

CHOSEN ISSUES OF THE CONCEPT FORMING OF THE STRUCTURE OF A MULTITASK MACHINE FOR THE WORK IN DRAINAGE DITCHES

Part 2. Choice of method of putting machine to the ditch

Summary

The paper is the second one in series of articles on the problems of design conception of the melioration machine. This paper concerns a putting machine inside the ditch – as the mine basics of the project, i.e. machine work inside the ditch. In this range, in the paper the short analysis of considered solutions was presented as a result of research.

Key words: drainage ditches, renovation, land reclamation machines, functioning requirements

WYBRANE ZAGADNIENIA KSZTAŁTOWANIA KONCEPCJI KONSTRUKCJI URZĄDZENIA WIELOZADANIOWEGO DO PRACY W ROWACH MELIORACYJNYCH

Część II. Wybór koncepcji wprowadzania urządzenia do rowu

Streszczenie

Artykuł jest drugim z serii artykułów poświęconych tematyce kształtowania koncepcji konstrukcji urządzenia wielozadaniowego do pracy w rowach melioracyjnych. Artykuł poświęcono zagadnieniu wyboru metody wprowadzania maszyny do rowu – zgodnie z podstawowym założeniem projektu, tj. pracy maszyny wewnątrz przestrzeni rowu. Przedstawiono krótką analizę rozważanych rozwiązań w tym zakresie. W badaniach zaproponowano rozwiązanie, które spełniało najwięcej funkcji roboczych jednocześnie.

Słowa kluczowe: rowy melioracyjne, renowacja, maszyny melioracyjne, wymagania funkcjonalne

1. Wstęp. Wymagania funkcjonalne dla maszyny w aspekcie wprowadzania i wyprowadzania z rowu

W pierwszym artykule z serii omówiono zagadnienie kształtowania struktury nośnej maszyny: jej układu topologicznego, podziału na podzespoły funkcjonalne i rozmieszczenie narzędzi. Przedstawiono wariant konstrukcji, w którym maszyna posiada pojedynczą, centralną ramę z profilu rurowego prostokątnego. Pod ramą znajduje się jednośladowe podwozie jezdne, a cała maszyna stabilizowana jest przez dwa ramiona boczne, znajdujące się po obu stronach ramy.

Przedstawiony opis koncepcji maszyny niewiele mówi o sposobie wprowadzania i wyprowadzeniu z rowu. O realizacji tego zadania przez określone mechanizmy ramion maszyny lub przez samo podwozie decydują pewne czynniki zewnętrzne, związane z miejscem pracy maszyny i wymiarami przestrzeni roboczej. Badania rozpoznawcze na wstępie projektu pozwoliły określić typowe wymiary rowów i kanałów melioracyjnych, spotykanych w gospodarce melioracyjnej [1]. Zbadano szerokie spektrum cieków wodnych, ze zwróceniem szczególnej uwagi na te, które należy regularnie czyścić, lub które mają przejść w najbliższych latach zabiegi renowacyjne. Następnie przeanalizowano najczęściej spotykane wymiary rowów i zdecydowano o wymiarach rowu wzorcowego, według którego będzie projektowana maszyna. Rów wzorcowy miał następujące wymiary:

