

WYKORZYSTANIE PROJEKTOWANIA DOŚWIADCZALNEGO DO UZYSKANIA ZESTAWU MASZYNOWEGO DO ZMECHANIZOWANIA ZBIORU BIOMASY NA PRZYKŁADZIE TRZCINY ZWYCZAJNEJ

Edward Dreszczyk, Cezary Piątkowski, Paweł Sędłak
*Instytut Inżynierii Rolniczej, Zakład Eksploatacji Systemów Agrotechnicznych
Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie*

Streszczenie: W referacie przedstawiono koncepcję systemowego rozwiązania zagadnień zbioru roślin energetycznych, zwłaszcza na terenach podmokłych z zastosowaniem technologii zbioru jednofazowego maszyną, której wersję konstrukcyjną uzyskano w wyniku recyklingu modernizacyjnego gąsienicowego pojazdu militarnego metodą projektowania doświadczalnego. Otrzymano rozwiązanie projektowe wieloczynnościowej maszyny do wykaszania bagien, podmokłych łąk oraz wykonania innych operacji technologicznych wykonywanych w trudnych warunkach terenowych.

Słowa kluczowe: adaptacja, recykling, maszyna, biomasa, uprawa, zbiór, trzcina zwyczajna

Wstęp

Wzrost zainteresowania rozwojem technologii przetwórstwa biomasy nie znajduje wsparcia w możliwie najtańszych, a jednocześnie sprawdzonych rozwiązaniach technicznych. Z tego względu w latach 2001-2005 powrócono w badaniach do autorskiej koncepcji „własnego wytwarzania” urządzeń technicznych [Dreszczyk 1976] w rozwiniętej koncepcji projektowania doświadczalnego, w której korzysta się z obiektów przedkaszacyjnych. Obiekty te po użytkowaniu do normatywnej trwałości mogą być użyte do wykonania prototypowych maszyn o nowym przeznaczeniu. Analizując operacje granulacji i brykietowania biomasy do celów energetycznych wykazano potrzebę naukowego wspierania nowych inwestycji gdyż inwestorzy nie mogą się obronić przed nieuczciwymi dostawcami, a różna jakość materiału wejściowego (trawy, słoma, zrębki, trzcina, wierzba krzewiasta itp.) utrudnia lub wręcz uniemożliwia efektywne stosowanie „nie sprawdzonych technologii”. Począwszy od prostych instalacji Kliniskach, Żurominie, porcie szczecińskim (Polpelet), Golinie k/Mirosławca, uczestniczono w usuwaniu wadliwych rozwiązań [Dreszczyk i in. 2006].

W procesach uprawy i zbioru roślin szybko rosnących, z których uzyskuje się biomasę przeznaczoną do celów termoizolacyjnych oraz do produkcji nośników energii w różnej formie (ciekłe, gazowe i sypkie paliwa stałe), bardzo trudne jest mechanizowanie zbioru i transportu. W sytuacji dużego zainteresowania rolników możliwością rozszerzenia profilu

produkcyjnego gospodarstw na terenie Pomorza Zachodniego szczególnie ważne jest zagospodarowanie odłogów na użytkach zielonych (około 400 tys. ha) oraz uporządkowanie lokalnych trzcinowisk. Ze względu na zróżnicowane tereny, brak utwardzonych dróg lokalnych potrzebne jest uzupełnienie istniejącej luki w systemach maszynowych integrowanej gospodarki rolniczej i leśnej o kombajn wykonujący jednofazowo koszenie i załadunek biomasy na platformę transportową.

