

dr inż. Janusz RUTKOWSKI; dr hab. inż. Tadeusz PAWŁOWSKI, prof. nadzw.;
dr hab. inż. Jan SZCZEPANIAK, prof. nadzw.; mgr inż. Marek SZYCHTA; mgr inż. Łukasz IGNASIAK;
mgr inż. Paweł BĄKIEWICZ

Przemysłowy Instytut Maszyn Rolniczych, ul. Starołęcka 31, 60-963 Poznań
e-mail: office@pimr.poznan.pl

WARIANTOWANIE ROZWIĄZAŃ KONSTRUKCYJNYCH MASZYN WIELO- ZADANIOWYCH DO RENOWACJI CIEKÓW WODNYCH

Streszczenie

Przedmiotem opracowania jest zagadnienie tworzenia konstrukcji wielozadaniowych maszyn samobieźnych przeznaczonych do przeprowadzania zabiegów renowacyjnych w ciekach wodnych. Prezentowane maszyny są zupełnie nowymi w skali światowej rozwiązaniami prototypowymi. Przedstawiono rozwiązania struktury nośnej i układu jezdnego, które są tak zaprojektowane, aby maszyna mogła poruszać się wewnątrz rowu lub kanału melioracyjnego, prowadzić tam narzędzia robocze, omijać przeszkody terenowe oraz samodzielnie instalować się w cieku wodnym i wydostawać z niego.

Słowa kluczowe: mechanika i budowa maszyn, eksploatacja maszyn, renowacja cieków wodnych, maszyny do prac melioracyjnych

Wstęp

W artykule prezentowane są wybrane wyniki badań prowadzonych w Przemysłowym Instytucie Maszyn Rolniczych w Poznaniu, w ramach projektów badawczo-rozwojowych: „Technologia i nowej generacji urządzenie wielozadaniowe do regeneracyjnego kształtowania otwartych cieków wodnych” (nr projektu: WND-POIG.01.03.01-00-165/2009, realizowanego w ramach Programu Operacyjnego Innowacyjna Gospodarka, przy współudziale środków finansowych z Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego) oraz „Rodzina pojazdów specjalistycznych do prowadzenia zabiegów renowacyjnych i ochronnych w środowisku wodno - błotnym” (nr projektu: UOD-DEM-1-145/001, realizowanego ze środków Narodowego Centrum Badań i Rozwoju w ramach programu „Demonstrator+”).

Znane są w technice rozwiązania maszyn samobieźnych i osprzętu roboczego do ciągników rolniczych, które są przeznaczone do wykonywania zabiegów renowacyjnych w rowach melioracyjnych. Na rynku Europejskim przodują rozwiązania dwóch firm: Berky w Niemczech i Conver w Holandii. Obie firmy prezentują np. rozwiązania maszyn jednośladowych z dodatkowym kołem podporowym na bocznym ramieniu, które mogą tym ramieniem okraczać rów. Maszyna porusza się kołami głównymi na nabrzeżu skarpy rowu. Narzędzia robocze zawieszane są na oddzielnych ramionach roboczych, na których utrzymywane są w przestrzeni rowu. Firma Berky oferuje ponadto maszyny dwuśladowe, które można wprowadzać do wnętrza rowu. Poruszają się wówczas kołami po skarpach, ale ich nachylenie nie może być zbyt strome, ani porośnięte drzewami. Firma Conver z kolei prezentuje także amfibie z gąsienicami, jako uniwersalne maszyny do poruszania się w szerszych kanałach z wodą. Maszyny opracowywane w PIMR są odmienne od tych znanych na Zachodzie. Przede wszystkim ich cechą wyróżniającą jest to, że mają jednośladowe podwozie centralne (koła lub gąsienica) i jadą po dnie rowu lub kanału melioracyjnego. Do utrzymania równowagi służą wówczas ramiona boczne, które są zaopatrzone w koła. Poruszanie się po dnie rowu daje możliwość jazdy wewnątrz przestrzeni rowu,

nawet przy stromych skarpach i omijania drzew rosnących na nabrzeżu rowu i na skarpach. W artykule zostały pokazane warianty koncepcyjne ramy nośnej i ramion podporowych maszyn, które mają tę funkcję realizować. Omówiono warianty:

