

Witold NIEMIEC¹
Feliks STACHOWICZ²
Tomasz TRZEPIECIŃSKI³
Stanisław SKIBA⁴
Wojciech ŚLENZAK⁵
Marta WÓJCIK⁶

KIERUNKI ROZWOJU MODERNIZACJI UPRAW I PRZERÓBKBI BIOMASY W MAŁYCH I ŚREDNICH GOSPODARSTWACH ROLNYCH

W opracowaniu przedstawiono rozwiązania konstrukcyjne wybranych maszyn do zbioru roślin energetycznych o zdrewniałych pędach, przeznaczonych do wykorzystania w małych i średnich gospodarstwach rolnych. Prototypy maszyn powstały w wyniku współpracy pracowników Politechniki Rzeszowskiej ze Spółdzielczą Grupą Producentów Roślin Energetycznych Agroenergia w Boguchwale. Jednym z przyjętych założeń podczas projektowania maszyn było ich przeznaczenie do pracy w małych i średnich gospodarstwach, gdzie wykorzystanie wysokowydajnych i kosztownych maszyn jest nieuzasadnione ekonomicznie. Opracowane opatentowane kosiarki do ścinania pędów roślin energetycznych, zwłaszcza wierzby, są zawieszane na ciągniku rolniczym. 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. Przedstawiono również innowacyjną sieczkarnię do rozdrabniania pędów roślin energetycznych oraz gałęzi stanowiących odpad przy wycince drzew w lesie lub przecince drzew w sadach owocowych. Sieczkarnia do drewna może być napędzana wałkiem odbioru mocy ciągnika lub alternatywnie: silnikiem elektrycznym lub spalinowym. Zmianę długości ciętych kawałków drewna uzyskano poprzez zastosowanie głowicy z możliwością zamocowania

¹ Autor do korespondencji: Witold Niemiec, Politechnika Rzeszowska, al. Powstańców Warszawy 12, 35-959 Rzeszów, tel. 17 8651504, wniemiec@prz.edu.pl

² Feliks Stachowicz, Politechnika Rzeszowska, al. Powstańców Warszawy 12, 35-959 Rzeszów, tel. 17 8651538, stafel@prz.edu.pl

³ Tomasz Trzepieciński, Politechnika Rzeszowska, al. Powstańców Warszawy 12, 35-959 Rzeszów, tel. 17 8651714, tomtrz@prz.edu.pl

⁴ Stanisław Skiba, Spółdzielcza Grupa Producentów Roślin Energetycznych Agroenergia, ul. Tkaczowa 146, 36-040 Boguchwała, tel. 17 8701582, agroenergia@vp.pl

⁵ Wojciech Ślenzak, Spółdzielcza Grupa Producentów Roślin Energetycznych Agroenergia, ul. Tkaczowa 146, 36-040 Boguchwała, tel. 17 8701582, agroenergia@vp.pl

⁶ Marta Wójcik, Politechnika Rzeszowska

dwóch lub sześciu noży, których położenie względem głowicy jest regulowane bezstopniowo. Uzyskane podczas badań urządzenia zębki geometrycznie spełniają wymagania stawiane zębkom przeznaczonym do celów opałowych. Proponowane rozwiązania charakteryzują się nieskomplikowaną modułową konstrukcją, co przekłada się na zwiększoną niezawodność maszyny i możliwość samodzielnej obsługi bieżącej oraz serwisowej.

Słowa kluczowe: biomasa, przeróbka biomasy, sieczkarnia do drewna, wierzba energetyczna, zbiór biomasy

1. Wprowadzenie

Według powszechnej opinii obserwowane zmiany klimatu związane są wzrostem emisji przede wszystkim dwutlenku węgla powstającego w procesach spalania paliw kopalnych, głównie węgla brunatnego i kamiennego. Uwarunkowania prawno-polityczne stwarzają konieczność podjęcia działań zmierzających do redukcji stężenia emisji CO₂ do atmosfery. W związku z tym, zapotrzebowanie na biomasę przeznaczaną na potrzeby energetyczne będzie szybko wzrastać. Powiększające się areale upraw roślin przemysłowych i energetycznych zagrażają tradycyjnym uprawom przeznaczonym do produkcji żywności. Cechą rolnictwa w Polsce południowo-wschodniej jest rozdrobnienie arealów upraw, urozmaicona hipsografia terenu i często utrudniony dostęp do pól. 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 [6].