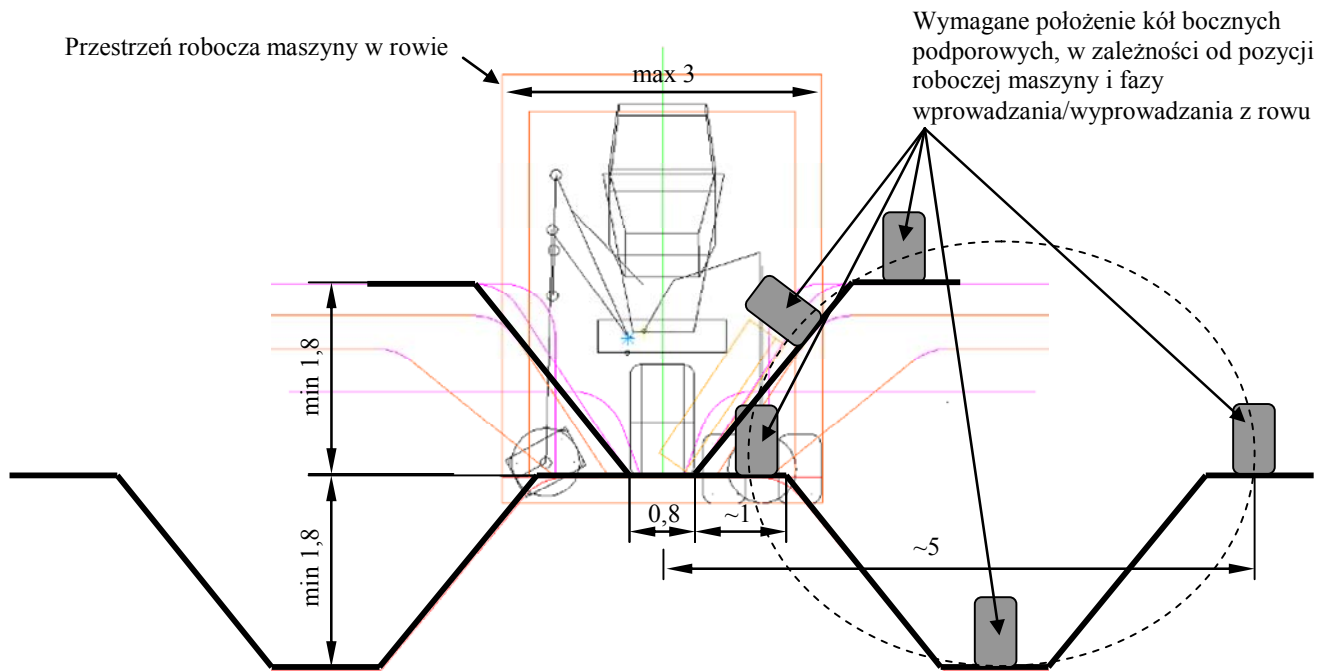
- szerokość dna: 0,8 m (wymiar decydujący o maksymalnej szerokości podwozia jezdne),
- szerokość na koronie rowu: 3-5 m (maszyna podczas pracy musi się zmieścić w gabarycie poniżej 3 m, a ramiona boczne maszyny muszą mieć zasięg ponad 5 m, dla określonej strategii wstawiania do rowu),

- głębokość 1,8 m (minimalny oczekiwany zasięg ramion bocznych i wysięgnika przedniego w kierunku dna rowu i jednocześnie minimalne podniesienie ramion bocznych ku górze, gdy maszyna jest w rowie),
- nachylenie skarpy rowu 45-60° (istotne z punktu widzenia możliwości wjeżdżania po skarpie i jej nośności, czyli bezpieczeństwa oberwania się pod ciężarem maszyny).

Na podstawie podanych wymiarów należy spełnić jednocześnie kilka nawet wzajemnie sprzecznych warunków, aby skonstruować takie cechy maszyny, które spełnią wszystkie kryteria wymiarowe oraz bezpieczeństwa ruchu maszyny podczas wprowadzania i wyprowadzania z rowu.

Należy skupić się na jednym z najważniejszych zagadnień związanych z zagadnieniem wprowadzania i wyprowadzania maszyny z rowu – pogodzenia minimalnych i maksymalnych gabarytów maszyny (rys. 1). Gabaryty rowu były kluczowym zagadnieniem decydującym o możliwościach i ograniczeniach funkcjonalnych każdego rozważanego wariantu koncepcyjnego wprowadzania maszyny do rowu, a następnie jej wyprowadzania.

Przed wprowadzeniem do rowu maszyna musi się znaleźć nad krawędzią skarpy rowu. Ze względów bezpieczeństwa nie może stanąć na samej krawędzi skarpy, tylko w pewnej odległości. Do celów projektowych i koncepcyjnych założono, że centralne podwozie jezdne znajdzie się w odległości co najmniej 1 m od krawędzi rowu. Aby znaleźć się w rowie, ramiona boczne muszą dosięgnąć dna rowu, niezależnie od tego czy maszyna będzie wstawiana, czy też będzie wjeżdżała. Zasięg w dół musi być zatem na odległość co najmniej 1,8 m. Można też wykorzystać do podparcia przeciwległą skarpy rowu, ale wtedy zasięg ramion musi być co najmniej 5 m.