- ramion umożliwiających autonomiczne wstawianie się maszyny do rowu (tzw. ramiona uniwersalne),
- ramion pionowych z teleskopem, które dają największą swobodę zmiany szerokości roboczej i ich rozstawiania,
- ramion w kształcie litery L z teleskopem, co daje częściową możliwość wstawiania maszyny do rowu na ramionach podporowych,
- ramion poziomych z teleskopem, co daje największą swobodę zawieszania na nich narzędzi roboczych,
- czterech ramion podporowych, z możliwością rezygnacji z podwozia centralnego.

Metodyka badań

Wyniki prezentowane w artykule przedstawiają modele komputerowe, opracowane w technice modelowania 3D w programie SolidWorks. Na finalny wynik opracowanych koncepcji składały się czynności badawcze i projektowe, wśród których należy wymienić:

- badania terenowe, w tym: obmiary rowów, ocena nośności gruntu w rowach i konsultacje z ekspertami i użytkownikami końcowymi,
- analizy wielowariantowe rozwiązań na etapie opracowania koncepcji poruszania się w rowie i wstawiania maszyny do niego,
- studium stanu techniki raz odnośnych norm i przepisów,
- symulacje i obliczenia komputerowe w zakresie wyznaczenia obciążeń,
- obliczenia wytrzymałościowe MES,
- badania terenowe w zakresie oceny układu jezdnego, wykonane na bazie modelu doświadczalnego do badania układu jazdy.

Ze względu na szeroki zakres, zagadnienia te nie będą opisane w artykule, a informacje na ten temat można znaleźć w innych opracowaniach autorów, podanych w bibliografii.

Wyniki badań

Wymienione we wstępie rozwiązania konstrukcyjne prezentują się następująco.

Wariant pierwszy (rys. 1) jest najbardziej uniwersalny, ale i najbardziej skomplikowany i najbardziej kosztowny. Posiada centralne podwozie gąsienicowe, które zapewnia dużą siłę uciągu, potrzebną do pokonania oporów jazdy w namule dna kanału melioracyjnego. Ramiona podporowe są wielocłonowe. Każde z nich ma 6 stopni swobody, a z racji występowania dwóch zestawów wahaczy z kołami, do wysterowania jest 8 ruchów każdego ramienia. Taka złożoność ramion daje możliwość przybliżenia kół podporowych do samej ramy centralnej, co pozwala zmieścić się w kanale. Z drugiej strony, po całkowitym rozłożeniu ramion, uzyskują one zasięg ok. 2,4 m w kierunku dna kanału, kiedy maszyna stoi na krawędzi skarpy. Dzięki temu, można ramię oprzeć na dnie, co w dalszej kolejności daje możliwość wstawienia maszyny do kanału. Podczas takiej operacji maszyna jest unoszona na ramionach bocznych i stopniowo, małymi krokami przestawiana z nabrzeża do wnętrza kanału. Jest to zasadnicza funkcjonalność tego rozwiązania, której nie mają pozostałe warianty.



Źródło: opracowanie własne / Source: own work

Rys. 1. Wersja maszyny z ramionami umożliwiającymi autonomiczne wstawianie się maszyny do rowu z ramą nośną belkową i podwoziem gąsienicowym

Fig. 1. The version of machine with side arms which allows autonomic getting inside ditch and the version of beam frame with caterpillar central suspension

Wariant drugi (rys. 2) jest pierwszą z prób uproszczenia konstrukcji maszyny do poruszania się w kanale melioracyjnym. Wariant powstał na potrzeby testowania układu jezdnego i dlatego nie jest wyposażony w układ zawieszenia narzędzi roboczych. Dzięki temu uproszczeniu wystarczyła jedna pompa do zasilania układu hydraulicznego, co obniżyło koszty wytworzenia maszyny, jako modelu doświadczalnego. W tej wersji, maszyna ma zaledwie 5 siłowników hydraulicznych. Ich liczbę zwiększyłby układ zawieszenia narzędzi roboczych. Maszyna według wariantu drugiego wymaga do wjechania do kanału wykonania zjazdu w skarpię a ponadto przy wyjeżdżaniu jest potrzebne holowanie na linie przez ciągnik. Zasięg ramion jest niewielki, ale pozwala podnieść koła do góry tak, aby zmieściły się wewnątrz kanału między skarpami.

Wariant trzeci (rys. 3) przedstawia koncepcję maszyny przegubowej. Koncepcja ta zrodziła się w drodze dodania do wariantu drugiego narzędzi roboczych, zawieszonych na oddzielnym układzie zawieszenia. Ich dodanie wydłużyła ramę maszyny i zmienia położenie środka ciężkości. Byłoby najlepiej, gdyby wszystkie narzędzia były z przodu maszyny, ale jest to niemożliwe, ze względu na położenie środka ciężkości. Dlatego narzędzia pracujące na skarpach ulokowano z boku maszyny, za ramionami bocznymi. Aby rama nie była zbyt długa, co by utrudniało kierowanie, zastosowano przegub

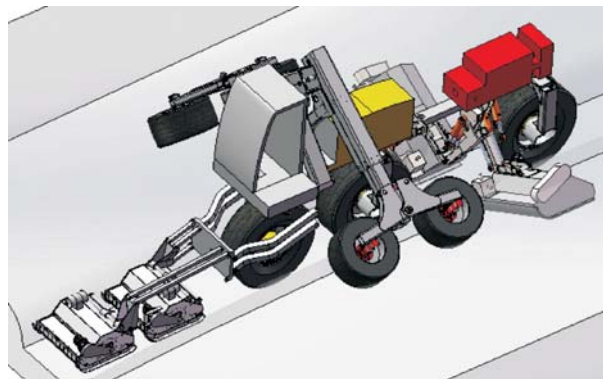


Źródło: opracowanie własne / Source: own work

Rys. 2. Wersja maszyny z ramionami pionowymi z teleskopem, z ramą sztywną i podwoziem z kołami ogumionymi

Fig. 2. The version of machine with telescopic vertical arms with rigid beam frame and rubber tyred central wheels

pośrodku ramy. W ten sposób uzyskano optymalny wariant rozmieszczenia podzespołów maszyny, usytuowania kół podporowych i położenia środka ciężkości. Maszyna uzyskuje dość dobre możliwości wjeżdżania do kanału, dzięki zwiększonej odległości trzeciego koła centralnego i przegubowi. Wariant jest jednak dość skomplikowany konstrukcyjnie, materiałochłonny i nadal zbyt drogi dla przeciętnego użytkownika.



Źródło: opracowanie własne / Source: own work

Rys. 3. Wersja maszyny z ramą przegubową, podwoziem kołowym i ramionami w kształcie litery L

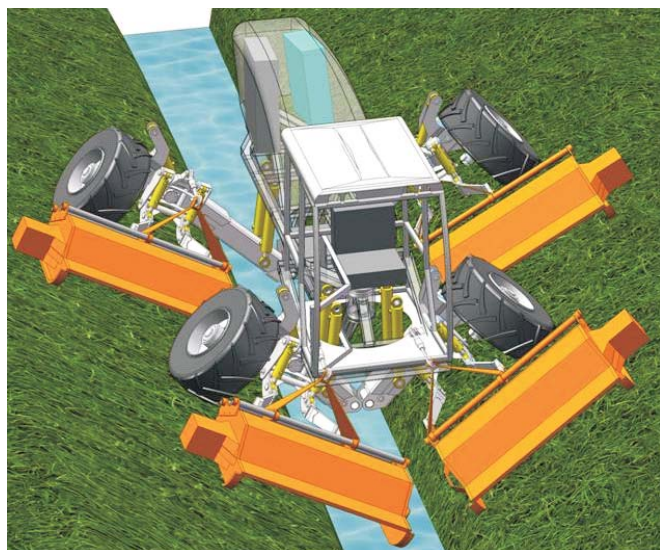
Fig. 3. The version of machine with joint, central wheels and L-shaped arms



Źródło: opracowanie własne / Source: own work

Rys. 4. Wersja maszyny z ramą przestrzenną, podwoziem kołowym i ramionami poziomymi

Fig. 4. The version of machine with space frame, the central wheels and telescopic horizontal arms



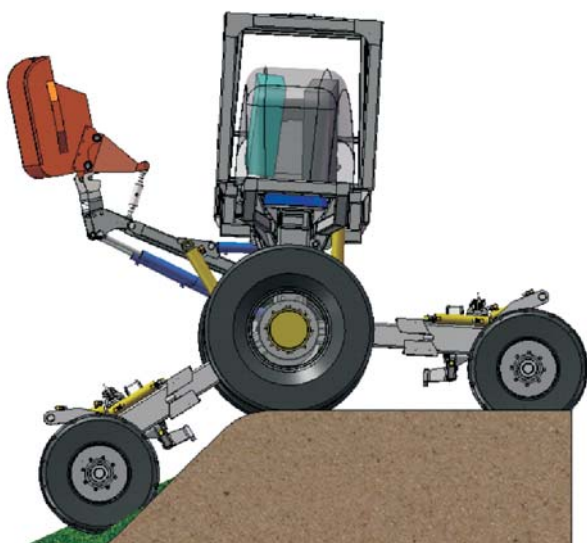
Źródło: opracowanie własne / Source: own work

Rys. 5. Wersja maszyny z czterema ramionami podporowymi, bez podwozia centralnego

Fig. 5. The version of machine with four side arms without central wheels

Warianty czwarty i piąty (rys. 4 i 5) są próbą dalszego uproszczenia maszyny i jednocześnie zapewnienia dodatkowych opcji funkcjonalnych w zakresie realizacji podwozia jezdnego. Wariant czwarty posiada dwa koła centralne i dwa koła boczne, a w wariantcie piątym zaproponowano opcję rezygnacji z kół centralnych na rzecz czterech kół bocznych, jadących po skarpach rowu. Takich wariantów oczekiwali użytkownicy w rozmowach konsultacyjnych. Jednocześnie udało się uzyskać obie opcje wykorzystując tę samą ramę centralną i te same ramiona boczne.

Zarówno koła centralne, jak i koła boczne są napędzane i mają możliwość ustawiania się w poprzek maszyny (rys. 6). Można więc jechać także w kierunku bocznym. W wielu warunkach terenowych takie rozwiązanie pozwoli wjechać do kanału po skarpię bocznej. Dodając asekurację liną zaczepioną do ciągnika, można dostać się do kanału bez rozkopywania skarpy i robienia w niej wjazdu.



Źródło: opracowanie własne / Source: own work

Rys. 6. Wersja maszyny z ramionami poziomymi w ustawieniu bocznym kół

Fig. 6. The version of machine with horizontally oriented side arms with wheels rotated in side direction

Podsumowanie i wnioski

Każde z zaprezentowanych rozwiązań ma nieco odmienną funkcjonalność ramion bocznych, ale każda z maszyn jest przeznaczona do jazdy podwoziem centralnym po dnie cieku wodnego. Stanowi to swoistą innowację w tej dziedzinie. Projektując maszyny do pracy w kanałach melioracyjnych autorzy skupiali się na kilku głównych zagadnieniach eksploatacyjnych, z których można wymienić: sposób poruszania się wewnątrz cieku wodnego, możliwość omijania drzew, sposób prowadzenia narzędzi roboczych oraz sposób dostawiania się maszyny do wnętrza cieku.

Badania pokazały, że o ile jest możliwe zbudowanie maszyny uniwersalnej (wariant pierwszy), o tyle koszt tej maszyny umożliwi jej zastosowanie tylko w zaawansowanych zagadnieniach renowacji cieków wodnych. Maszyna ta jest też mocno skomplikowana, co wymaga wykwalifikowanego personelu obsługującego. Zapewnienie funkcjonalności wstawiania się maszyny do kanału pociąga za sobą konieczność zapewnienia dużego zasięgu ramion bocznych i ich dużej złożoności. Dlatego maszyna taka uzyskuje też dużą masę. W przypadku prototypu wykonanego w tym wariantcie uzyskano 18 t. Prace badawcze w kierunku zmniejszenia tej masy, zmusiły konstruktorów do rezygnacji z funkcjonalności wstawiania, na rzecz wjeżdżania. Wjeżdżać można na co najmniej trzy sposoby: wzdłuż kanału, zjeżdżając kołami z przepustu drogowego na skarpię, lub zjeżdżając po skarpię, lub z wykorzystaniem możliwości wykopania podjazdu w skarpię kanału. Nie są to zabiegi kosztowne dlatego jest to korzystny kompromis: rezygnacja ze wstawiania, na rzecz zmniejszenia masy maszyny. Prognozowana masa nowego prototypu wynosi ok. 8 t.

Każdy z wariantów wykonania wymagał uzyskania dwóch wykluczających się wzajemnie wymagań funkcjonalnych ramion bocznych: koła boczne należy mocno zbliżyć do głównej ramy, aby mieścić się w kanale między skarpami, a z drugiej strony możliwość wstawiania i stabilności podparcia wymaga, aby te koła miały jak największy zasięg. Dlatego w pierwszym wariantcie ramiona mają aż 8 ruchów do wysterowania, a w wariantach ostatnich udało się to zredukować do 3, dzięki rezygnacji z funkcji wstawiania.

Obecne trwają prace nad wdrożeniem wariantu czwartego i piątego. Wykonanie prototypu pozwoli zweryfikować założenia na drodze eksperymentalnej. Prototypy pozwolą ocenić funkcjonalność maszyn przez użytkowników.

Bibliografia

- [1] Rutkowski J.: Wybrane zagadnienia kształtowania koncepcji konstrukcji urządzenia wielozadaniowego do pracy w rowach melioracyjnych. Część I. Wybór topologii głównej struktury nośnej. Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering, 2012, Vol. 57(2), 161-167.
- [2] Rutkowski J. i in.: Sposób wykonywania prac renowacyjnych w rowach melioracyjnych za pomocą urządzenia wielozadaniowego. Zgłoszenie patentowe UPRP. Nr P.398303. Przemysłowy Instytut Maszyn Rolniczych, Poznań, 2012.
- [3] Rutkowski J. i in.: Podpora boczna maszyny do wykonywania prac renowacyjnych w rowach melioracyjnych. Zgłoszenie patentowe UPRP. Nr P.401660. Przemysłowy Instytut Maszyn Rolniczych, Poznań, 2013.
- [4] Rutkowski J. i in.: Układ zawieszenia narzędzi roboczych przednich w urządzeniu melioracyjnym. Zgłoszenie patentowe UPRP. Nr P.396142. Przemysłowy Instytut Maszyn Rolniczych, Poznań, 2011.

