy, olchy. Moduł rozdrabniający kombajnu można wykorzystać jako stacjonarny rębak przy pielęgnacji lub likwidacji sadów oraz prac porządkowych przy rowach, w lasach itp. Kombajn szczególnie przeznaczony jest dla małych i średnich producentów biomasy, dla których zakup profesjonalnych maszyn jest finansowo nieosiągalny.

Umieszczenie maszyny z przodu ciągnika ułatwia kierowcy sprawne prowadzenie agregatu oraz ciągłą kontrolę jego pracy. Rozdrobniona biomasa podawana jest na przyczepę transportową zaczepioną z tyłu ciągnika. Możliwy jest też sposób gromadzenia i transportu urobku z wykorzystaniem pojemnika mocowanego bezpośrednio na trójpunktowym układzie



Rys. 3. Kombajn do zbioru i rozdrabniania zdrewniałych pędów roślin energetycznych (a), widok podstawowych mechanizmów napędowych maszyny (b)

Fig. 3. Harvester to crop and shred energetic plants with ligneous sprouts (a), view of basic driving mechanisms of machine (b)

zawieszenia z tyłu ciągnika. Taki system zbioru i transportu pozyskanej biomasy zalecany jest na niewielkich plantacjach. Uzyskany i rozdrobniony plon podawany jest przez przenośnik taśmowy, mocowany z boku ciągnika, do tyłu na przyczepę lub do pojemnika zawieszanego na trójpunktowym układzie zawieszenia. Przenośnik taśmowy nie ogranicza widoczności kierowcy i nie utrudnia manewrowania zespołem podczas koszenia i transportu. Kąt nachylenia przenośnika taśmowego jest sterowany za pomocą siłownika hydraulicznego, umożliwiając wejście kierowcy do ciągnika i sterując wysokością wyrzucania rozdrobnionych pędów.

Podsumowanie

Przedstawione maszyny do zbioru i rozdrabniania zdrewniałych pędów roślin dostosowane są do małych lub średnich plantacji roślin energetycznych. Są one proste w obsłudze, niskoenergochłonne i tanie, ze względu na wykorzystanie ciągnika rolniczego jako źródła napędu. Opracowane maszyny do zbioru biomasy wypełniają lukę pomiędzy kosztownymi maszynami o dużej wydajności i pracą ręczną. Wykonane, zbadane i pozytywnie ocenione przez użytkowników maszyny wg zastrzeżeń [10, 11] stały się przesłanką do konstrukcji opisanych rozwiązań.

Bibliografia

- [1] Lisowski A., Nowakowski T., Strużyk A., Kępa L., Smaga M., Bochniarz S.: Urządzenie do zbioru roślin energetycznych. Patent PL 385536 (2008 r.).
- [2] Nowakowski T., Lisowski A., Strużyk A., Dołycki A., Smaga M.: Koncepcja maszyny do zbioru wierzby krzewiastej. Technika Rolnicza Ogrodnicza Leśna, 2008, 3, s. 15-18.
- [3] Szczukowski S., Tworkowski J., Stolarski M.: Wierzba energetyczna. Wydawnictwo Plantpress, Kraków, 2004.
- [4] Niemiec W.: Wybrane problemy upraw roślin energetycznych na małych plantacjach. Nowa Energia, 2008, 1, s. 71-74.
- [5] Niemiec W., Stachowicz F., Szewczyk M., Trzepieciński T.: Technological progress in production, logging and processing of the biomass. SSC Journal of Civil Engineering, 2011, Vol. 6(2), p. 85-92.
- [6] Ustawa z dnia 27.04.2001r o odpadach, Dz.U. Nr 62, poz. 62.
- [7] Ustawa z dnia 27.04.2001 Prawo ochrony środowiska, Dz.U. Nr 62, poz. 627 z późn. zm.
- [8] Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 13.07.2010, w sprawie komunalnych osadów ściekowych, Dz.U. Nr 134, poz. 1140.
- [9] Niemiec W., Skiba S., Stachowicz F., Trzepieciński T.: Kombajn do zbioru i rozdrabniania zdrewniałych pędów roślin oraz gałęzi. Zgłoszenie wzoru użytkowego PL nr 119895 (2011 r.).
- [10] Niemiec W., Skiba S., Stachowicz F.: Podajnik ciętego materiału w siewkarni do drewna. Wzór użytkowy PL nr 119154. (2010 r.).
- [11] Niemiec W., Skiba S., Ślenzak W.: Siewkarnia do drewna. Wzór użytkowy PL nr 119895 (2007 r.).
- [12] Niemiec W., Stachowicz F., Trzepieciński T.: Kombajn do zbioru i rozdrabniania zdrewniałych pędów roślin energetycznych. Zgłoszenie wzoru użytkowego PL nr 120965 (2012 r.).

MACHINES PURPOSED FOR HARVESTING OF HIGH-STEM ENERGETIC PLANTS IN SMALL PLANTATIONS

Summary

In the article the agricultural solutions of machines developed in Rzeszow University of Technology were presented. A purpose of machines for work in small and medium farms where utilization of productive and expensive machines is uneconomical constitutes one of the project assumption. Elaborated machines are attached to a farm tractor and power-driven by using a power take-off shaft. This is an optimal solution taking into consideration high cost of mobile harvesters and universality of a farm tractor which is a basic source of power drive in small and medium farms producing biomass. To create virtual models of machines the Autodesk Inventor software was used.

Key words: biomass harvesting; agricultural machines; energetic plants