Rys. 1. Ograniczenia gabarytowe dla maszyny pracującej w rowie melioracyjnym i wymagane zasięgi ramion bocznych dla różnej fazy wprowadzania i wyprowadzania z rowu

Fig. 1. The overall dimensions of work space for machine working inside melioration ditch and required ranges of side arms in different phases of putting the machine in/out ditch

W sytuacji kiedy maszyna jest już w rowie koła ramion podporowych prowadzone są na skarpie rowu. Złożone do pozycji minimalnej długości muszą się zmieścić w gabarycie przestrzeni roboczej o maksymalnej szerokości 3 m, chociaż pożądane jest nawet 2,5 m. Kiedy maszyna musi się wydostać z rowu, te same ramiona podporowe maszyny muszą znaleźć się na poboczu rowu i do tego swobodnie minąć krawędź skarpy rowu. Zatem widać, że koła podporowe na ramionach bocznych muszą się znaleźć albo bardzo blisko, albo bardzo daleko od maszyny.

Pewne warianty wprowadzania do rowu, pozwalały ominąć ten wymóg rozpiętości wymiarowej, np. wjeżdżanie po skarpie, ale utrzymanie się maszyny na tak stromej powierzchni jest praktycznie nie wykonalne. Dlatego zagadnienie wprowadzania maszyny do rowu już na poziomie rozważań koncepcji stało się zadaniem bardzo trudnym i wymagającym inwencji twórczej.

Warto też przyjrzeć się rozwiązaniom maszyn spotykanych w technice melioracji, które poruszają się w przestrzeni rowu (rys 2). Oba prezentowane przykłady maszyn mają prostą strukturę nośną, która w przypadku maszyny firmy Berky wyróżnia się krótkimi, regulowanymi ramionami bocznymi, zakończonymi kołami jezdными. Maszyna ta porusza się po skarpach rowu i aby się na nich znaleźć musi wykorzystać przejazd drogowy, z którego może zjechać bezpośrednio na skarpy, albo potrzebuje wykopanego zjazdu na skarpie rowu.

Maszyna druga, firmy Conver, ma jeszcze prostsze podwozie, które ma układ dwóch gąsienic. Układ gąsienicowy pozwala na swobodny podjazd nawet na stromą skarpę rowu, zwłaszcza z wykorzystaniem, jako asekuracji i wspomaganie, wysięgnika narzędziowego. Po dojechaniu do dna maszyna musi zmienić kierunek jazdy o 90°, co w rowie jest akurat zadaniem dość skomplikowanym. Poza tym maszyna firmy Conver może się poruszać tylko w odpowiednio szerokich kanałach. Oba prezentowane warianty

poruszania się w rowie wymagają zatem skarp o niedużej stromości.



Rys. 2. Przykłady maszyn samobieżnych, pracujących w przestrzeni rowu melioracyjnego: a) maszyna firmy Berky, poruszająca się kołami po skarpach rowu [2], b) maszyna firmy Conver, poruszająca się na podwoziu gąsienicowym po dnie rowu [3]

Fig. 2. The examples of self propelled machines to work inside the space of melioration ditch: a) machine produced by Berky, which runs on wheels on side scarp of the ditch [2], b) machine produced by Conver, which has caterpillar chassis and runs on the bottom of the ditch [3]

2. Analiza wybranych rozwiązań w aspekcie wprowadzania i wyprowadzania maszyny z rowu

Wśród rozważanych wariantów wprowadzania i wyprowadzania maszyny z rowu można wydzielić następujące grupy rozwiązań:

