

Adam P. DUBOWSKI, Krzysztof ZEMBROWSKI, Aleksander RAKOWICZ, Sylwester WEYMANN, Radosław KARBOWSKI, Łukasz WOJNIAŁOWICZ

PROTOTYP PODUSZKOWCOWEGO NOŚNIKA NARZĘDZI PRZYSTOSOWANY DO PRACY NA TERENACH WODNO-BŁOTNYCH

Streszczenie

W artykule omówiono nową kompletację prototypu Poduszkowcowego Nośnika Narzędzi (PNN), które wprowadzono po badaniach modelu rzeczywistego. PNN został wyposażony w nową kabinę, w miejsce dwóch lotniczych silników (50kW) zamontowano silnik (105kW), z zapłonem samoczynnym, Euro5. Silnik ten napędza: wentylator poduszki powietrznej, pompę hydrauliczną (90kW, 370 bar, 75 dm³/min) do napędu silnika hydraulicznego śmigła oraz zespół pomp do napędu hydraulicznego modułów narzędziowych montowanych na specjalnym adapterze na dziobie PNN. Zastosowanie nowoczesnego silnika, w miejsce silników lotniczych stosowanych w sportowych poduszkowcach, poprawiło niezawodność uruchamiania i pracę silnika, zapewnia pilotowi kontrolę jego parametrów pracy na ekranie umieszczonym na desce rozdzielczej, jak i możliwość zapisu danych w komputerze. Prace związane z przebudową PNN wykonano w ramach projektu nr N R 03 0077 06/2009.

WSTĘP

Prace związane z opracowaniem rolniczych poduszkowców, prowadzone w ramach projektu nr N R 03 0077 06/2009 [1], mają na celu opracowanie nowej rodziny specjalizowanych pojazdów, które mają służyć do usuwania niepożądanego rośliności na chronionych terenach wodno-błotnych Parków Narodowych i Natura 2000. Opracowany i zbudowany w Przemysłowym Instytucie Maszyn Rolniczych zespół pojazdów złożony z modelu Poduszkowcowego Nośnika Narzędzi (PNN) [2,3] oraz Poduszkowcowego Modułu Transportowego (PMT) [4] przebadano w pilotowych testach terenowych.

Prowadzone badania pozwoliły ocenić funkcjonalność, bezpieczeństwo pracy oraz niezawodność działania poszczególnych podzespołów. Stwierdzono konieczność zbudowania nowej kabiny z możliwością przewozu dwóch osób i aparatury badawczej, która powinna także zapewniać lepszą ochronę przed hałasem oraz umożliwiać eksploatację PNN w okresie jesienno-zimowym. Badania i pilotowe próby terenowe pozwoliły stwierdzić, że największe problemy sprawiają benzynowe gaźnikowe silniki lotnicze, których konstrukcja uniemożliwiała elektroniczną kontrolę parametrów ich pracy, a także kłopoty z uruchamianiem silników, bowiem konstrukcja urządzenia rozruchowego jest nader zawodna.

Brak możliwości elektronicznej kontroli pracy silników, zwłaszcza silnika napędu śmigła (ruchu postępowego), był przyczyną kilku zatarć tego silnika. W momencie przesterowania kąta nachylenia łopat śmigła w położenie neutralne - gaźnikowy silnik w bardzo krótkim cza-

się zwiększał swą prędkość obrotową i przekraczał jej dopuszczalny zakres, natomiast hałas emitowany z drugiego silnika utrudniał odpowiednio szybką reakcję pilota.

Na podstawie przeprowadzonych badań modelu rzeczywistego PNN stwierdzono konieczność zbudowania na bazie jego kadłuba nowego prototypu - z nową kabiną i z jednym tylko silnikiem z zapłonem samoczynnym. Decyzja ta sprawiła, że szereg innych podzespołów uległo znacznej modyfikacji lub też zostały zdemontowane i zastąpione innymi.

