

## LOGISTYKA - NAUKA

*transportowy, moduł, poduszgowcowy, nośnik,  
narzędzi, biomasa, kontener, pokos,  
rozdrabniacz, wirtualny, model*

Adam P. DUBOWSKI<sup>1,2</sup>, Krzysztof ZEMBROWSKI<sup>1</sup>, Sylwester WEYMANN<sup>1</sup>,  
Aleksander RAKOWICZ<sup>1</sup>, Radosław KARBOWSKI<sup>1</sup>, Wojciech SPYCHAŁA<sup>1</sup>,  
Agnieszka POTRYKOWSKA<sup>1</sup>, Józef ADAMOWICZ<sup>3</sup>, Ryszard KOSTEK<sup>3</sup>

### PODUSZKOWCOWY MODUŁ TRANSPORTOWY

*Poduszgowcowy Moduł Transportowy (PMT) został zaprojektowany w PIMR w ramach Projektu Rozwojowego nr N R 03 0077 06/2009. Pojazd zbudowany na bazie Poduszgowcowego Nośnika Narzędzi (PNN) jest przeznaczony do pracy na terenach wodno-błotnych i jest wyposażony w podbieracz pokosu z rozdrabniaczem- do zbierania pokosu ściętych traw, trzcin oraz do transportu biomasy w kontenerze na terenach wodno-błotnych Narodowych Parków itp. Szereg wirtualnych modeli Poduszgowcowego Modułu Transportowego opracowano i przetestowano w symulacyjnych badaniach i analizach. Wyniki tych analiz były weryfikowane na podstawie wyników badań rzeczywistego modelu PMT. Poduszgowcowy Moduł Transportowy może pracować jako przyczepa PNN lub też będzie zdolny poruszać się niezależnie przy użyciu pomocniczego modułu gąsienicowego, który jest umieszczony pod częścią dziobową kadłuba.*

### HOVERCRAFT TRANSPORTATION MODULE

*Hovercraft Transportation Module (HTM) was designed by PIMR in R&D Research Projekt No. N R 03 0077 06/2009. Vehicle's hull is based on Hovercraft Tools Carrier and it is dedicated for wetlands conservation and protection. It is equipped with swath pickup shredder attachment for crushing and collecting biomass into container and its transport in wetlands of National Parks etc. Several virtual models of HTM were designed and verified in simulation tests and analyses. Results of these tests were compared with preliminary data of real model of new vehicle. Hovercraft Transportation Module can work as trailer of Hovercraft Tools Carrier or it will be able to move as independent unit using additional small crawler module located in the bow bottom part of hull.*

<sup>1</sup> PIMR-Przemysłowy Instytut Maszyn Rolniczych, 60-963 Poznań, Starołęcka 31; <http://www.pimr.poznan.pl>

<sup>2</sup> E-mail: [dubowski@pimr.poznan.pl](mailto:dubowski@pimr.poznan.pl) ; tel. +48 61 8712 230