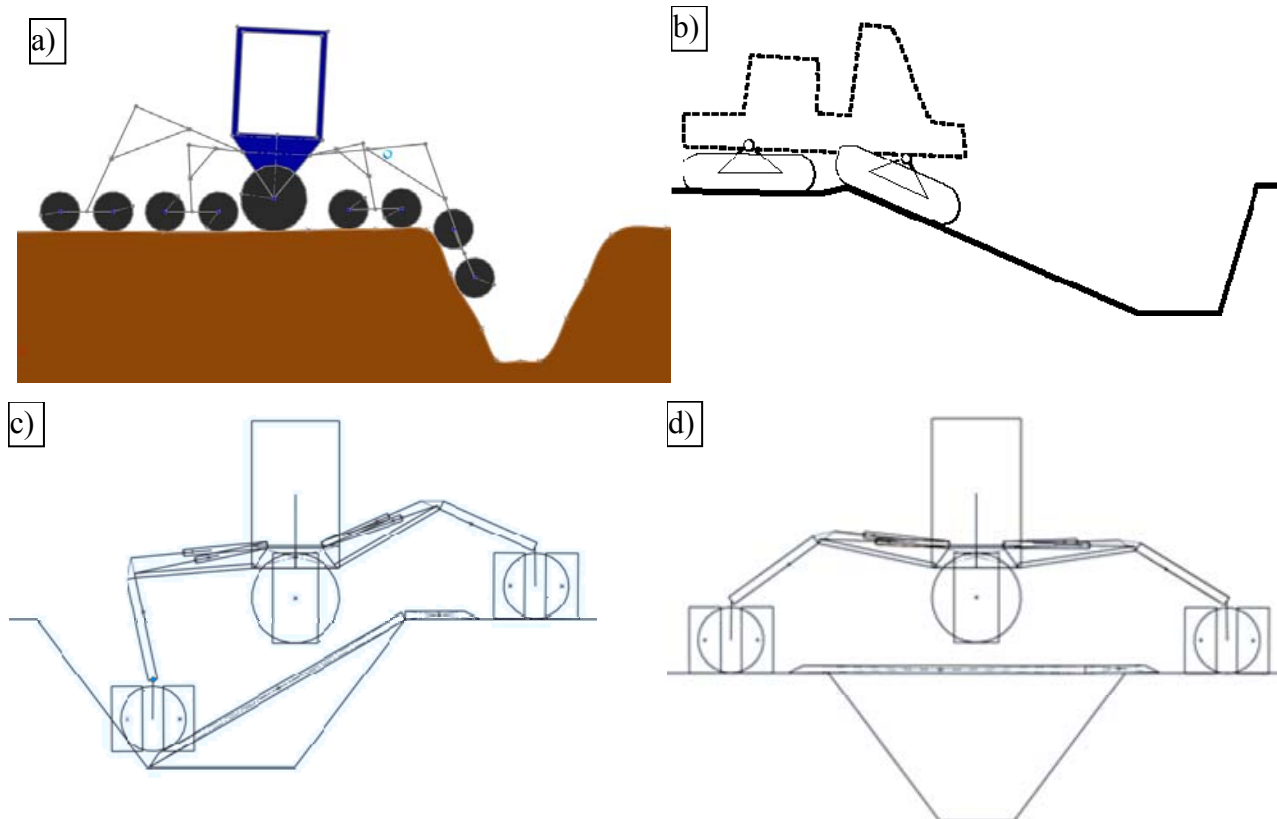
- wstawianie przez osobne urządzenie, które pozostaje poza rowem podczas pracy maszyny (rodzaj dźwigu),
- wjeżdżanie do rowu po skarpie,
- wjeżdżanie do rowu po specjalnej kładce,
- wstawianie na ramionach bocznych.

Pierwszy wariant obniżał w znacznym stopniu autonomię maszyny i jej możliwości funkcjonalne, dlatego zrezygnowano z niego już na wstępie projektu. Urządzenie wstawiające maszynę do rowu powinno być wyposażone we własne podwozie jezdne i własny napęd. W ten sposób dojeżdża do krawędzi rowu i za pomocą urządzenia dźwigowego wstawia maszynę do rowu. Dalej maszyna już jest samowystarczalna, jeśli chodzi o poruszanie się w rowie. Niestety, urządzenie wstawiające musiałoby się znaleźć przy rowie w każdym miejscu, gdzie zaszłaby potrzeba wyjęcia maszyny z rowu, np. z powodu przeszkody terenowej. Pozostałby problem dostępności pobocza rowu i ograniczenia spowodowane uprawami rolnymi lub drzewostanem.