1. BUDOWA PROTOTYPU PNN

1.1. Zakres wprowadzonych zmian

W oparciu o wyniki przeprowadzonych prób i badań modelu rzeczywistego PNN [3], na bazie jego kadłuba, zbudowano prototyp PNN, którego zmiany obejmowały:

- zmodyfikowanie elementów kratownicy kadłuba i jej przystosowanie do mocowania nowych zmienionych podzespołów (kabina, silnik, wspornik przekładni kątowej i wentylatora wielołopatowego do wytwarzania poduszki powietrznej oraz do mocowania pompy hydraulicznej napędu śmigła PNN);
- wykonanie nowej kabiny operatora wyposażonej w układ ogrzewania i wentylacji, oświetlenie wewnętrzne i zewnętrzne, fotel operatora, nowy układ sterowania urządzeniami roboczymi i specjalistycznymi, systemy lokalizacji oraz monitoringu obiektu (wykorzystujące system GPS), środki łączności do porozumiewania się na odległość 4 km;
- zabudowę nowego silnika z zapłonem samoczynnym
- budowę nowego układu przeniesienia napędu wentylatora do wytwarzania poduszki powietrznej, pompy hydrauliczną napędu silnika śmigła, zespołu pomp hydraulicznych do sterowania adapterem oraz modułami narzędziowych
- wykonanie nowej wersji adaptera do mocowania modułów narzędziowych.

W zbudowanym prototypie PNN wykorzystano kadłub modelu rzeczywistego PNN oraz część elementów jego wyposażenia. Z istotnych zmian jakie dokonano w kompletacji PNN należy wymienić kabinę i jej wyposażenie, nowoczesny silnik z samoczynnym zapłonem oraz nowy zespół przeniesienia napędu mechanicznego na wentylator do wytwarzania poduszki powietrznej oraz zastosowanie pompy hydraulicznej do napędu silnika hydraulicznego śmigła.

1.2. Opis ważniejszych podzespołów prototypu PNN

Kabina prototypu PNN

Opracowano i zbudowano nową, przestronniejszą kabinę i poprawiono bezpieczeństwo pracy pilota jak i bezpieczeństwo pracy urządzeń elektrycznych i elektronicznych (wiązki przewodów umieszczono w ochronnych, wykonanych z tworzywa sztucznego przewodach (peszele), zdecydowanie poprawiono ergonomię pracy pilota-kierowcy PNN, zwłaszcza polepszą czytelnosć i ergonomię obsługi panelu sterowania (rys. 1, 2). Z lewej strony panelu sterowania umieszczono dźwignię zmiany prędkości obrotowej silnika w zakresie minimalnej prędkości obrotowej 800 obr/min a nominalnej prędkości obrotowej 2100 obr/min (rys. 3). Za fotelem pilota umieszczono dwa siedziska (typu stadionowego), które przewidziano dla osób obsługujących aparaturę badawczo-pomiarową.

Z obu stron kabiny zamontowano dodatkowe uchwyty (relingi) dla poprawy bezpieczeństwa poruszania się pilota i osób obsługi po pokładzie PNN. Uchwyty te mogą być bardzo pomocne przy poruszaniu się po pokładzie w pobliżu kabiny, bowiem przy niższych temperaturach strumień powietrza wywołany śmigłem głównym może, na pokrytym blachami aluminiowymi pokładzie, wytworzyć cienką warstwę lodu. Na dachu kabiny umieszczono antenę

GPS-SPAN (zsynchronizowana pozycja, kierunek, nawigacja) sprzęgnięta z jednostką IMU (inercyjna jednostka pomiarowa) (rys. 7).



Rys. 1. Widok panelu sterowniczego zamontowanego w kabinie prototypu PNN



Rys. 2. Widok ekranu modułu sterowniczego silnika VM MOTORI



Rys. 3. Widok dźwigni zmiany prędkości obrotowej silnika (800-2100 obr/min)

Nowoczesny silnik zamontowany w prototypie badawczym PNN

Zastosowanie stacjonarnego silnika R 756 EUS, firmy VM MOTORII (rys. 4) [5] o znacznie większej trwale odbieranej mocy (105 kW), pojemności 4,445 l, z niezawodnym urządzeniem rozruchowym, elektronicznym systemem wtryskowym CommonRail, z nowoczesnym systemem spalania i kontroli jakości spalin, silnik spełnia wymagania norm EURO 5, powinno wpłynąć nie tylko na poprawę ochrony środowiska, ale także polepszyć niezawodność eksploatacyjną prototypu badawczego PNN.