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, a w szczególności pozyskiwanie plonu roślin o zdrewniałych pędach do celów energetycznych. W opracowaniu przedstawiono unikatowe konstrukcje maszyn i urządzeń wchodzących w skład technologii produkcji roślin energetycznych. Rozwiązania techniczne tych urządzeń zostały opracowane i opatentowane w Politechnice Rzeszowskiej, a ich działanie zostało przetestowane we współpracy z producentami biomasy zrzeszonymi w Grupie Producentów Roślin Energetycznych w Boguchwale. Cechą szczególną prezentowanych maszyn jest stosunkowo prosta konstrukcja i łatwa obsługa, co przekłada się na niską cenę maszyny i wzrost niezawodności ich użytkowania.

2. Metody zbioru wierzby energetycznej

Zbiór biomasy może odbywać się jedno- lub dwuetapowo. W pierwszym przypadku biomasa jest zbierana przez wyspecjalizowane samojezdne maszyny, których zadaniem jest ścinanie pędów wierzbowych z jednoczesnym ich rozdrobnieniem oraz załadunkiem na zespół transportowy. Taki zbiór biomasy w małych gospodarstwach jest ograniczony ze względu na wysokie koszty związane z amortyzacją maszyn. W systemie dwuetapowym następuje najpierw zebranie biomasy z areałów upraw i późniejsze jej rozdrobnienie za pomocą urządzeń zwanych rębakami. Pomimo wielu wad związanych z małą wydajnością, podstawową zaletą tej metody jest możliwość zmniejszenia wilgoci biomasy przed ostatecznym jej rozdrobnieniem.

Zbiór wierzby energetycznej można przeprowadzać corocznie (wysokość pędów 2-3 m, co dwa lata (5-6 m) lub co 3 lata (5-7 m). W ciągu dwóch pierwszych lat zbiór powinien odbywać się corocznie w celu uzyskania rozkrzewiania się roślin [2]. Do zbioru wierzby jednorocznej (średnica do 0,02 m) najczęściej wykorzystuje się narzędzia ręczne (kosiarki i pilarki spalinowe). Po zebraniu plonu, pędy są rozdrabniane za pomocą rębarki. Wierzbę 1-2 roczną można również ścinać z jednoczesnym rozdrobnieniem za pomocą sieczkarni do kukurydzy (ciągnikowych lub samojezdnych). Do zbioru wierzby 2-3 letniej (średnica 0,06-0,07 m) wykorzystuje się narzędzia ręczne lub kosiarki z piłą tarczową oraz w ograniczonym zakresie, głównie usługowo, ciągnikowe sieczkarnie zrębkujące lub sieczkarnie samobieżne [2]. W Polsce dominują plantacje wierzby gdzie zbiór odbywa się przy użyciu pilarek lub kos spalinowych [2]. Po ścięciu pędy są układane w stertach do przeschnięcia i następnie są rozdrabniane różnego typu maszynami. Zbiór maszynowy wierzby 2-3 letniej jest głównie oparty o usługowe wykorzystanie przystawki HS-2 montowanej do sieczkarni samobieżnej firmy Class. Przy wydajności zbioru 0,3-0,75 ha·godz.⁻¹ ekonomicznie uzasadnione jest wykorzystanie tej sieczkarni na areale upraw 200-300 ha [2].

Mechanizacja prac związanych z produkcją biomasy umożliwia zmniejszenie kosztów robocizny o około 90% w porównaniu z wariantem w którym sadzenie i zbiór odbywa się ręcznie [9]. Na wartości wskaźników jednostkowych kosztów wykonania prac wpływa m.in. stosowana technologia produkcji, obszar i kształt plantacji, warunki naturalne (rodzaj gleby i ukształtowanie terenu) oraz odległość plantacji i stan dróg dojazdowych [9]. Zwiększenie obszaru plantacji z 0,5 do 50 i więcej ha powoduje obniżenie jednostkowych nakładów siły pociągowej o ponad 30% [8].