Wariant wjeżdżania po skarpie można zrealizować na kilka sposobów. Po pierwsze, jeżeli maszyna byłaby dostatecznie długa, tak aby pierwsze koło dosięgło dna rowu zanim środek ciężkości minie krawędź skarpy, wtedy można by wjeżdżać do rowu po skarpie dziewiczej, tzn. takiej, jaką się zastanie w danym miejscu rowu, bez jakiegokolwiek ingerencji w celu jej przebudowy (rys. 3a). Warunkiem powodzenia realizacji koncepcji jest skonstruowanie odpowiednich ramion

podporowych, o odpowiednim zasięgu. Ponadto ramiona boczne muszą złożyć się do szerokości roboczej w przestrzeni rowu. Koła jezdne muszą obrócić się następnie o 90° w celu jazdy wzdłuż rowu. Skomplikowane jest też opanowanie sterowania takimi ramionami bocznymi i ruchem obrotowym kół, bo jak pokazały wykonane w projekcie symulacje, ruch kół na wysokości dna nie jest płynny, a wspinanie się kół na przeciwległą skarpe często wymaga cofnięcia maszyny. W przypadku, gdyby koła wpadły w poślizg, nie udało by się bezproblemowo wykonać takiego podjazdu. Ostatecznie więc zaniechano tego pomysłu – chociaż wydaje się interesujący dla maszyn o mniejszych gabarytach, przeznaczonych do pracy w mniejszych rowach.

Na rys. 3b przedstawiono ideę wjeżdżania na podwoziu gąsienicowym. Podwozie jest dwudzielne i jednośladowe, zgodnie z ideą projektu. Zastosowano jednocześnie wykop w skarpie rowu, który łagodzi kąt nachylenia skarpy. Idea takiego podwozia gąsienicowego miała na celu uprościć skrajnie konstrukcję podwozia, w którym napędzany byłby tylko ruch jazdy. Ponieważ podwozie byłoby krótkie, więc wymóg wykopania podjazdu w skarpie wystąpiłby praktycznie w każdym rowie. Niestety, eliminuje to wykorzystanie maszyny na terenie z licznymi przeszkodami w rowie, takimi jak przejazdy drogowe, drzewa uniemożliwiające jazdę maszyny i wiele innych. Mocną stroną tej koncepcji jest natomiast prostota i niska cena wykonania podwozia jezdne i ramion bocznych. Dlatego rozwiązanie to może znaleźć zastosowanie na obszarach mało zurbanizowanych, gdzie podjazdy technologiczne nie byłyby częste i mogłyby być wykonane na stałe, jako wymóg tej technologii pracy maszyną.



Rys. 3. Warianty wykorzystujące koncepcję wjeżdżania maszyny do rowu melioracyjnego: a) wjazd na podwoziu wielokółowym, b) wjazd na podwoziu gąsienicowym, c) i d) wjazd z wykorzystaniem kładki

Fig. 3. The conception variants of machine running into the melioration ditch: a) on the multi-wheel chassis, b) on the caterpillar chassis, c) & d) with using the footbridge

Wariant na rys. 3c pokazuje sposób wykorzystania dodatkowego przyrządu najazdowego w formie kładki lub drabinki. Przesłanki, które przemawiają za tym rozwiązaniem, to możliwość uproszczenia konstrukcji ramion podporowych maszyny, gdyż mogą być znacznie krótsze oraz korzystać w postaci utwardzenia gruntu pod kołami maszyny podczas wjeżdżania do rowu. Minusem wariantu jest konieczność dowożenia kładki na miejsce pracy i jej dźwiganie. Chociaż analizy wytrzymałościowe pokazały, że kładka może ważyć ok. 100 kg, to jednak jest to ciężar znaczny do dźwigania przez operatorów maszyny. Poza tym kładka musiałaby mieć konstrukcję o zmiennej długości lub też łamaną przegubowo. Same ramiona boczne na maszynie, chociaż krótsze niż w innych wariantach, to i tak mają kilka stopni swobody doysterowania. Więc ostatecznie podjęto działania nad takim dopracowaniem konstrukcji ramion bocznych, aby można było wprowadzać maszynę do rowu bez konieczności stosowania kładki lub rozkopywania skarpy rowu.