Rys. 4. Widok silnika VM MOTORII - R 756 EUS , obudowy wentylatora poduszki powietrznej z, zamontowaną nad nim, chłodnicą i intercoolerem silnika i wspornikiem obrotnicy silnika hydraulicznego śmigła Poduszkowcowego Nośnika Narzędzi

Zespół przeniesienia napędu

Zamontowanie jednego tylko silnika VM MOTORI - R 756 EUS, w miejsce dwóch silników z firmy VERNER [6] spowodowało konieczność wprowadzenia zmian zarówno w kratownicy PNN jak i w układzie napędu wentylatora poduszki powietrznej oraz napędu śmigła głównego. Silnik zabudowano na specjalnej ramie zamontowanej do podłużnic kratownic kadłuba oraz przekonstruowano wspornik wentylatora poduszki powietrznej oraz wspornik obrotnicy silnika hydraulicznego napędzającego śmigło główne. Wchylenie śmigła na boki od osi symetrii podłużnej kadłuba wynosi około 30° , a jego wychylenie jest kontrolowane kierownicą za pośrednictwem przekładni i cięgna Bowdena. Silnik za pośrednictwem wału i sprzęgła kłowego napędza mechaniczną przekładnią kątową wentylator poduszki powietrznej, z drugiej strony przekładni kątowej wałek za pośrednictwem sprzęgła kłowego, napędza pompę hydrauliczną SAUER DANFOS seria 90XPP size 75 (rys. 5) [7].

Silnik hydrauliczny firmy Parker F12-060-MF-IV-D-000 [8] przekazuje moment obrotowy na śmigło główne ruchu postępowego PNN. W układzie zastosowano nowy zbiornik oleju o pojemności 105 dcm^3 , który od poprzednio zastosowanego, ma o 70 dcm^3 większą objętość. Zbiornik w stosunku do modelu zachowuje proporcje kształtu oraz funkcjonalność. Rozwiązanie nowego zbiornika jest zgodne ze zgłoszonym patentem [9].

Widok zespołu przeniesienia napędu na wentylator i pompę hydrauliczną oraz na zbiornik oleju hydraulicznego przedstawiono na rysunku 6.



Rys. 5. Widok zespołu napędu wentylatora i pompy hydraulicznej silnika śmigła głównego. Pod ramą wsporczą przekładni kątowej znajduje się zbiornik płynu hydraulicznego



Rys. 6. Widok wentylatora poduszki powietrznej, który zamontowany jest na wałku przekładni kąto-
wej. Z lewej strony przekładni widoczny wałek napędowy ze sprzęgłem kłowym

2. WSTĘPNE PRÓBY PROTOTYPU PNN

Prototyp PNN został wstępnie przebadany w laboratorium Zespołu ds. Energetyki i Dynamiki Maszyn Rolniczych PIMR. W pierwszej fazie badań dokonano wstępnego uruchomienia silnika i sprawdzono jego prawidłowość pracy i działania jego podzespołów oraz dokonano regulacji zaworów układu hydraulicznego. Zgodnie z zakładanymi nastawami w układzie hydraulicznym dopuszczalne ciśnienie pracy wynosi 370 bar oraz wydajność do $75 \text{ dcm}^3/\text{min}$.

Przy nominalnej prędkości obrotowej silnika wentylator poduszki powietrznej wytwarza w strefie poduszek powietrznych ciśnienie rzędu 0,025 bara. Całkowity udźwig wynosi około 3500 kg. Wysokość prześwitu kadłuba zawieszono na poduszce powietrznej wynosi około 10 cm.

Masa prototypu gotowego do pracy wraz z zamontowaną kosiarką czołową wynosi około 2220 kg - co w porównaniu z modelem rzeczywistym PNN uległa dość znacznemu zwiększeniu masy - z uwagi na większą masę silnika VM MOTORI, masę intercoolera, chłodnicy oleju i chłodnicy wody oraz większej masy podzespołów układu hydraulicznego służących do napędu śmigła PNN.

Siła potrzebna do przesunięcia kadłuba na poduszce powietrznej po betonowej powierzchni wynosi około 500 N, a po podłożu pokrytym śniegiem wynosi około 400 N.