3. Przesłanki podjętych badań

W samym tylko województwie podkarpackim, na podstawie danych szacunkowych istnieje ok. 200 tys. ha nieużytków rolnych lub odłogowanych gleb. Ponadto wzrasta ilość gleb odłogowanych, których ilość trudno oszacować, po-

nieważ brak jest danych w tym zakresie, a sytuacja podlega ciągłym zmianom. W ostatnich latach zanotowano postęp w przedstawianiu ofert rozwiązań specjalistycznych maszyn do zbioru i przetwarzania biomasy pozyskiwanej ze zdrewniałych łądyg, np. kosiarki, rębaki, sieczkarnie do drewna oraz kombajny. Problem braku maszyn dostosowanych do skali produkcji biomasy nadal istnieje i wymaga dalszych poszukiwań trafnych rozwiązań [1, 7, 10, 11]. Szczególnie poszukiwane są maszyny przeznaczone dla niewielkich plantacji, o niskich wymaganiach mocy ciągnika (tabela 1) i dostosowane do hipsografii terenu. Jak do tej pory, podstawowym źródłem napędu dla maszyn rolniczych w Polsce są ciągniki o zróżnicowanej mocy. W przypadku zakładania, pielęgnacji, pozyskiwania plonu oraz jego obróbki na plantacjach roślin energetycznych, ciągniki stanowią podstawowe źródło napędu specjalistycznych maszyn. Ponadto najczęściej za pomocą ciągników transportuje się plon z pól do dalszej obróbki lub do ostatecznego energetycznego zagospodarowania.

Tabela 1. Wymagana moc ciągnika rolniczego stosowanego do uprawy oraz zbioru wierzby energetycznej, na podstawie [2]

Table 1. The required power of tractor used in cultivation and harvesting of energetic willow, on the basis of [2]

Maszyny i urządzenia do uprawy, zbioru i obróbki roślin energetycznych	Parametry robocze (liczba rzędów, wydajność)	Moc ciągnika/silnika, kW
Sadzarki chwytakowe	2-rzędowa	20-25
	4-rzędowa	35-45
Specjalistyczne sadzarki do wierzby	2-rzędowa	45-60
	4-rzędowa	50-90
Wykaszarki spalinowe, łańcuchowe piły spalinowe		2-3
Kosiarki do wierzby z piłą tarczową	0,1-0,15 ha·godz ⁻¹	25-40
Sieczkarnie ciągnikowe do kukurydzy	1-rzędowa	40-50
	2-rzędowa	90
Przystawki do cięcia wierzby montowane do sieczkarni samobieżnych	0,35-0,6 ha·godz ⁻¹	250
	0,45-0,75 ha·godz ⁻¹	350
Specjalistyczne ciągnikowe maszyny do zbioru wierzby w postaci zrębków lub całych łądyg		90-120

Brak specjalistycznych środków produkcji dostosowanych do wielkości arealów oraz ich wysoka cena, to główne przeszkody mechanizacji plantacji roślin energetycznych wskazywane przez potencjalnych małych i średnich producentów biomasy. Optymalnym ekonomicznie rozwiązaniem dla tych gospodarstw produkujących biomasę jest zbudowanie maszyn zaczepianych na typowym ciągniku rolniczym, który stanowi źródło ich napędu [5, 13]. Jedną z przesłanek podjętych działań związanych z konstrukcją nowych maszyn do zbioru i przetwarzania biomasy roślin o zdrewniałych pędach jest wysoki koszt wysokowydajnych maszyn, których stosowanie w gospodarstwach małoobszarowych

jest nieopłacalne. Z uwagi na prostą konstrukcję proponowane środki techniczne są atrakcyjne cenowo w odniesieniu znanych rozwiązań sieczkarni produkowanych za granicą.

4. Maszyny i urządzenia do zbioru i rozdrabniania biomasy

Znane maszyny do zbioru roślin energetycznych przystosowane do pracy na wielkoobszarowych plantacjach nie nadają się do stosowania na małoobszarowych uprawach, często stanowiących pasy o szerokości kilkunastu metrów i powierzchni mniejszej niż 1 hektar. W ramach prac nad mechanizacją czynności przy produkcji biomasy zdrewniałych roślin, którą stanowi przede wszystkim wierzba energetyczna, zwłaszcza przy jej realizacji na małoobszarowych plantacjach, skonstruowano kosiarkę do drzewiastych roślin [3]. Kosiarka (rys. 1) posiadająca ramę w formie przestrzennej kratownicy dostosowanej do trójpunktowego zawieszenia na ciągniku z ramieniem roboczym wyposażonym w tarczową piłę tnącą charakteryzuje się tym, że ramię robocze połączone jest z kratownicą za pomocą przegubu, a do wymienionego ramienia roboczego, w pobliżu jego końca, zamocowane jest koło podporowe, o regulowanym położeniu względem ramy, prowadzące piłę tnącą względem podłoża.