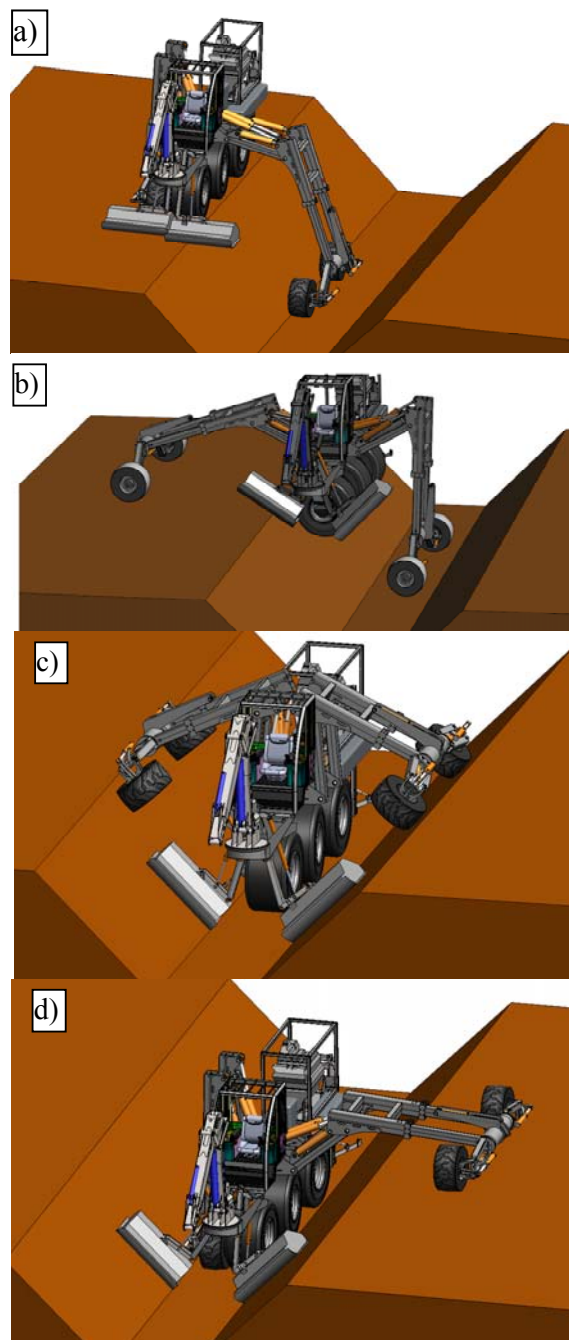
Rys. 4. Model doświadczalny podczas wjeżdżania do rowu
Fig. 4. The testing model during movement into melioration ditch

Według koncepcji wjeżdżania po skarpi rowu wykonano w projekcie model doświadczalny do badania układu jezdnego (rys. 4). Celem testów było sprawdzenie, jak zachowują się różne rodzaje podwozia jezdnego (kołowe i gąsienicowe) w warunkach jazdy po dnie rowu z namulami, ale jest to zagadnienie na oddzielny artykuł. Wyniki prób terenowych w zakresie wjeżdżania do rowu można uznać za obiecujące. Każdorazowo trzeba było wykonać koparką podjazd technologiczny, co zajmowało ok. 0,5 godziny czasu (plus kolejne 0,5 godziny na jego zakopanie i przywrócenie poprzedniego stanu skarpy rowu). Samo manewrowanie na podjeździe to kolejne 15 minut. Więc stosowanie takiej techniki wjeżdżania jest uzasadnione tylko wtedy, kiedy czasochłonność zabiegów renowacji rowów jest kilkakrotnie większa, niż czasochłonność wprowadzania maszyny do rowu – słowem, kiedy jest to opłacalne czasowo. O ile sama maszyna może mieć wówczas prostą budowę, to wymaga z kolei zaangażowania koparki do wykonywania podjazdów technologicznych. Jedynie wprowadzenie takich podjazdów do stałej praktyki technologii renowacji rowów umożliwiłoby rozpowszechnienie stosowania tej metody wjeżdżania do rowu.

Wobec wad opisanych dotychczas metod poszukiwano takich sposobów wstawiania maszyny do rowu, które usamodzielnia maszynę i pozwolą na wstawianie praktycznie

w każdych warunkach terenowych. Koncepcja autonomicznego wstawiania maszyny do rowu polegała na takim skonstruowaniu bocznych ramion podporowych, aby niezależnie od wymiarów rowu i kształtu skarpy można było maszynę dźwigać na ramionach bocznych i opuszczać do rowu.