Z przeprowadzonych pomiarów parametrów pracy silnika wynika, że napęd wentylatora poduszki powietrznej wymaga około 75% mocy silnika, natomiast wstępne próby lotu prototypu PNN na podłożu pokrytym warstwą świeżo spadłego śniegu wykazały, że do napędu śmigła potrzeba około 15 % mocy silnika. Pozostała moc może być wykorzystana do napędu modułów narzędziowych.

Wprowadzone zmiany w prototypie PNN, w porównaniu do konstrukcji modelu rzeczywistego PNN, powinny wpłynąć na poprawę funkcjonalności przyjętych rozwiązań konstrukcyjnych, polepszyć jego podatność naprawczą, jak i bezpieczeństwo użytkownika pojazdu i jego modułów narzędziowych.

Z całą pewnością można stwierdzić, że zastosowanie nowego silnika VM MOTORI było właściwą decyzją - silnik łatwo i niezawodnie uruchamia się, emisja spalin ograniczona jest do minimum, elektroniczne sterowanie pozwala na pełną kontrolę i zapis parametrów pracy, silnik jest niezawodny w działaniu.

Problemami do rozwiązania pozostaje odpowiednie wyrównowanie kadłuba PNN dla współpracy z wybranym modułem narzędziowym (kosa czołowa, kosa boczna, kosa do miękkiej roślinności i cięcia pod wodą) oraz odpowiednia wysokość poduszki powietrznej tak by poduszkowiec mógł się poruszać po terenie nie tylko wodno-błotnym, ale także po terenie porośłym kępami traw i trzciny a więc terenie np. zarastających zbiorników wodnych.

Wstępne próby lotu PNN (rys 7) przeprowadzone w PIMR na terenie pokrytym śniegiem wskazują na korzyści takiego transportu - powierzchnia śniegu zapewnia dobre warunki styku pojedynczych sekcji kurtyny poduszki i tym samym bardziej stabilną siłę nośną w porównaniu do lotu po przypominającej rzysko świeżo ściętej, na wysokości 9-12 cm, powierzchni źdźbeł traw lub trzciny, na której poduszka powietrzna ulega rozszczelnieniu. Być może poduszkowcowe pojazdy okażą się przydatne do koszenia i transportu biomasy na terenach rewitalizowanych torfowisk w celach pozyskania masy na cele energetyczne [10].

Specjalizowane wersje PNN mogą stanowić uzupełniającą opcję technologiczną dla specjalizowanych ratraków, które w okresie zimowym poruszają się po torfowiskach pokrytych warstwą śniegu a nie, jak to ma miejsce w okresie sierpnia-września, po terenie wodno-błotnym.



Rys. 7. Widok prototypu badawczego PNN podczas prób na terenie PIMR. Na kabinie widoczny reling, nad nim antena GPS-SPAN, w części dziobowej na adapterze zamontowano kosiarkę czołową

PODSUMOWANIE

Opracowana koncepcja przebudowy modelu rzeczywistego Poduszkowcowego Nośnika Narzędzi oraz zbudowany jego prototyp potwierdziły korzyści zastąpienia dwóch gaźnikowych silników benzynowych jednym silnikiem z zapłonem samoczynnym; a nowa obszerniejsza kabina umożliwi transport dodatkowych 2 osób oraz aparatury kontrolno-badawczej.

Zakupiony silnik (105kW) jest sterowany elektronicznie co jest szczególnie istotne przy napędzie PNN śmigłem ze zmiennym położeniem łopat, bowiem zabezpiecza silnik przed przekroczeniem dopuszczalnych prędkości obrotowych.

Prototyp badawczy PNN będzie służył do prowadzenia dalszych badań funkcjonalnych oraz badań eksploatacyjnych pod kątem prawidłowości rozmieszczenia na pokładzie podzespołów roboczych oraz ich kompletacji dla potrzeb prowadzenia wybranych zabiegów ochronnych na terenach wodno-błotnych.