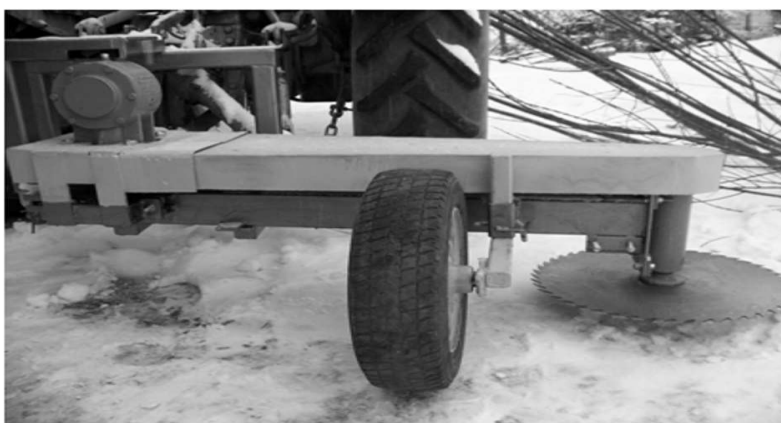
Rys. 1. Kosiarka do drzewiastych roślin

Fig. 1. Mower for woody plants

Odmianę przedstawionej kosiarki stanowi rozwiązanie, w którym w miejsce siłownika hydraulicznego z końcówką wyposażoną w piłę tnącą z napędem do ramienia roboczego zamocowana jest przekładnia napędzana od wałka odbioru mocy ciągnika. Opracowana kosiarka jest specjalistyczną maszyną przeznaczoną przede wszystkim do wykorzystania na niewielkich plantacjach, umożliwiającą mechaniczny zbiór pędów jednorocznych lub wieloletnich. Maszyna jest dostosowana do transportu i współpracy z wszystkimi klasami i typami ciągników

rolniczych oraz w dowolnym terenie dostępnym dla tych ciągników. Kosiarka może być również wykorzystana do ścinania pędów krzewów, np. agrestu, aronii, porzeczki i tym podobnych, lub roślin ozdobnych o zdrewniałych pędach przy likwidacji tych upraw. Zaletą zastosowania hydraulicznego sterowania wysięgnika kosiarki jest możliwość płynnej regulacji wielkości wysięgu, bez konieczności opuszczania przez kierowcę kabiny ciągnika, co umożliwia dokładne wycinanie pędów roślin nie rosnących w regularnych rzędach.

Zastosowane wahliwego ramienia roboczego kosiarki oraz kopiowanie nierówności terenu w pobliżu ścinanej rośliny przez prowadzące koło podporowe, pozwala na efektywniejszy zbiór drzewiastych roślin i zabezpiecza tarczę piły tnącej przed uszkodzeniem w wyniku wbijania się jej w powierzchnię gruntu. Celowe jest również wykorzystanie do zbioru drzewiastych roślin odmiany przedstawionej kosiarki, w której w miejsce napędu hydraulicznego z regulacją wysięgu ramienia roboczego zastosowano prostszy napęd mechaniczny i sztywniejszy układ mocowania piły tnącej. Maszyna (rys. 2) jest tańsza od kosiarki z napędem hydraulicznym, ale mniej uniwersalna dlatego, że zalecana jest głównie do zbioru roślin w rzędowym nasadzeniu.