Na rys. 5 pokazano główne fazy ruchu wstawiania maszyny do rowu na ramionach bocznych według jednej z koncepcji realizacji takiego zadania.



Rys. 5. Koncepcja wstawiania maszyny na ramionach podporowych: a) faza przygotowania, czyli oparcie ramienia na dnie rowu, b) faza przenoszenia maszyny na ramionach bocznych, c) maszyna w pozycji pracy w rowie, d) wystawienie ramienia na pobocze przed operacją wystawiania z rowu

Fig. 5. The conception of putting the machine into melioration ditch using side supporting arms: a) phase of preparing – support side arm on ditch bottom, b) moving on side arms, c) the machine in work position inside ditch, d) putting out the side arm to the ground level before putting out the machine

Prezentowana idea została wykorzystana ostatecznie w projekcie konstrukcyjnym urządzenia wielozadaniowego do renowacji rowów i opiera się na idei czterech punktów podparcia, na czterech kołach należących do ramion bocznych. Konstrukcja ramion bocznych jest taka, że maszyna może być na nich uniesiona i nie wymaga dodatkowego podpierania, bo koła boczne zapewniają dostatecznie stabilne podparcie. Rozważano dodatkowo warianty wariacyjne, tj. wersje z dwoma lub czterema ramionami, różniące się liczbą punktów podparcia (ramiona boczne + wysięgnik) od 3 do 5, posiadające różnie rozwiązana realizację wymaganych stopni swobody i zasięgu ramion. Koncepcje te będą omówione szerzej w innym artykule z serii.

Pierwsza faza wstawiania maszyny do rowu, zgodnie z omawianą koncepcją, wymaga przygotowania ramienia bocznego, tak aby znaleźć punkt oparcia bądź na dnie rowu, bądź na przeciwległym poboczu rowu. Zachowanie stateczności jest zapewnione przez dwie operacje (zanim zostanie przestawione ramię boczne): podparcie asekuracyjne za pomocą przedniego wysięgnika narzędzi oraz odstawienie drugiego ramienia od maszyny, co stanowi przeciwwagę gdy ramię pierwsze przemieszczane jest w powietrzu nad rowem.

Faza druga polega na dźwignięciu maszyny na ramionach bocznych (i ewentualnie też wysięgniku narzędzi) i przemieszczenie jej na dno rowu. Po zakończeniu tego ruchu ramiona boczne również zostają schowane w przestrzeń rowu. Przed wystawieniem maszyny z rowu, należy najpierw jedno z ramion wystawić na pobocze rowu, aby można było zapoczątkować ruch dźwignia maszyny.

Taki sposób wstawiania jest uniwersalny, ale wymaga wytrzymałych ramion bocznych, ze silnymi siłownikami hydraulicznymi. Wymaga też dobrej logistyki operacyjnej, wspomaganą elektroniką sterującą, aby zachować stateczność maszyny.

3. Podsumowanie i wnioski

W artykule poruszono tylko wycinek całości zagadnienia związanego z poruszaniem się maszyny melioracyjnej, w celu jej wprowadzenia i wyprowadzenia z rowu. Z zagadnieniem tym wiąże się szereg rozważań na temat stateczności i bezpieczeństwa pracy maszyny, sekwencji ruchów sterowanych przez operatora, oraz konstrukcji ramion podporowych maszyny, które tę funkcjonalność ruchową muszą zapewnić. Są to obszernie zagadnienia, dlatego poruszone zostaną w kolejnych artykułach cząstkowych z serii poświęconej kształtowaniu koncepcji konstrukcji urządzenia wielozadaniowego do pracy w rowach melioracyjnych – w zakresie stateczności i w zakresie konstrukcji ramion podporowych.