Jako rozwiązanie wytypowano maszynę, której wersję konstrukcyjną uzyskano w wyniku recyklingu modernizacyjnego gąsienicowego pojazdu militarnego metodą projektowania doświadczalnego. Projektowanie doświadczalne w porównaniu do badań naukowych wyróżnia się inną kolejnością etapów tworzenia rozwiązania. Projektujący dokonuje syntezy oczekiwań i stosuje typowe procedury inżynierskie do uzyskania dobrego rozwiązania w formie prototypu na bazie istniejącego rozwiązania konstrukcyjnego maszyny wycofywanej z użytkowania. Następnie analizuje się rozwiązanie i sprawdza w nowych warunkach użytkowania (ocena). W projektowaniu doświadczalnym powtarza się wielokrotnie etap oceny w warunkach użytkowania i obsługiwanie aby przyspieszyć proces wykonania efektywnego rozwiązania [Dreszczyk 1976]. Na podstawie wieloetapowego oceniania maszyny w konkretnych warunkach naturalnego trzcinowiska sprawdzano kolejne rozwiązania dostosowując je do uzyskiwanych nowych informacji o stanie gleby i roślinności w różnych okresach roku (opady, wiatr, przymrozki, zalewanie rowów, wjazdy i wyjazdy z trzcinowiska itp.). Zakładano potrzebę analizowania tych warunków w okresie wieloletnim z wykorzystaniem dotychczasowych informacji z okresu 15 lat uprawy i zbioru trzciny. Gruntownej weryfikacji założeń projektowych dokonano na podstawie kilkuletnich własnych obserwacji polderów trzcinowych w okresie wegetacji roślin oraz jesienno i zimowego wykaszania.

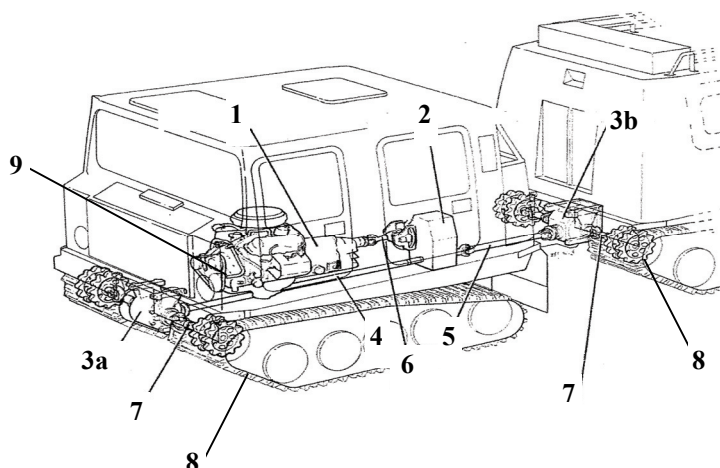
Cel badań

Jako cel badań przyjęto doświadczalne sprawdzenie koncepcji recyklingu adaptacyjnego przy tworzeniu prototypu maszyny do zbioru i transportu trzciny pospolitej – wykorzystywanej jako materiał dekarski, termoizolacyjny a jej odpady jako materiał opałowy. Dodatkowo założono aby wykorzystać do adaptacji technicznej pojazd wycofany z eksploatacji w technice wojskowej i potraktowano go jako bazę nośną prototypu dwuczłonowej maszyny rolniczej o uniwersalnym zastosowaniu do jednofazowego zbioru roślin energetycznych. Taki wariant postępowania umożliwił spożytkowanie pozostałego rezerwu obiektu technicznego który nie spełniał wymagań w pierwotnym zastosowaniu.

Materiał i metody

Cechy pojazdu BV206 (rys. 1) wytypowanego do recyklingu w wyniku kolejnych etapów projektowania doświadczalnego [Pansarvarns Bandvagn 2006]:

- Pojazd dwuczłonowy o specjalnym sprzęgu stałym – sterowany hydraulicznie, umożliwiającym kierowanie pojazdem i wzajemne przemieszczanie się obydwu członów względem siebie w płaszczyźnie poziomej i pionowej.
- Pojazd wyposażony w przekładnię redukcyjną o przełożeniach transportowych i roboczych, przeniesienie napędu przez sprzęgło kinetyczne i automatyczną przekładnię bezstopniową.
- Resorowane podwozie wyposażone w gumowe gąsienice, o rozwiniętej powierzchni styku gąsienic z podłożem.
- Szczelna obudowa nadwozia i wbudowane pompy odsysające umożliwiające poruszanie się po terenie o wysokim poziomie wody.
- Długość całkowita 7,1 m; szerokość 1,9 m; wysokość 2,2 m; prędkość maksymalna 55 km·h⁻¹; prędkość pływania 5 km·h⁻¹; zdolność pokonywania zboczy przy stabilnym gruncie do 40° a przy gruncie niestabilnym do 17°; maksymalny kąt nachylenia poprzecznego 30°; minimalny promień skrętu 8 m.



Źródło: Pansarvarns Bandvagn 2062

- Rys. 1. Schemat napędu lekkiej amfibii gąsienicowej BV206. 1 – czterozakresowa automatyczna skrzynia przekładniowa; 2 – skrzynia redukcyjno-rozdzielcza; 3a – przednia przekładnia główna; 3b – tylna przekładnia główna; 4 – wał sztywny; 5 – wał przegubowo-teleskopowy; 6 – wał zdawczy; 7 – krótki wał przegubowo-teleskopowy; 8 – gumowe gąsienice; 9 – silnik
- Fig. 1. Diagram showing drive system of lightweight tracked amphibious vehicle BV206: 1 – four-speed automatic transmission; 2 – distributing reduction gear; 3a – front final drive; 3b – rear final drive; 4 – stiff shaft; 5 – telescopic jointed shaft; 6 – output shaft; 7 – short telescopic jointed shaft; 8 – rubber tracks; 9 – engine

Wypróbowano badany obiekt w warunkach zróżnicowanych: podłoże piaszczyste, teren zaśnieżony, lód na jeziorze, szlamy na terenie oczyszczalni ścieków, torfowiska, łąki, łąki podmokłe, trzcinowiska, przejazdy przez wały ochronne – przeciwpowodziowe

i ochronne przy kanałach melioracyjnych. Wykonano próby cięcia trzciny przyrządami żniwnymi ze snopowiązałką. Formowano baloty na platformie ładunkowej. Dokonywano pełnego załadowania platformy, a następnie jej rozładowania. Sprawdzano możliwość pozostawienia części liścieni, trzciny na podłożu gruntowym oraz zbioru całych części nadziemnych. Dokonywano ścinania trzciny na różnych wysokościach w celu sprawdzenia możliwości pozostawiania ścierniska dostosowanego do poziomu wód opadowych lub uwodnienia trzciniowiska tak aby uniknąć gnicia karp korzeniowych zalewanych wodą po zbiorze trzciny. Wykonano również próby ścinania trzciny w różnych okresach (lipiec oraz okres zimowy). Tworzono ostoje lęgowe dla ptactwa w uzgodnieniu ze służbami ochrony przyrody, oraz oceniano zużycie paliwa, nakład pracy na obsługiwaniu maszyny i jej konserwację w trakcie sezonu. Sprawdzano wpływ stosowanej technologii zbioru trzciny na utrzymywanie się liczby ptaków na trzciniowisku. Ze względu na znaczenie wyników jako nowości traktuje się je na zasadzie „know how”.

Wyniki i dyskusja

Pojazd dwuczłonowy stanowiący bazę konstrukcyjną kombajnu do jednofazowego zbioru trzciny i innych prac w trudnych warunkach terenowych istotnie zmieniono. Hydrokinetyczny układ napędowy z silnikiem spalinowym o mocy 100 kW zastąpiono układem napędu hydrostatycznym. Zweryfikowano dodatkowe zapotrzebowanie mocy na podstawie momentu obrotowego potrzebnego do napędu przyrządu żniwnego. Okazało się konieczne zastosowanie silnika spalinowego o mocy powyżej 120 kW i innej charakterystyce zmian momentu. Konieczne było zapewnienie maksymalnego momentu obrotowego w trakcie pracy wiązałkowego zespołu żniwnego do ścinania traw. Hydrauliczne zawieszenie zespołu żniwnego zapewnia, że przy natrafieniu na przeszkodę niewidoczną dla operatora następuje uniesienie zespołu przy przeszkodzie do 30 cm wysokości lub zatrzymanie maszyny przy wyższych przeszkodach [Wiśniewski (red) 1997; Stryczek 1995].

Otrzymano obiekt techniczny w postaci pojazdu dwuczłonowego o następujących parametrach po usprawnieniach konstrukcyjnych rys. 2 [Piątkowski 2008]: długość – 8,5 m; promień skrętu – 8 m; max. ładowność całkowita – 2500 kg; moc silnika – 100 kW; max. prędkość w wodzie $3 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$; zużycie paliwa ok. $10 \text{ l}\cdot\text{h}^{-1}$; przeliczeniowy nacisk jednostkowy – $6,5 \text{ kN}\cdot\text{m}^{-2}$ (bez ładunku), $9,05 \text{ kN}\cdot\text{m}^{-2}$ (z ładunkiem). Dopracowano moduł sterujący układem hydraulicznym (roboczym i napędowym): wprowadzono hydrostatyczne sterowanie układem kierowniczym (orbitrol); platforma o powierzchni ładunkowej 10 m^2 ; zdolność pokonywania wzniesień 35° w normalnym terenie; 17° na śniegu. Pojazd gąsienicowy dwuczłonowy: kąt skrętu (między osiami) 34° ; kąt łamania (członów) $2 \cdot 17^\circ$; kąt przechyłu między członami 40° . W takim wykonaniu uzyskany obiekt pokonuje przeszkody terenowe i wodne na różnych podłożach (torfowiska, trzciniowiska, obszary bagienne, grunty porolne, łąki podmokłe oraz laguny ściekowe) [Piątkowski 2008].



Rys. 2. Maszyna do zbioru jednofazowego trzciny zwyczajnej. 1 – platforma załadowcza (półnaczepa); 2 – balotownica wraz z układem transportującym; 3 – układ jezdny o zmniejszonych naciskach wraz z układem przeniesienia napędu; 4 – kabina kierowcy; 5 – przyrząd żniwny

Fig. 2. Machine for single-phase common reed harvesting: 1 – loading platform (semitrailer); 2 – packaging machine for cuttings with conveying system; 3 – driving system with reduced pressure values including transmission system; 4 – driver's cab; 5 – harvesting unit

Pojazd wyposażono w przyrząd żniwny o uniwersalnym cięciu: rzędowym i bezrzędowym oraz snopowiązałkę pionową. Platforma jest półnaczepą podpartą na przednim członie (ciągniku) z hydrauliczną regulacją wysokości podparcia. Podstawowe wyposażenie platformy stanowi podłogowy przenośnik łańcuchowo-listwowy z napędem hydraulicznym. Do zbioru wilgotnej i rozdrobnionej biomasy przewidziano burtę przednią do wysokości kanału wyrzutowego siewczarni toporowej oraz uchylną tylną burtę z górną osią obrotu. Względy ekonomiczne wskazują na celowość balotowania biomasy z roślin wysokolodygowych zbieranych na sucho. W tym celu przewidziano opcjonalne wyposażenie platformy ładunkowej w formę do balotowania i uchylną tylną burtę z dolną osią obrotu. Wywrotnicowa forma do balotowania umożliwia jednofazowy zbiór biomasy z roślin wysokolodygowych w postaci gotowej do magazynowania, rozwiązanie zaprezentowano na rys. 3 [Piątkowski 2008]. Hydrauliczny wywrót formy zapewnia wystarczający stopień zgniotu balotów obwiązanych sznurem polipropylenowym. Wszystkie wymagane parametry maszyny jako żniwiarki, snopowiązałki, balotownicy i pojazdu transportowego zostały osiągnięte. Pozwoliło to na wprowadzenie maszyny do procesów technologicznych uprawy i zbioru trzciny zwyczajnej doskonalenie układu jezdnego w celu zminimalizowania nacisków na podłoże. Stosując różne warianty konstrukcyjne gąsienic wykonywano obliczenia [Dajniak 1974; Wiśniewski (red) 1997] i sprawdzano wpływ na podłoże (pole powierzchni styku oraz głębokość penetracji ogni w podłoże).



Źródło: Piątkowski C. 2008

Rys. 3. Balotownia w trakcie i po wykonaniu balotu. 1 – balot; 2 – burty skrzyni ładunkowej; 3 – wąsy balotownicy; 4 – układ przenośnikowy do przemieszczania i wyładunku balotów

Fig. 3. Packaging machine for cuttings during and after making of a packaging: 1 – packaging; 2 – loading box sides; 3 – packaging machine arms; 4 – conveyor system for packaging transport and unloading

W jednym sezonie agrotechnicznym skoszono 250 ha, w czasie 550 godzin pracy co przełożyło się na pozyskanie 1200 balotów trzciny o wilgotności około $12 \pm 16\%$. Wydajność $0,5 \text{ ha} \cdot \text{h}^{-1}$, zużycie paliwa w zakresie od $8,5$ do $11 \text{ l} \cdot \text{h}^{-1}$ w zależności od warunków terenowych. Efektywność pracy zależy od pogody, warunków terenowych, stanu wody, odległości do miejsca rozładunku, ukształtowania terenu, wielkości plantacji itp. Dlatego jest bardzo trudno wyliczyć energochłonność jednostkową procesu zbioru. Z jednego balotu pozyskuje się około 80 wiązek handlowych w cenie 1,5 euro.

Uzyskane rozwiązanie ma znamiona nowości technicznej i przez dodatkowe rekonstrukcje może służyć jako prototyp do zbudowania zestawu maszynowego do uprawy, nawożenia, ochrony chemicznej oraz zbioru roślin alternatywnych o dużym plonie biomasy z części nadziemnej i pogrubionych łodygach stanowiących zwiększone opory ścinania przy zbiorze.

Najważniejszymi wynikami z wykonanych badań jest doprowadzenie do zmniejszenia nacisków jednostkowych tzn. ciśnienia wywieranego przez elementy gąsienicowego mechanizmu na podłoże przy współpracy powierzchni roboczej gąsienicy z glebą do poziomu około 9 kPa tj. około $1 \text{ N} \cdot \text{cm}^{-2}$. Rezultat ten otrzymano po długotrwałych zmianach konstrukcyjnych mechanizmu gąsienicowego.

Wnioski

1. Jest możliwe takie zaprojektowanie procesu eksploatacji maszyny samojezdnej, aby dostosować ją do warunków, w których mechanizmy pracują pod mniejszym obciążeniem i mogą stanowić nowość techniczną przy dopracowywaniach nowych technologii uprawy roślin alternatywnych o większym zakresie zastosowań - np. do celów energetycznych.
2. Przykładowe zastosowanie pojazdu wojskowego jako jednostki napędowej do maszyny rolniczej jest dowodem na możliwość doskonalenia technologii uprawy i zbioru dotychczas jeszcze w takim zakresie nie stosowanych.

3. Zmniejszenie nacisków jednostkowych do poziomu około 9 kPa tj. około $1 \text{ N}\cdot\text{cm}^{-2}$, przy jednoczesnym zwiększeniu powierzchni styku gaśienic z podłożem do $9,75 \text{ m}^2$.
4. Zastosowanie układów hydrostatycznych do napędu układów roboczych i napędowych.

Bibliografia

- Dajniak H.** 1974. Ciągniki teoria ruchu i konstruowanie. Wydaw. Komunikacji i Łączności.
- Dreszczyk E.** 1976. Wtórne wytwarzanie urządzeń technicznych jako metoda zwiększania efektywności wykorzystania surowców i materiałów. Zagadnienia Eksploatacji Maszyn, Zeszyt 3(27).
- Dreszczyk E., Wanke P.** 2006. Systemowe rozwiązania recyklingu modernizacyjnego obiektów technicznych. Inżynieria Rolnicza. Nr 2 (77). s. 269-278.
- Piątkowski C.** 2008. Projektowanie doświadczalne zestawu maszynowego do zmechanizowania zbioru roślin energetycznych – na przykładzie kombajnu do zbioru trzciny. Praca magisterska, Szczecin.
- Stryczek S.** 1995. „Napęd hydrostatyczny” t. I i II, WNT, Warszawa.
- Wiśniewski C.** (red). 1997. Przyjazne dla środowiska projektowanie i użytkowanie maszyn rolniczych. Płock.
- „Pansarvarns Bandvagn 2062” - Instrukcja obsługi pojazdu BV 2006.

USING EXPERIMENTAL DESIGN TO OBTAIN A SET OF MACHINES FOR BIOMASS HARVEST MECHANISATION ON THE EXAMPLE OF COMMON REED

Abstract. The paper presents a concept of system solution for the issues concerning energy plant harvesting, particularly in waterlogged areas, using the technology of single-phase harvesting with a machine, which design version was obtained as a result of modernisation recycling of military tracked vehicle using experimental design method. This allowed to obtain design solution of a multi-functional machine allowing to mow swamps and waterlogged meadows, and to perform other technological operations in difficult field conditions.

Key words: adaptation, recycling, machine, biomass, cultivation, harvest, common reed

Adres do korespondencji:

Paweł Sędlak e-mail: pawel.sedlak@zut.edu.pl
Instytut Inżynierii Rolniczej,
Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie
ul. Papieża Pawła VI 3
71-459 Szczecin