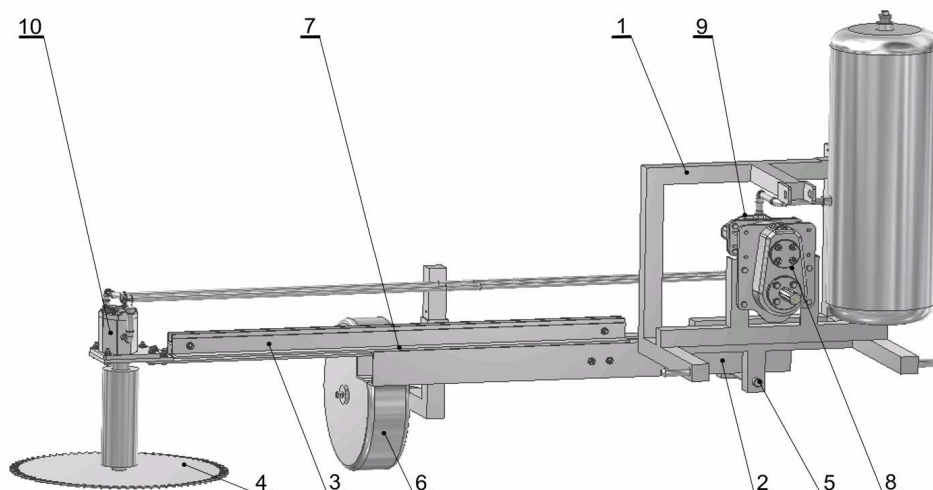


Rys. 2. Kosiarka do drzewiastych roślin o napędzie piły tnącej od WOM ciągnika

Fig. 2. Mower for woody plants; the saw is power take-off shaft driven saw

Kolejną odmianą omawianej kosiarki do drzewiastych roślin jest kosiarka z wysuwającym ramieniem i hydraulicznym napędem piły tnącej (rys. 3). Kosiarka posiada ramę (1) dostosowaną do trzypunktowego układu zawieszania narzędzi na ciągniku rolniczym oraz ramię robocze (2) z wysięgnikiem (3) wyposażonym w tarczową piłę tnącą (4). Ramie robocze (2) połączone jest z ramą (1) za pomocą przegubu (5), a do wymienionego ramienia roboczego (2), w pobliżu jego końca, zamocowane jest koło podporowe (6). Z wysięgnikiem (3) sprzężony jest siłownik hydrauliczny, umieszczony wewnątrz ramienia roboczego (2), którego końcówka wyposażona jest w rolki współpracujące z prowadnicą (7).

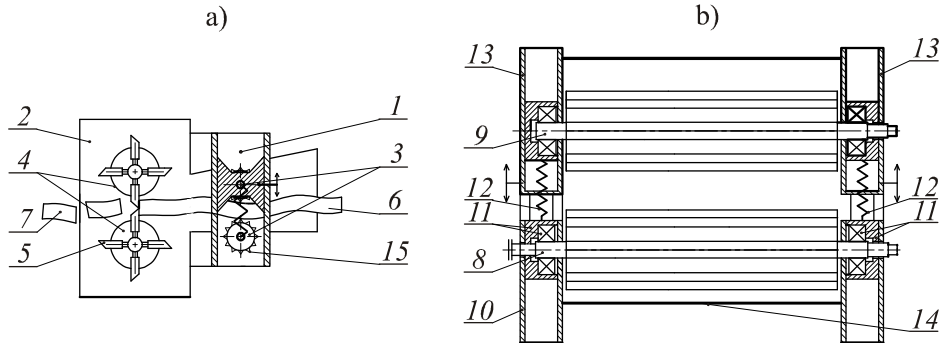
Piła tnąca napędzana jest silnikiem hydraulicznym (10) poprzez reduktor (8) oraz pompę hydrauliczną (9).



Rys. 3. Model kosiarki ciągnikowej opracowany w programie Autodesk INVENTOR: 1 - rama, 2 - ramię robocze, 3 - wysięgnik, 4 - piła tarczowa, 5 - przegub, 6 - koło podporowe, 7 - prowadnica, 8 - reduktor, 9 - pompa hydrauliczna, 10 - silnik hydrauliczny

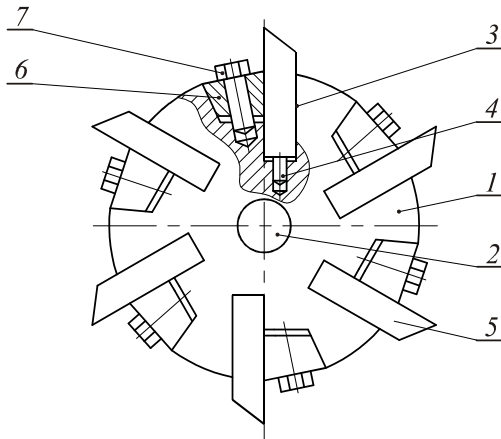
Fig. 3. Model of tractor mover prepared using Autodesk INVENTOR computer program: 1- frame, 2 - working arm, 3 - outrigger, 4 - circular saw, 5 - articulated joint, 6 - supporting wheel, 7 - guide, 8 - reduction gear, 9 - hydraulic pump, 10 - hydraulic engine

Do rozdrabniania płonu zebranego za pomocą przedstawionych rozwiązań kosiarek skonstruowano sieczkarnie do drewna będące przedmiotem ochrony na terytorium Polski jako wzór użytkowy W-64585 [4]. Zespół rozdrabniający (rys. 4) składa się z głowicy, w której rozmieszczone są równomiernie na obwodzie noże tnące. W zależności od wymaganej długości ciętych zrębków zespół tnący uzbrajany jest w głowice tnące (rys. 5) z trzema nożami dla najdłuższych lub sześcioma nożami dla najkrótszych kawałków drewna. Położenie noży względem głowicy regulowane jest bezstopniowo, pozwalając na korektę ustawienia ostrzy wynikającą z zużycia krawędzi tnących. Sieczkarnia może być napędzana wałkiem odbioru mocy ciągnika (rys. 6a) lub alternatywnie: silnikiem elektrycznym (rys. 6b) lub spalinowym (rys. 6c). Najważniejsze elementy konstrukcyjne sieczkarni przedstawiono na rysunku 4 (a, b).