Wnioski, jakie nasunęły się na etapie podjęcia decyzji o sposobie wprowadzania i wyprowadzania maszyny melioracyjnej z rowu są między innymi następujące:

1. Zagadnienie sposobu wprowadzania maszyny do rowu i jej wyprowadzania wymaga wieloaspektowego podejścia do poszukiwania rozwiązań optymalnych, które to podejście obejmuje: analizę charakterystycznych wymiarów rowu melioracyjnego, zagadnienie stateczności maszyny w każdej fazie wprowadzania i wyprowadzania, analizę

wykonalności technicznej, opłacalności i stopnia skomplikowania podwozia jezdnego i podporowych ramion bocznych, wykorzystania środków pośrednich, np. zmiana kształtu skarpy rowu lub wykorzystanie zewnętrznych urządzeń pomocniczych (maszyna z członem transportowym, kładka itp.). Nie da się prawidłowo rozwiązać zagadnienia, patrząc na te aspekty wybiórczo lub niezależnie od siebie. Są one ściśle ze sobą powiązane. Dlatego rozważenie każdego kolejnego pomysłu rozwiązania zagadnienia, wymagało przeprowadzenia nieraz wielodniowych rozważań, analiz symulacyjnych i obliczeń z wykorzystaniem modeli komputerowych. Często o losie danego wariantu decydowały dopiero aspekty konstrukcyjne – ograniczona wytrzymałość, zbyt duża masa, zbyt wiele stopni swobody, niemożność dobrania siłowników (zbyt duża siła, lub zbyt duży skok) i wiele innych.

2. Wybór metody wjeżdżania do rowu wskazał na dwa sensowne kierunki rozwoju koncepcji: maksymalne upraszczanie konstrukcji maszyny, ale kosztem ingerencji w strukturę skarpy rowu (lub wykorzystanie zewnętrznych urządzeń wspomagających) oraz drugi, tj. wzrost stopnia skomplikowania maszyny, ale i stopnia autonomiczności i niezależności od warunków lokalnych w rowie melioracyjnym.

3. Maksymalne upraszczanie konstrukcji maszyny, kosztem przygotowania rowu do wjazdu, wydaje się korzystny ekonomicznie. Ale dostosowanie skarp do takiej postaci konstrukcyjnej maszyny wymaga wykonania na stałe podjazdów technologicznych w skarpach rowów (a więc pewnego standardu uregulowania kształtu i przejezdności rowu) i nadaje się na rozległe tereny nieurbanizowane i niezbyt rozwinięte infrastrukturalnie.

4. Optymalnym rozwiązaniem okazało się wstawianie maszyny na ramionach bocznych. W tym wariantcie wzrósł znacznie stopień skomplikowania tych ramion, związany z dużą rozpiętością między minimalnym a maksymalnym zasięgiem kół podporowych. Jednak uzyskano w ten sposób większą uniwersalność maszyny, rozumianą jako niezależność od wymiarów i kształtu rowu melioracyjnego. Przy tym centralny układ podwozia do jazdy po dnie rowu może być uproszczony do pojedynczej, mocowanej na sztywno gąsienicy lub szeregu kół ogumionych. Można wręcz mówić o tym, że główną konstrukcją nośną maszyny są ramiona boczne, a rama centralna, jest tylko elementem pośredniczącym i łączącymi z pozostałymi zespołami maszyny. W tym kierunku powinny iść przyszłe innowacje funkcjonalne w tego typu maszynach melioracyjnych.

4. Bibliografia

- [1] Szychta M. i in.: „Raport końcowy z realizacji zadania 1. Identyfikacja parametryczna otwartych cieków wodnych na potrzeby opracowania modeli koncepcyjnych urządzenia prototypowego i założeń do nowej technologii. Analiza cech normatywnych. Studium zastrzeżeń patentowych”, Opracowanie wewnętrzne nr PR165-Z1-R, w ramach projektu pn.: „Technologia i nowej generacji urządzenie wielozadaniowe do regeneracyjnego kształtowania otwartych cieków wodnych”, nr projektu: WND-POIG.01.03.01-00-165-/09, Przemysłowy Instytut Maszyn Rolniczych, Poznań, 2010 r.,
- [2] <http://www.berky.de>
- [3] <http://www.conver.nl>

Pracę zrealizowano w ramach projektu badawczo-rozwojowego, pt.: „Technologia i nowej generacji urządzenie wielozadaniowe do regeneracyjnego kształtowania otwartych cieków wodnych”, nr WND-POIG.01.03.01-00-165/09, w ramach Programu Operacyjnego Innowacyjna Gospodarka na lata 2007-2013. Projekt dofinansowany jest ze środków unijnych w ramach Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego.