

PROJEKT KONSTRUKCYJNY BEZRZĘDOWEJ MASZYNY DO ZBIORU ROŚLIN ENERGETYCZNYCH

Aleksander Lisowski, Tomasz Nowakowski, Adam Strużyk,
Czesław Waszkiewicz, Jacek Klonowski

Katedra Maszyn Rolniczych i Leśnych, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie

Dariusz Kasperek, Marcin Cichoń

SIPMA SA w Lublinie

Streszczenie. W pracy opisano prototyp uniwersalnej, bezzędowej maszyny do zbioru roślin energetycznych w formie zrębków lub siewki. Na przystawki ścinające, które wykonano w dwóch wersjach, złożono do Urzędu Patentowego zastrzeżenie patentowe P 385 536. W jednej z wersji zespół podający jest w postaci palców sprężystych, a w drugiej – walców ślimakowych. Maszyna ma budowę modułową, co zapewni jej łatwą modyfikację, a napęd hydrauliczny ze sterowaniem elektrohydraulicznym pozwoli na dobranie optymalnych parametrów pracy elementów i zespołów roboczych, do różnych warunków polowych. Maszyna może ścinać rośliny na wysokości do 100 mm o średnicy pędów do 70 mm i rozdrabniać na cząstki o wymiarze 20-60 mm.

Słowa kluczowe: rośliny energetyczne, zbiór, maszyna bezzędowa

Wstęp

Rośliny energetyczne mogą być zbierane w postaci całych pędów lub w formie rozdrobnionej. Te zróżnicowane sposoby zbioru odnoszą się zwłaszcza do wierzby krzewiastej. Rośliny jednoroczne mogą być ścinane luzem i pozostawiane na polu bądź ładowane na skrzynię i okresowo rozładowywane na przemy. Ścięte rośliny można wiązać w pakiety lub po rozdrobnieniu w zespole bijakowym prasy zwijającej formować bele owijane siatką [Lavoie i in. 2007] bądź rozdrabniać w sieczkarni wyposażonej w przystawkę do zbioru kukurydzy na kiszonkę. Do zbioru roślin wierzby dwu-, trzyletnich lub starszych potrzebne jest zastosowanie specjalnej przystawki ścinającej, gdyż średnica pędów w części odziomkowej może dochodzić do 70-100 mm. W chwili rozpoczęcia projektu na polskim rynku nie było krajowych wyrobów, dlatego podjęto prace nad zaprojektowaniem własnej maszyny uniwersalnej do zbioru roślin energetycznych w formie rozdrobnionej, co jest głównym celem niniejszego opracowania.

Material i metody

Przeprowadzono szczegółową analizę maszyn specjalnie konstruowanych do zbioru roślin energetycznych lub maszyn zmodyfikowanych, których pierwotnym przeznaczeniem był zbiór roślin wysokolodygowych. Wnioski z tej analizy oraz założenia przyjęte przez autorów [Nowakowski i in. 2008] stanowiły podstawę do zaprojektowania własnej konstrukcji maszyny, na którą złożono zastrzeżenie patentowe P 385 536 [Lisowski i in. 2008]. Zadanie wykonano przy wspomaganii komputerowym, korzystając z programu SolidEdge. Umożliwiło to analizę przestrzenną kinematyki elementów i zespołów roboczych już w fazie projektowania.