Rys. 4. Schemat ogólny (a) oraz przekrój poprzeczny zespołu podającego (b) sieczkarni do drewna: 1 - podajnik, 2 - zespół rozdrabniający, 3 - wałki podające, 4 - głowice tnące, 5 - nóż, 6 - cięty pęd, 7 - drewno kawałkowe, 8 - wał napędowy, 9 - wał dociskowy, 10 - rama, 11 - zespół łożyska i sprzęga jednokierunkowego, 12 - sprężyny dociskowe, 13, 14 - osłony, 15 - uzębiony wał

Fig. 4. The schematic (a) and cross-section of feeding unit (b) of wood-chipper: 1 - feeder, 2 - cutting unit, 3 - feed shafts, 4 - cutting heads, 5 - knife, 6 - stem, 7 - billet, 8 - driving shaft, 9 - clamping shaft, 10 - frame, 11 - unit of bearing and unidirectional clutch, 12 - compression springs, 13, 14 - guides, 15 - toothed shaft

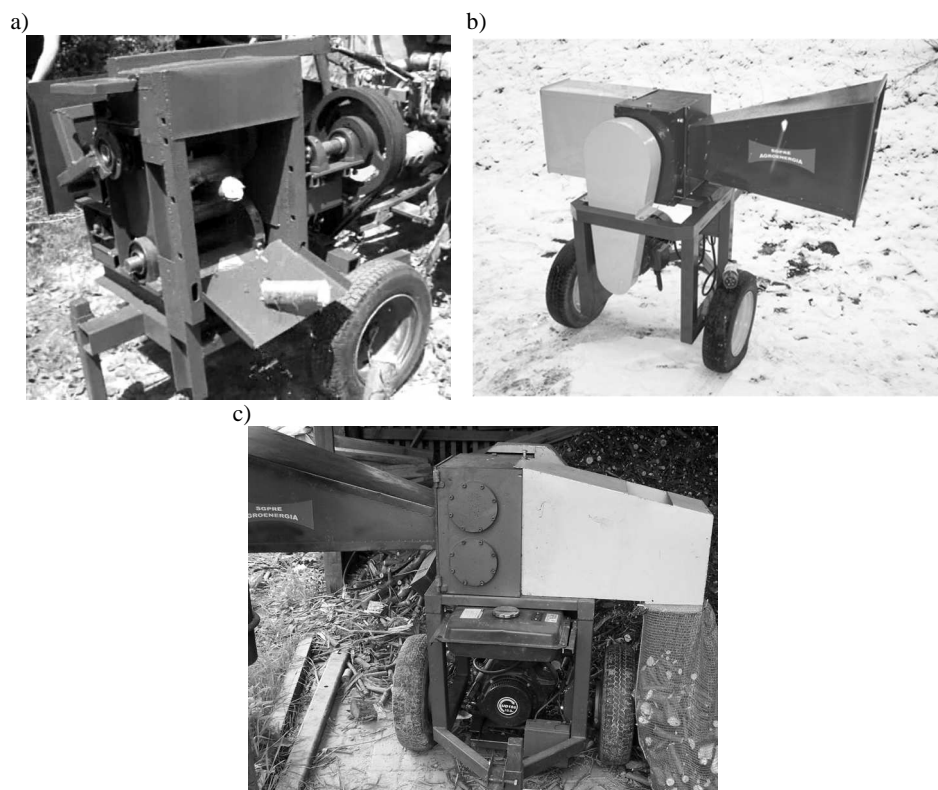


Rys. 5. Głowica tnąca: 1 - rdzeń, 2 - otwór, 3 - gniazdo nożowe, 4 - śruba regulacyjna, 6 - klin, 7 - śruba

Fig. 5. Cutting head: 1 - body, 2 - hole, 3 - knife seat, 4 - adjusting screw, 5 - knife, 6 - wedge, 7 - screw