Zbudowany prototyp badawczy przeznaczony jest do prac w bardzo trudny grząskim, bagnistym terenie, po którym nie mogą poruszać się inne pojazdy np. ratraki. Wyniki z prób

terenowych prototypu PNN powinny być wykorzystane do budowy, badań i wdrożenia nowych specjalizowanych wersji rolniczych poduszkowcowych pojazdów lub ich zestawów.

Wydaje się celowym przetestowanie nowych wersji poduszkowcowych pojazdów nie tylko w okresie letnim, ale także w okresie zimowym - na terenach torfowisk przeznaczonych do produkcji biomasy na cele energetyczne.

BIBLIOGRAFIA

1. Projekt Rozwojowy 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 - kierownik projektu dr inż. Krzysztof Zembrowski, 2009-2012.
2. Dubowski A.P.; Zembrowski K.; Karbowski R.; Rakowicz A.; Weymann S., Mac J., Wojciechowski J., Pawłowski T., Adamowicz J., Kostek R.: Poduszkowcowy Nośnik Narzędzi do prowadzenia prac na terenach wodno błotnych. Logistyka 2011, nr 6.
3. Dubowski A., Grzelak J., Pawłowski T., Rakowicz A., Weymann S., Zembrowski K., Hovercraft designed especially for preservation operations on muddy areas within national and natural landscape parks. Application/patent no 11725993.7-1254.
4. Dubowski A.P., Zembrowski K., Weymann S., Rakowicz A., Karbowski R., Spychała W., Potrykowska A., Adamowicz J., Kostek R., Poduszkowcowy Moduł Transportowy. Logistyka 2011, nr 6.
5. VM MOTORI S.p.A Industrial Power . R 750 EU5-IE4 TE4-IE4-ISE4. Engine Instructions manual . Ed. 6/04/2012.
6. VERNER MOTORS , Czech Republic - <http://www.vernermotor.com/> .
7. SAUER DANFOS, Series 90 Axial Piston Pumps . Technical Information 520L0603 Rev FC August 2008 www.sauer-danfoss.com .
8. PARKER, Hydraulic Motor/Pump Series F11/F12, Catalogue HY17-8249/US March 2004, www.parker.com.
9. 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 WIPO ST 10/C PL395325.
10. Konferencja Międzynarodowa: Reed as Renewable Resource, Greifswald , luty 2013 - <http://www.rrr2013.de/> .
11. Dubowski A. P., Zembrowski K., Weymann S., Karbowski R., Rakowicz A., Potrykowska A., Wojnilowicz Ł., New method for biomass bales coupling and rolling them on boggy terrain, especially in National Parks and Natura 2000 protected areas. Agriculture & Engineering for a Healthier Life, International Conference of Agricultural Engineering CI-GR-Ageng2012, Valencia, Spain, July 8-12, 2012.

HOVERCRAFT TOOLS CARRIER PROTOTYPE DESIGNED FOR USE IN WETLANDS

Abstract

Paper discussed the research work progress on new hovercraft tools carrier prototype that was made on base body of the real model. On this body new cabin was mounted as well as 105 kW diesel, Euro5 engine instead of two aircraft 50kW engines that are used mainly in sport type hovercraft. The engine power in angle gear with fan of air cushion, hydraulic pump (90kW, 340 bar, 75 dcm³/min), and hydraulic pump unit for power in tools modules mounted on special adapter frame. Implementation of the modern engine has a great impact on proper work, better control its parameters and work safety. Pilot can see all important data of work engine on LCD screen, as well as, it is possible to save data via wi-fi in PC. Research and development works were funded by project No. N R 03 0077 06/2009.

Autorzy:

dr inż. **Adam P. Dubowski** - PIMR-BE Zespół ds. Energetyki i Dynamiki Maszyn Rolniczych, Przemysłowy Instytut Maszyn Rolniczych, Starołęcka 31, 60-963 Poznań, tel. 61-8 712 230, e-mail: dubowski@pimr.poznan.pl

dr. inż. **Krzysztof Zembrowski** - PIMR-BE

mgr inż. **Aleksander Rakowicz** - PIMR-BE

mgr inż. **Radosław Karbowski** - PIMR-BE

mgr inż. **Sylwester Weymann** - PIMR-BE

mgr inż. **Łukasz Wojniłowicz** - PIMR-BE