Wyniki i dyskusja

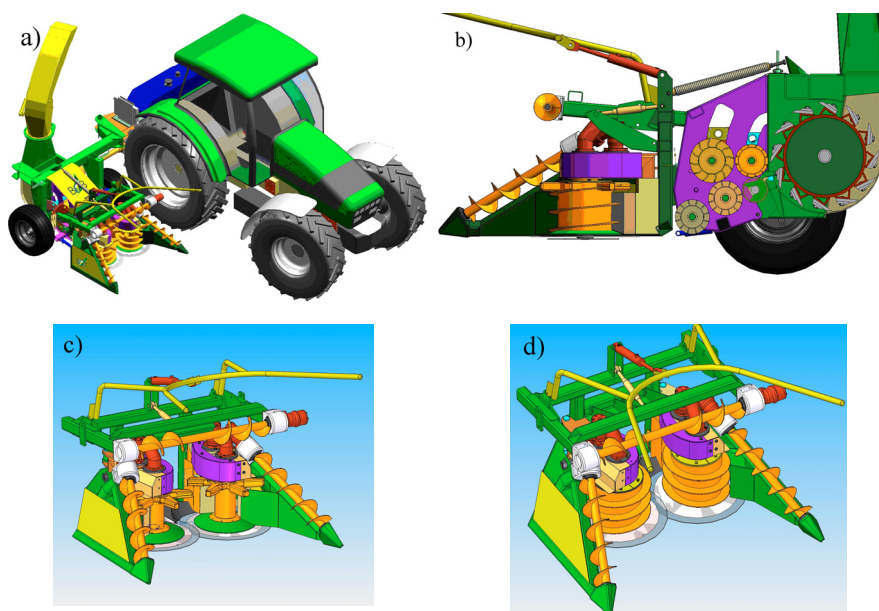
Sieczkarnię zaprojektowano jako maszynę półzawieszoną (rys. 1). Na części ramy zamocowanej do ciągnika umieszczono zbiornik z olejem hydraulicznym, przekładnię kątową przekazującą napęd z WOM ciągnika na bęben z nożami i na pompę hydrauliczną zasilającą przez rozdzielacz elektrohydrauliczny silniki i siłowniki hydrauliczne. W drugiej części ramy, wspartej na kołach, znajduje się bęben z nożami stanowiący wraz ze stalnicą zespół tnący. Pocięte łodygi są kierowane przez kanał wyrzutowy do skrzyni środka transportowego. Kierunek wyrzutu materiału ustala się przez obrót kanału wyrzutowego za pomocą silnika hydraulicznego, a jego zasięg - przez odpowiednie pochylenie kierownicy zainstalowanej na końcu kanału.

Podawany do cięcia materiał jest zagęszczany i utrzymywany podczas cięcia przez zębate walce wciągająco-zgniatające. Zagęszczanie materiału uzyskuje się przez docisk wahliwie zamocowanej, górnej pary walców zębatach i sprężyn spiralnych, do dolnych dwóch walców zębatach i trzeciego gładkiego. Siłę docisku reguluje się przez zmianę napięcia wstępnego sprężyn.

Do korpusu zespołu walców są przegubowo zawieszona wymienne przystawki ścinające. Przystawki są odciążane sprężynami śrubowymi o regulowanym napięciu wstępnym. Wysokość ścinania roślin jest regulowana bezstopniowo dwoma symetrycznie rozmieszczonymi pod zespołem, siłownikami nurnikowymi.

Kluczowym rozwiązaniem konstrukcyjnym maszyny jest przystawka ścinająca z zespołami zabierającym i podnosząco-podającym. Zaprojektowano ją w dwóch wersjach. W jednym z rozwiązań w zespole podającym zastosowano obrotowe zabieraki palcowe (rys. 1c), a w drugim - pionowe walce ślimakowe (rys. 1d). W obu przypadkach do napędu pił tarczowych i walców z zabierakami palcowymi lub zwojami ślimaków zastosowano silniki hydrauliczne (rys. 2). Wały pił tarczowych są napędzane szybkoobrotowymi silnikami hydraulicznymi o maksymalnej prędkości obrotowej około $3800 \text{ obr} \cdot \text{min}^{-1}$, co przy średnicy tarczy $0,5 \text{ m}$ pozwala na uzyskanie prędkości obwodowej cięcia $100 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$. Tak duża prędkość jest niezbędna do tzw. czystego ścinania łodyg wierzby [Lechasseur, Savoie 2005]. Według Lechasseur'a i Savoie [2005] średnice pił tarczowych stosowanych w tego typu maszynach wynoszą $450\text{-}600 \text{ mm}$. Przy prędkości cięcia $100 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ zmniejsza się bowiem do minimum ryzyko rozrywania tkanki włóknistej i kory pozostawionej w ziemi karpki. W konsekwencji zmniejsza się niebezpieczeństwo pojawienia się procesów gnilnych, które negatywnie wpływają na szybkość kolejnych przyrostów. Walce z elementami

zabierakowymi są napędzane wolnoobrotowym silnikiem hydraulicznym przez przekładnię zębatą zmniejszającą prędkość obrotową do $38 \text{ obr} \cdot \text{min}^{-1}$. Przy średnicy zewnętrznej zabieraków $0,5 \text{ m}$, końcówki palców osiągają prędkość obwodową $1 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$. Stosunek prędkości obwodowych zabierania materiału do ścinania roślin jest bardzo duży i wynosi $1:100$. Takie parametry prędkości obwodowych można uzyskać przy nominalnych prędkościach obrotowych silników hydraulicznych. Ponieważ prędkość jazdy agregatu ciągnik-maszyna może być zmieniana w zależności od warunków polowych, przeto zastosowanie silnika hydraulicznego, sterowanego rozdzielaczem elektrohydraulicznym, pozwoli na dobranie optymalnej prędkości obrotowej tak, aby prędkość obwodowa była co najmniej większa od prędkości ruchu ciągnika. Nadwyżka tej prędkości w zakresie $10\text{-}30\%$, określana współczynnikiem kinematycznym, powinna zapewnić prawidłowe zabieranie ściętych pędów roślin.



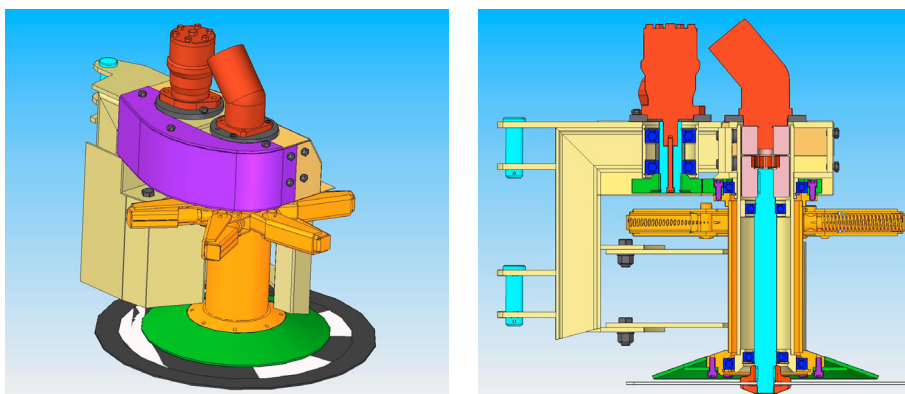
Źródło: opracowanie własne autorów

Rys. 1. Sieczkarnia do zbioru roślin energetycznych: a) położenie robocze, b) przekrój wzdłużny, c) przystawka z palcami sprężystymi, d) przystawka z walcami spiralnymi
Fig. 1. Chaff cutter for harvesting energy plants: a) working position, b) longitudinal section, c) adapter with elastic fingers, d) adapter with spiral rolls

Zastosowanie elementu nachylającego, sterowanego hydraulicznie, pozwoli na ścinanie roślin przez piły tarczowe w chwili, gdy będą one zgięte. Nagromadzona energia w nachylonej łodydze będzie wykorzystana po jej ścięciu do skierowania części odziomkowej pędu do kolejnego zespołu walców wciągająco-zagęszczających.