W zależności od zainstalowanej ilości noży urządzenie umożliwia cięcie pędów o średnicy do 0,08 m (rys. 7a) na odcinki o długości około 0,1-0,2 m (rys. 7b). W systemach grzewczych, zarówno indywidualnych, w tym mikrokogeneracyjnych [12], jak i przemysłowych, niezbędne jest spełnienie wymogów jakościowych zrębków roślin energetycznych. Zautomatyzowane systemy kotłowe,

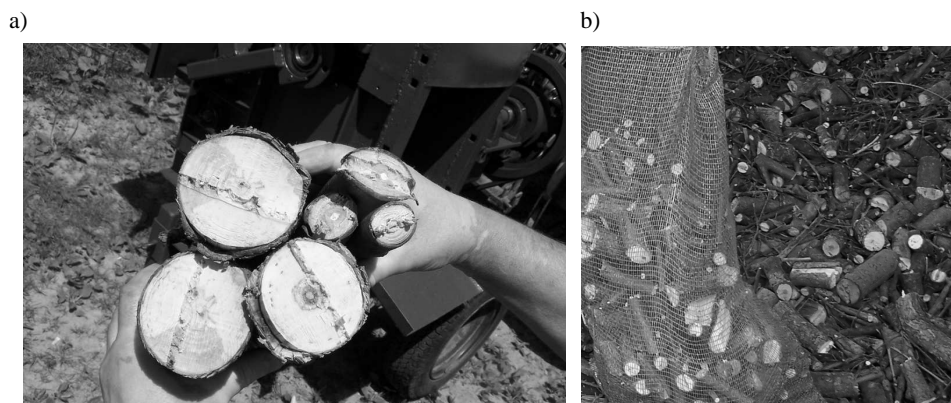
wyposażone w sterowane układy transportowe, wymagają aby stosowane paliwo miało określone, powtarzalne właściwości fizykochemiczne oraz geometryczne. Wielkość cząstek paliwa, określana jako skład granulometryczny, w największym stopniu odpowiada za niezawodną pracę urządzeń.



Rys. 6. Prototypy siewkarni do drewna napędzane WOM ciągnika (a) oraz silnikiem elektrycznym (b) lub spalinowym (c)

Fig. 6. The prototypes of chipping devices: PTO-driven (a) and electric motor (b) or combustion engine-driven (c)

Zbyt duże cząstki mogą powodować zapychanie kanału doprowadzającego paliwo lub zawieszanie się paliwa w urządzeniach. Możliwość uzyskiwania zrębków o określonej granulacji jest istotna w procesach technologicznych produkcji biopaliw. W przypadku przeznaczenia zrębków do dalszego przetwarzania (m.in. dosuszanie), wskazane jest uzyskiwanie zrębków o niewielkich wymiarach. W przypadku składowania, zbyt duże rozdrobnienie zrębków w połączeniu z wysoką ich wilgotnością jest niekorzystne ze względu na możliwość rozwoju procesów gnilnych.



Rys. 7. Widok (a) oraz przekrój poprzeczny (b) zrębków wierzby energetycznej

Fig. 7. The view (a) and cross-section (b) of energetic willow chips

5. Podsumowanie

Przedstawione rozwiązania konstrukcyjne kosiarek i sieczkarni dostosowane są do małych lub średnich areałów plantacji roślin energetycznych, są proste w obsłudze, niskoenergochłonne i tanie w użytkowaniu, ze względu na wykorzystanie ciągnika rolniczego jako źródła napędu.

Kosiarki z elementem tnącym w postaci piły tarczowej są szczególnie przydatne przy wycince zakrzaczeń i niewielkich drzew w rowach, których wycięcie za pomocą kosiarek listwowo-palcowych lub rotacyjnych do koszenia trawy jest niemożliwe.

Maszyny mogą być przydatne do pielęgnacji oraz podczas likwidacji plantacji krzewów owocowych (agrest, porzeczki, aronia) oraz rozdrabniania gałęzi.

Opracowane kosiarki i sieczkarnie do zbioru biomasy i jej przetwarzania wypełniają lukę pomiędzy kosztownymi wysokowydajnymi maszynami i pracą ręczną.