- [5] Rutkowski J. i in.: Suspension system for front working tools in a melioration machine. Europejskie zgłoszenie patentowe EPO-PCT. Nr PCT/PL2011/000102. Przemysłowy Instytut Maszyn Rolniczych, Poznań, 2011.
- [6] Rutkowski J. i in.: A method of carrying out renovation works in melioration ditches and a multifunction device implementation of the method. Europejskie zgłoszenie patentowe EPO-PCT. Nr PCT/PL2012/000020. Przemysłowy Instytut Maszyn Rolniczych, Poznań 2012.
- [7] Bykowski J., Pawłowski T., Przybyła C., Rutkowski J.: Stan rowów i kanałów melioracyjnych jako podstawa koncepcji wielozadaniowej maszyny nowej generacji do robót konserwacyjnych. Komunikat. Konferencja „Przyrodnicze i techniczne problemy inżynierii i ochrony środowiska”. Wydział Melioracji i Inżynierii Środowiska. Uniwersytet Przyrodniczy. Wydawnictwo Uniwersytetu Przyrodniczego. s. 75, Poznań 2010.
- [8] Przybyła C., Bykowski J., Rutkowski J.: Środowiskowe uwarunkowania konserwacji cieków melioracyjnych w aspekcie wykorzystania wielozadaniowej maszyny nowej generacji. Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering, 2011, Vol. 56(4), 71-78.
- [9] Rutkowski J. i in.: Raporty z realizacji projektu Technologia i nowej generacji urządzenie wielozadaniowe do regeneracji otwartych cieków wodnych. Zad. 1-9. Nr projektu WND-POIG.01.03.01-00-165/09. Przemysłowy Instytut Maszyn Rolniczych, Poznań, 2010-2013.
- [10] <http://www.conver.com/>
- [11] <http://www.dondinet.it/>
- [12] <http://www.hemos.nl/> (kosiarki do poboczy, frezy do rowów)
- [13] <http://www.herder.nl/> (kosiarki bijakowe i frezy do pni)
- [14] <http://www.hondo.pl/> (łódki pływające)
- [15] <http://www.osmasnc.com/> (łódki pływające)
- [16] <http://www.rasco.hr/> (equipment for tractors)
- [17] <http://www.vermeer.com/> (koparki czerpakowe)

VARIANTS OF DESIGN SOLUTIONS OF MULTI-TASKING MACHINES FOR RENOVATION OF THE WATERCOURSES

Summary

The subject of this paper is devoted to designing the construction of multi-tasking self-propelled machines for conducting the renovation tasks in the melioration open watercourses. The presented machines are completely new prototypes in the world. In the paper the solutions of shaping the construction of the main frame and suspension system are presented. The features allow the machine: movement inside space of watercourse, holding the working devices, passing the obstacles as well as getting in or out of melioration ditch and canal.

Key words: mechanics and machine design; exploitation of machines; open watercourses renovation; machines for melioration



ISBN 978-83-921598-9-6

Podręcznik pt. **MASZYNY ROLNICZE** adresowany jest do szerokiego grona pracowników dydaktycznych i słuchaczy uczelni przyrodniczych oraz użytkowników maszyn rolniczych. Zawarto w nim podstawowe informacje z przedmiotu "Technika rolnicza i eksploatacja maszyn rolniczych" wykładanego na ww. Uczelniach. Problematyka wykładów tego przedmiotu obejmuje charakterystykę szerokiego i niezwykle różnorodnego asortymentu maszyn i urządzeń technicznych. Wyczerpujące omówienie czy opisanie całości materiału jest niemożliwe. Z tych też względów w podręczniku przedstawiono ściśle wyselekcjonowane partie materiału - informacje podstawowe oraz te, które są dziełem autorów lub powstały przy znaczącym ich udziale. Stąd też, pomimo że podręcznik ma charakter pozycji dydaktycznej, nosi znamiona pracy monograficznej. Materiał uzupełniający stanowi literatura zamieszczona na końcu każdego z rozdziałów.

Wydawca:
 Branżowy Ośrodek Informacji Naukowej, Ekonomicznej
 i Normalizacyjnej
 Przemysłowy Instytut Maszyn Rolniczych
 60-963 Poznań, ul. Starołęcka 31
 tel. 061 87-12-200; fax 061 879-32-62;
 e-mail: office@pimr.poznan.pl; Internet:
<http://www.pimr.poznan.pl>