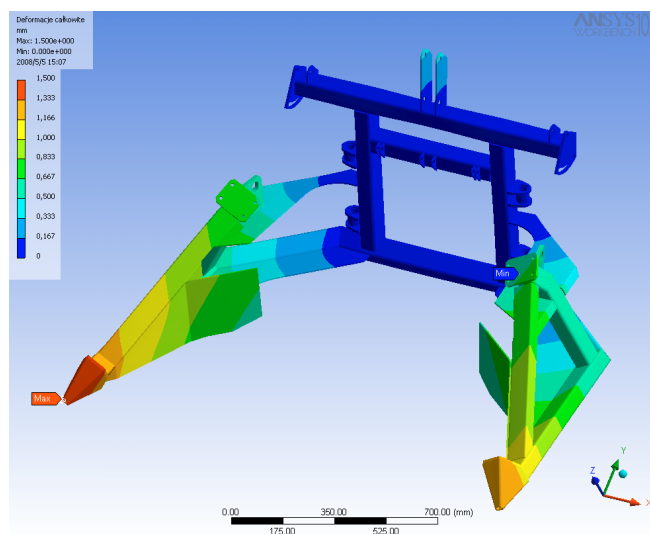
Pozostałe zespoły robocze maszyny są podobne do tych, jakie spotyka się w sieczkarniach do zbioru roślin nisko- i wysokołodygowych na kiszonkę.

W fazie projektowania przeprowadzono analizę kinematyczną i dynamiczną elementów i zespołów roboczych maszyny, co pozwoliło na zoptymalizowanie struktury konstrukcyjnej. Przykładowy wynik obciążeń ramy przystawki ścinającej przedstawiono na rys. 3.



Źródło: opracowanie własne autorów

Rys. 2. Zespół ścinająco-podający ze sprężystymi zabierakami palcowymi
Fig. 2. Cutting and feeding unit with elastic finger-type drivers



Źródło: opracowanie własne autorów

Rys. 3. Deformacje całkowite ramy przystawki ścinającej
Fig. 3. Total distortions of cutting attachment frame

Podstawowe parametry techniczne prototypu maszyny ścinającej zamieszczono w tabeli 1. Przyjęto, że maszyna będzie wyposażona w zespół bezzędowny, z możliwością regulacji rozstawu rozdzielaczy tak, aby możliwe było ścinanie pojedynczych rzędów o spotykanej w Polsce szerokości międzyrzędzi 0,7-0,8 m [Nowakowski i in. 2008] lub rzędów bliźniaczych o rozstawie 0,75 m. Prędkość ruchu agregatu ciągnik-maszyna będzie uzależniona od warunków polowych, ale maksymalna nie przekroczy zalecanej $8 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ [Lechasseur, Savoie 2005]. Wysokość cięcia roślin 100 mm nad powierzchnią gruntu odpowiada zakresowi spotykanemu w dotychczasowych rozwiązaniach (50-100 mm [Szcukowski i in. 2006]).

Maszyna bazowa jest wyposażona w bębnowy zespół rozdrabniający, pozwalający na cięcie łodyg o średnicy do 70 mm na zrębki o wymiarze 20-60 mm (wg normy PN-91/D-95009). Podczas zbioru łodyg o większej średnicy, zwłaszcza przekraczającej 100 mm zaleca się techniki ścinania stosowane w leśnictwie.

Tabela 1. Parametry techniczne maszyny do zbioru roślin energetycznych
Table 1. Technical parameters of the machine for harvesting energy plants