Literatura

- [1] Berhongaray G., Kasmoui O.E., Ceulemans R., Comparative analysis of harvesting machines on an operational high-density short rotation woody crop (SRWC) culture: One-process versus two-process harvest operation, *Biomass and Bioenergy*, vol. 58, 2013, pp. 333-342.
- [2] Muzalewski A.: *Zasady doboru maszyn rolniczych*. Instytut Budownictwa, Mechanizacji i Elektryfikacji Rolnictwa, Warszawa 2008.
- [3] Niemiec W., Skiba S., Ślenzak W.: *Kosiarka do drzewiastych roślin*, Patent P-213402, 2010.
- [4] Niemiec W., Skiba S., Ślenzak W.: *Sieczkarnia do drewna*, Wzór użytkowy W-

- 64585, 2007.
- [5] Niemiec W., Stachowicz F., Szewczyk M., Trzepieciński T.: Technologia wykorzystania biomasy w gospodarstwach małoobszarowych. Zeszyty Naukowe Politechniki Rzeszowskiej. Budownictwo i Inżynieria Środowiska, z. 59, nr 283, 2012, s. 493-500.
- [6] Niemiec W., Stachowicz F., Szewczyk M., Trzepieciński T.: Technological progress in production, logging and processing of the biomass. SSP - Journal of Civil Engineering, vol. 6, no. 2, 2011, pp. 85-92.
- [7] Niemiec W., Stachowicz F., Trzepieciński T.: Maszyny przeznaczone do zbioru wysokolodygowych roślin energetycznych na małych plantacjach, Technika Rolnicza Ogrodnicza Leśna, nr 4, 2012, s. 10-12.
- [8] Pawlak J.: Nakłady robocizny i siły pociągowej na plantacjach wierzby energetycznej, Inżynieria Rolnicza, nr 5(114), 2009, s. 229-235.
- [9] Pawlak J.: Wpływ wybranych czynników na koszty wykonania prac na plantacjach wierzby energetycznej, Problemy Inżynierii Rolniczej, nr 3(66), 2009, s. 39-47.
- [10] Spinelli R., Hartsough B.R., Magagnotti N.: Testing mobile chippers for chip size distribution. Journal of Forest Engineering, vol. 16, no. 2, 2005, pp. 29-35.
- [11] Spinelli R., Nati C., Magagnotti N.: Using modified foragers to harvest short-rotation poplar plantations. Biomass Bioenergy, vol. 33, no. 5, 2009, pp. 817-821.
- [12] Szewczyk M., Trzepieciński T.: Układy mikrokogeneracyjne pracujące w oparciu o biomasę [w:] Jan Krupa (pod red.), Zrównoważona turystyka szansą ochrony środowiska naturalnego, dziedzictwa kulturowego i rozwoju gospodarczego gmin pogórza dynowskiego, Dynów 2014, s. 53-63.
- [13] Trzepieciński T., Niemiec W., Stachowicz F.: Wybrane problemy projektowania kosiarek do ścinania drzewiastych roślin i pielęgnacji terenów zieleni, Technika Rolnicza Ogrodnicza Leśna, nr 1, 2013, s. 13-15.

WAYS OF MODERNISATION DEVELOPMENT OF CULTIVATION AND PROCESSING OF BIOMASS IN SMALL AND MEDIUM-SIZED FARMS

S u m m a r y

In the paper constructional solutions of selected machines destined to harvest energy plants in small and medium-sized farms are presented. Prototypes of machines are developed based on cooperation of employees Rzeszow University of Technology with Cooperative Energy Plant Manufacturers Group Agroenergia in Boguchwała. One of the assumptions was the possibility to use the machines to work in small and medium-sized farms, where the use of powerful and expensive machines is not economically justified. Developed patented mowers for felling energy plants shoots, especially willows, are suspended on the agricultural tractor. This is the optimal solution taken into account the high cost of self-propelled harvesters and tractor versatility, which is the primary source of propulsion in small and medium-sized farms producing biomass. An innovative device for shredding shoots of energy plants and branches during felling trees in the forest or in the orchards are also presented. Wood-cutter can be driven by power take-off shaft or by an electric motor or internal combustion engine. Changing the length of the chips is obtained by the use of the head attachment with two or six blades, whose position relative to the head is regulated continu-

ously. Obtained during the tests chips geometrically meet the requirements for chips used for heating purposes. Machines are characterized by uncomplicated modular construction, which translates into increased reliability of the machine and the ability to self-contained maintenance.

Keywords: biomass, biomass processing, wood-cutter, energetic willow, biomass harvesting

Przesłano do redakcji: 30.05.2015 r.

Przyjęto do druku: 30.10.2015 r.

DOI: 10.7862/rb.2015.113