<sup>3</sup> Hovertech, <http://www.hovertech.com.pl>

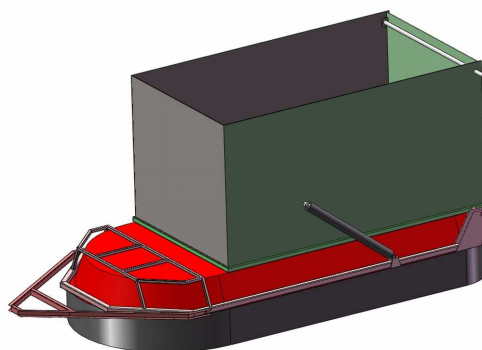
## 1. WSTĘP

W realizowanym w Przemysłowym Instytucie Maszyn Rolniczych (PIMR) Projekcie Rozwojowym nr N R 03 0077 06/2009 [1] prowadzone są prace, których celem jest opracowanie zintegrowanej technologii dla potrzeb ochrony obszarów wodno-błotnych przed niepożądaną sukcesją roślinności. W pierwszej fazie projektu opracowano specjalistyczny pojazd – Poduszkowcowy Nośnik Narzędzi (PNN) [2-4] z zasadniczym przeznaczeniem do koszenia traw, trzcin oraz na niewielką skalę - do usuwania pojedynczych krzaków i kilkuletnich samosiejek drzewek. Wstępna koncepcja konstrukcji PNN zakładała wielozadaniowy charakter jego pracy tj. PNN, miał służyć zarówno do ścinania traw, turzyc, trzcin [rys. 1] na terenach Narodowych Parków, obszarów Natura 2000 itp. jak i do zbioru ściętej biomasy, a w jednej z zakładanych opcji także do transportować biomasę do magazynów buforowych zlokalizowanych w pobliżu dróg dojazdowych.



*Rys. 1. Wstępna koncepcja Poduszkowcowego Nośnika Narzędzi przystosowanego do koszenia i załadunku pneumatycznego biomasy na Moduł Transportowy*

W miarę postępu prac projektowych stwierdzono, że stosunkowo niewielkie wymiary kadłuba PNN (długość ok. 6,5m ; szerokość ok. 2,5m) nie zapewnią odpowiednio dużej nośności, a przede wszystkim wystarczająco dużej przestrzeni, by myśleć o tak wielozadaniowym przeznaczeniu PNN. Postanowiono zaprojektować dodatkowy pojazd, nazwano go Poduszkowcowym Modułem Transportowym (PMT), który będzie służył do zbierania i transportu biomasy w kontenerze i jej rozładunku na terenie buforowego magazynu (rys. 2).



Rys. 2. Wstępna koncepcja Poduszkowcowego Modułu Transportowego z lekkim kontenerem i mechanizmem jego rozładunku

Symulacyjne analizy komputerowe wskazywały na zbyt duże obciążenie modułami narzędziowymi przedniej części kadłuba PNN. W celu lepszego rozkładu mas postanowiono zmodyfikować napęd PNN - zamiast jednego silnika zastosowano dwa silniki: 1) silnik do napędu śmigła ruchu postępowego oraz 2) silnik pomocniczy dla zespołu wytwarzania poduszki powietrznej. Silniki usytuowano jeden nad drugim i tym samym masa w części rufowej wzrosła o kilkadziesiąt kilogramów. Niestety masa zespołu narzędziowego złożonego z kosy czołowej, podbieracza i wentylatora była nadal zbyt duża dla prawidłowego wyważenia kadłuba PNN.

Do pracy na podmokłym terenie postanowiono zamontować w PNN tylko narzędzia przeznaczone do koszenia traw i trzciny oraz ich układania w uformowany pokos (rys. 3), stwierdzono także potrzebę wprowadzenia stosownych zmian w konstrukcji i zabudowie podzespołów narzędziowych Poduszkowcowego Modułu Transportowego.



Rys. 3. Wirtualny model PNN w wersji z kosą czołową - przystosowany do holowania Poduszkowcowego Modułu Transportowego.

## 2. PODUSZKOWCOWY MODUŁ TRANSPORTOWY

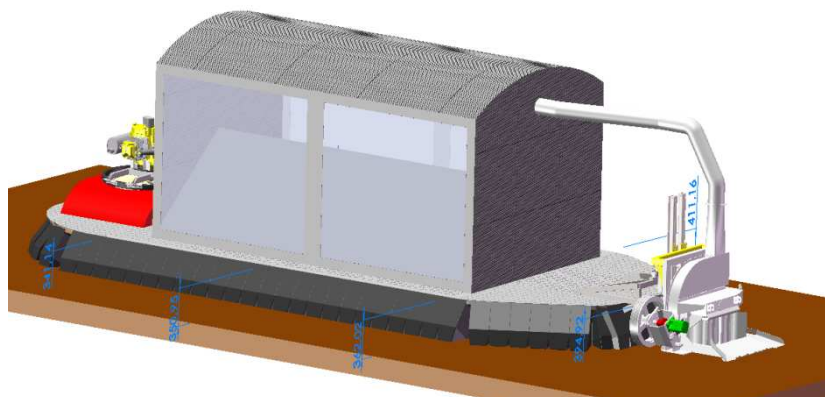
Zagadnienie porządkowania terenów chronionych jest obecnie sporym wyzwaniem technologicznym, bowiem na terenach Parków Narodowych: Biebrzańskiego - mamy około 40 tys. ha zagrożonych niepożądaną sukcesją roślinności, a w Słowińskim - około 21,5 tys. ha. Tereny te praktycznie od kilkudziesięciu lat nie były poddane żadnym zabiegom ochronnym. Problemem prowadzenia zabiegów ochronnych na terenach chronionych Parków Narodowych, Obszarów Natura 2000, Parków Krajobrazowych jest nie tylko koszenie traw i trzcin oraz usuwanie niepożądanych zakrzaczeń i nalotów samosiejek drzewek, ale przede wszystkim konieczność możliwie szybkiego, w ciągu kilku tygodni, usunięcia ściętej biomasy poza teren chroniony. Ścinanie wysokich traw i latami niekoszonych trzcinowisk rosnących na podmokłych terenach sprawia duże problemy logistyczne związane z potrzebą wywiezienia znacznych objętości biomasy, której nie można rozdrobnić i po pozabawieniu soków (prasowanie, wirowanie) w formie granulatu lub brykietów przetransportować do buforowych magazynów usytuowanych w pobliżu dróg lokalnych.

Przyrodnicy stoją na stanowisku, że soki wyciśnięte ze ściętych roślin i wylane na porządkowanym terenie będą przyspieszały wzrost roślin, czego należy unikać. W chwili obecnej zabiegi koszenia traw i trzcin na terenach chronionych można prowadzić tylko w dwóch miesiącach – sierpniu i we wrześniu, przy czym określona wysokość koszenia (9-12 cm) pozwala wiosną i latem następnego roku uzyskać wysokość roślin odpowiednią dla rozmnażania się ginących gatunków ptaków np. wodniczek.

W ramach zmodyfikowanej koncepcji zaproponowano, by na bazie skonstruowanego kadłuba PNN opracować nową wersję Poduszkowcowego Modułu Transportowego. Zmodyfikowany PMT jest przystosowany do sprzęgania z PNN będzie zbierał pokos do - kontenera i transportował biomasę do buforowych magazynów. Inną opcją jest takie zaprojektowanie bardzo lekkiego i składanego kontenera, by po napełnieniu biomasą mógł być rozładowany i pozostawiony w terenie. Zaletą takiego pomysłu jest możliwość pozostawiania biomasy na okres kilku tygodni w prowizorycznie zabezpieczonym przed deszczem kontenerze i jej przeschnięcie - tym samym transport lżejszych kontenerów powinien sprawiać mniej problemów technicznych i logistycznych, ale może generować spore koszty na paliwo potrzebne do zasilania benzynowych silników, które stosowane są obecnie w niewielkich samolotach.

Konstrukcja kadłuba PMT i jego elementy wyposażenia są aktualizowane i modyfikowane w miarę postępu prac związanych z budową wirtualnych i rzeczywistych modeli (rys. 4, 5). Wprowadzane zmiany uwzględniają wyniki funkcjonalnych badań, wyniki prób unoszenia kadłuba na poduszce powietrznej, prób przemieszczania po utwardzonym podłożu i po łące. Kontener posiada odpowiednio uformowane dno oraz częściowo uchylne ściany boczne, które pozwalają na mechaniczny rozładunek zebranej biomasy na boki. Koncepcja konstrukcji kontenera Modułu Transportowego zakłada możliwość zmechanizowania jego rozładunku, a więc po dotarciu do buforowego magazynu - rozładunek biomasy bezpośrednio na ziemię lub do kosza załadunkowego przenośnika i dalej do maszyn produkujących brykiety, kompost itp. Opracowanie docelowego sposobu zbierania biomasy i jej transportu wymaga przeprowadzenia szeregu terenowych badań.

Pewną niedogodnością transportu biomasy w kontenerze może okazać się jego stosunkowo duża bryła, która może pod wpływem siły naporu wiatru przesuwać kadłub na boki i tym samym wytrącać, spychać cały zestaw poduszkowcowy z obranego kierunku poruszania się w terenie. Kolejną niedogodnością może okazać się też zbyt duża ilość zbieranej biomasy i problemy logistyczne z jej transportem do magazynów buforowych.



*Rys. 4. Wirtualny model Poduszkowcowego Modułu Transportowego przystosowany do zbierania biomasy oraz do mechanicznego rozładunku biomasy na boki kontenera*



*Rys. 5. Rzeczywisty model Poduszkowcowego Modułu Transportowego przystosowany do zbierania biomasy w kontenerze przystosowanym do mechanicznego rozładunku biomasy na boki*

Wstępne symulacyjne badania wirtualnych modeli tej wersji PMT wykazały, że kontener tylko częściowo wypełniony biomasą (około 400 kg) może stanowić zbyt duże obciążenie dla niewielkiego modułu transportowego (rys. 5).



Rys. 5. Badania symulacyjne wirtualnego modelu PMT wskazują na możliwość kolizji kadłuba z podłożem, przy dodatkowym obciążeniu biomasą około 400 kg

Analizy symulacji komputerowej wskazywały na możliwość niewielkich kolizji z podłożem (większe kępy traw, kretowiska itp.) zespołu pojazdów poduszkowcowych (PNN i PMT) podczas prowadzenia zabiegów ochronnych w terenie wodno-błotnym. Postanowiono wyposażyć oba pojazdy w niewielkich rozmiarów napęd pomocniczy. Obecna wersja konstrukcyjna kadłuba PNN/PMT jest wyposażona w dodatkowy zespół gąsienicowego napędu pomocniczego, który umieszczono w dziobowej części kadłuba.

Zasadniczym elementem tego zespołu jest osadzona na wychylnej ramie gąsienica (rys. 6) [6], napędzana silnikiem hydraulicznym za pomocą pompy hydraulicznej [7] umieszczonej pod wentylatorem zespołu do wytwarzania poduszki powietrznej i połączonej z jego korpusem specjalnie skonstruowanym sprzęgłem. Innym możliwym rozwiązaniem napędu modułu gąsienicowego jest zastosowanie silnika elektrycznego zasilanego z osobnego agregatu prądotwórczego, ale jego gabaryty i masa mogą ograniczyć wymiary kontenera i ilość biomasy do przewiezienia.

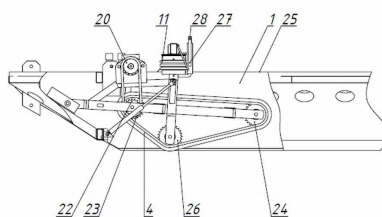


Fig. 3

Rys. 6. Rysunek (fig 3,) ze zgłoszenia patentowego PIMR przedstawia sposób usytuowanie elementów zespołu pomocniczego napędu w dziobowej części kadłuba pojazdu poduszkowcowego (PNN i PMT)

Zespół Napędu Pomocniczego jest przewidziany zasadniczo do chwilowego wspomagania ruchu każdego z pojazdów zespołu poduszkowcowego, w chwili jego przyhamowania lub zatrzymania na niewielkiej nierówności terenowej. Może też służyć do wspomagania ruchu poduszkowcowego zespołu pojazdów na lekko pochylonym terenie, a więc w sytuacji, gdy ukształtowanie powierzchni terenu może niekorzystnie wpływać na prawidłowe wykorzystanie poduszki powietrznej pod kadłubem poduszkowcowego pojazdu. Kolejną transportową opcją, której szczegółowo jeszcze nie analizowano, jest wykorzystanie analogicznego napędu gąsienicowego do samodzielnego przemieszczania się PMT w terenie np. w celu odwiezienia zebranej w kontenerze biomasy do magazynu buforowego, czy też dowóz paliwa dla zespołu pojazdów poduszkowcowych, które pracują w sporej odległości od magazynu buforowego.

Po finalnym skompletowaniu wyposażenia obu pojazdów, tj. Poduszkowcowego Nośnika Narzędzi oraz Poduszkowcowego Modułu Transportowego będą przeprowadzone eksploatacyjne próby terenowe. Ich celem będzie sprawdzenie funkcjonalności przyjętych rozwiązań, ocena bezpieczeństwa poruszania się zestawu pojazdów w zróżnicowanym terenie – z prędkością transportową (20-30 km/h) i roboczą (4-6 km/h), ocena bezpieczeństwa pracy narzędzi oraz bezpieczeństwa pracy operatora, a także bezpieczeństwa przewozu pojazdów i narzędzi po drogach krajowych.

### 3. PODSUMOWANIE BADAŃ

1. Prowadzone w PIMR prace pozwoliły na zbudowanie wirtualnych modeli nowej wersji pojazdu poduszkowcowego – Poduszkowcowego Modułu Transportowego przeznaczonego do współpracy z Poduszkowcowym Nośnikiem Narzędzi.
2. PMT zaprojektowano i zbudowano na bazie kadłuba PNN, jego model rzeczywisty jest obecnie przystosowany do zbioru pokosu i jego transportu w kontenerze.
3. Zbudowane modele wirtualne i rzeczywiste PMT posłużą do oceny konstrukcji pod kątem przydatności funkcjonalnej i eksploatacyjnej pojazdów nowego zestawu poduszkowcowego.
4. Wyniki tych badań zostaną wykorzystane do prac związanych z aktualizacją modeli wirtualnych oraz doskonaleniem koncepcji i konstrukcji obu pojazdów, także konfiguracji finalnej podstawowego zestawu narzędzi, który zapewni skuteczność i efektywność prowadzenia zabiegów ochronnych w trudnym wodno-bagiennym środowisku.

### 4. BIBLIOGRAFIA

- [1] Zembrowski K.: Projekt Rozwojowy nr N R 03 0077 06/2009 pt.: Zintegrowana technologia ochrony obszarów wodno-błotnych przed sukcesją roślinności

- powodującej degradację środowiska przyrodniczego – dedykowana do realizacji przez wysoce mobilną o modułowej zabudowie maszynę.
- [2] Dubowski A., Grzelak J., Pawłowski T., Rakowicz A., Weymann S., Zembrowski K.: Poduszkowcy nośnik narzędzi do prowadzenia zabiegów ochronnych na terenach wodno błotnych, zwłaszcza parków narodowych i krajobrazowych Zgłoszenie PIMR nr P.391292 [WIPO ST 10/C PL391292].
  - [3] Dubowski A. , Adamowicz J., Zembrowski K., Weymann S., Rakowicz A.: System mocowania silnika głównego w poduszkowcach, zwłaszcza w rolniczym poduszkowcowym nośniku narzędzi. Patent P.395327 [WIPO ST 10/C PL395327].
  - [4] Dubowski A., Adamowicz J., Zembrowski K., Rakowicz A., Karbowski R.: System zabudowy pompy hydraulicznej i zbiornika obwodu hydraulicznego modułów narzędziowych w poduszkowcach, zwłaszcza w rolniczym poduszkowcowym nośniku narzędzi. Patent P395325 [WIPO ST 10/C PL395325].
  - [5] Dubowski A. P., Zembrowski K., Karbowski R., Rakowicz A., Weymann S., Mac J., Wojciechowski J., Pawłowski T.: Poduszkowcy nośnik narzędzi do prowadzenia prac na terenach wodno-błotnych. TRANSCOMP – XV International Conference Computer Systems aided science, industry and transport. Zakopane 2011
  - [6] Dubowski A., Adamowicz J., Zembrowski K., Karbowski R., Rakowicz A., Weymann S.: Zespół napędu pomocniczego poduszkowca, zwłaszcza rolniczego poduszkowcowego nośnika narzędzi. Zgłoszenie patentowe PIMR
  - [7] Dubowski A., Adamowicz J., Zembrowski K., Rakowicz A., Karbowski R.: System zabudowy pompy hydraulicznej i zbiornika obwodu hydraulicznego modułów narzędziowych w poduszkowcach, zwłaszcza w rolniczym poduszkowcowym nośniku narzędzi. Patent P395325 [WIPO ST 10/C PL395325].