Wyszczególnienie	Parametry
Maszyna bazowa:	
Źródło napędu	Ciągnik rolniczy 120 kW, kl. 2 (20 kN)
Liczba rzędów /szerokość robocza	1/0,75 m
Prędkość robocza	do $8 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$
Rodzaj połączenia z ciągnikiem	Zaczepiana/półzawieszana
Przepustowość	$30 \text{ t}\cdot\text{h}^{-1}$
Prześwit	300 mm
Zespół tnący	Bębnowy, średnica 600 mm, szerokość 450 mm, prędkość obrotowa $700 \text{ obr}\cdot\text{min}^{-1}$, liczba noży 12
Długość cięcia	20-60 mm
Przystawka ścinająca:	
Liczba tarcz tnących	2
Wysokość cięcia	100 mm
Prędkość obwodowa tarcz	$75-100 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$
Zespół podnosząco-podający	Zabierak palcowy z walcem podnosząco-podającym lub podajnikiem ślimakowym
Średnica zbieranych pędów	Do 70 mm
Wysokość ścinanych pędów	Do 9 m
Napędy:	
Tarcze ścinające	Hydrostatyczny
Zespół podnosząco podający	Hydrostatyczny z rewersem
Zespół tnąco-wyrzutowy	Mechaniczny

Przy opracowaniu koncepcji konstrukcji maszyny założono, że maszyna będzie miała budowę modułową, co ułatwi montaż i ewentualne, wynikłe w czasie badań, modyfikacje. Napędy hydrauliczne ułatwią sterowanie zespołami roboczymi i dobrane najlepszych parametrów roboczych dla różnych warunków polowych.

Wnioski

1. Opracowano dokumentację konstrukcyjną prototypu maszyny zbierającej z dwiema przystawkami ścinającymi do zbioru roślin energetycznych spełniającą założenia.
2. Konstrukcja zapewnia możliwość oceny i pomiaru parametrów pracy zespołów przy różnych ustawieniach przestrzennych elementów roboczych i parametrów pracy maszyny.
3. Konstrukcja przystawki umożliwia zamontowanie alternatywnych elementów roboczych w celu oceny ich przydatności przy różnych warunkach pracy urządzenia.

Bibliografia

- Lavoie F., D'Amours L., Savoie P.** 2007. Development and field performance of a willow cutter-shredder-baler. VDI BERICHTE. VOL. 2001. s. 311-316.
- Lechasseur G.G., Savoie P.** 2005. Cutting, bundling and chipping short-rotation willow. CSE-SCGR. Paper no. 05-080. s. 11.
- Lisowski A., Nowakowski T., Strużyk A., Kępa L., Smaga M., Bochniarz S.** Przystawka do sieczkarni polowej przeznaczona do zbioru roślin energetycznych. SGGW. Warszawa. Zgłoszenie patentowe P 385 536 z 26.06.2008.
- Nowakowski T., Lisowski A., Strużyk A., Dolżycki A., Smaga M.** 2008. Koncepcja maszyny do zbioru wierzby krzewiastej. Technika Rolnicza Ogrodnicza Leśna. Nr 2. s. 15-18.
- Szczukowski S.W., Tworkowski J., Stolarski M.** 2006. Wierzba energetyczna. Wyd. Plantpress. Kraków. s. 49.

Praca naukowa finansowana ze środków Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego w latach 2007-2010 jako projekt badawczy zamawiany PBZ-MNiSW-1/3/2006

CONSTRUCTIONAL DESIGN OF A MACHINE FOR HARVESTING ENERGY PLANTS GROWN WITHOUT ROWS

Abstract. The paper describes prototype of a universal machine for harvesting energy plants grown without rows, in form of chips or chaff. Patent Office received patent claim no. P 385 536 concerning cutting attachments made in two versions. In one of them, feeding unit has the form of elastic fingers, and in second – worm rollers. The machine has modular structure allowing its easy modifications. Hydraulic drive with electro-hydraulic control will allow to select optimal parameters for working elements and units in various field conditions. The machine may cut down plants at the height of up to 100 mm, for sprout diameters reaching up to 70 mm, and shred them into pieces sized 20-60 mm.

Key words: energy plants, harvest, machine for harvesting energy plants grown without rows

Adres do korespondencji:

Aleksander Lisowski; e-mail: aleksander_lisowski@sggw.pl
Katedra Maszyn Rolniczych i Leśnych
Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie
ul. Nowoursynowska 164
02-787 Warszawa