

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

Part 3. The issue of the multitask machine stability

Summary

This is the third article in the series dedicated to the problems of the melioration machine conception. This paper is set in the problem of multitask machine stability. In the first paper the issue of the build of the main frame was described. In the second, the way of putting the machine into the ditch was discussed. And now, the problems of safe steering and manipulation with the side arms and front manipulator are presented and discussed.

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

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

Część 3. Zagadnienie stateczności urządzenia wielozadaniowego

Streszczenie

Artykuł jest trzecim z serii artykułów poświęconych tematyce kształtowania koncepcji konstrukcji urządzenia wielozadaniowego. W pierwszym artykule opisano budowę topologiczną ramy głównej, w drugim omówiono zasadę wprowadzania maszyny do rowu, a w niniejszym artykule zaprezentowano i omówiono problemy bezpiecznego manipulowania ramionami bocznymi i przednim wysięgnikiem.

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

1. Wstęp. Przypadki eksploatacyjne pracy urządzenia wielozadaniowego w aspekcie stateczności

Zadania, jakie postawiono przed urządzeniem wielozadaniowym, to przede wszystkim poruszanie się w rowie i realizowanie tam określonych zabiegów technologicznych. Jednak, aby maszyna znalazła się wewnątrz rowu, musi wykonać wiele manewrów ramionami bocznymi i przednim wysięgnikiem. Podczas tych manewrów przemieszczane są końce ramion w poszukiwaniu dobrych punktów podparcia oraz przemieszcza się środek ciężkości maszyny. To wszystko razem powoduje, że trzeba zwrócić szczególną uwagę na zagadnienie bezpieczeństwa operowania maszyną i na warunki zachowania stateczności.

Urządzenie wielozadaniowe w całym swoim cyklu życia będzie się znajdować też w wielu innych sytuacjach eksploatacyjnych. Zadanie zachowania stateczności musi objąć wszystkie fazy życia i eksploatacji maszyny. Począwszy od montażu i prac serwisowych, gdzie przewidziano nogi podporowo-postojowe, a skończywszy na transporcie po drogach publicznych. Transport urządzenia wielozadaniowego rozważany był w dwóch przypadkach, kiedy urządzenie jest przewożone na lawecie lub specjalnie do tego celu skonstruowanej przyczepie oraz przypadkiem drugi, kiedy urządzenie jedzie po drogach na własnych kołach.

Manewrowanie urządzeniem podczas pracy w rowie melioracyjnym jest stosunkowo bezpieczne, ponieważ konstrukcja maszyny została dostosowana do pracy właśnie w tych warunkach terenowych. Z punktu widzenia ewentualnej utraty stateczności można zwrócić tutaj uwagę na zagadnienie grząskiego gruntu, jazdy na łuku rowu lub mijania dopływu bocznego rowu. W tych przypadkach dochodzi do nieciągłości stabilnego podparcia na jednym z ramion

bocznych. Zważywszy, że maszyna musi w tym czasie jechać, to manewrowanie w takiej sytuacji eksploatacyjnej wymaga zwrócenia szczególnej uwagi na zachowanie równowagi przez maszynę.

Manewrowanie maszyną podczas wstawiania do rowu jest najtrudniejszym z manewrów. Wynika to z dwóch faktów. Po pierwsze, następuje przemieszczanie punktów podparcia, tj. przemieszczanie ramion bocznych, podczas którego są one unoszone nad powierzchnią gruntu. Po drugie, urządzenie wielozadaniowe stoi nad krawędzią rowu, co dla operatora maszyny jawi się jako stanie „nad przepaścią”. Każdy błąd operatora, może się okazać katastrofalny. Najlepiej byłoby uniknąć takiej sytuacji, ale nie jest to możliwe, ponieważ, aby maszyna znalazła się w rowie, musi najpierw znaleźć się przy nim.

Problem stateczności maszyny wiąże się nierozłącznie z konstrukcją ramion bocznych, wysięgnika przedniego i ogólnej topologii całej maszyny. Omówione zagadnienie zachowania stateczności ograniczono tylko do sytuacji wprowadzania urządzenia wielozadaniowego do rowu i związanej z tym koncepcji wyboru odpowiedniego układu ramion podporowych.

2. Zagadnienie stateczności maszyny podpartej trójpunktowo

Zagadnienie stateczności urządzenia wielozadaniowego do renowacji cieków wodnych należy rozpatrywać dla najmniej korzystnego przypadku, tj. podparcia w trzech punktach. Jest to jeden z wielu rozpatrywanych przypadków koncepcji wykonania ramion podporowych i związanej z tym stateczności. W omawianym wariantcie trójpunktowego podparcia, ramiona boczne były zamocowane z tyłu

i dawały dwa punkty podparcia, a trzeci punkt podparcia pochodził od przedniego wysięgnika dla narzędzi roboczych.

Na ilustracjach poglądowych (rys. 1) zostały uwidocznione trzy fazy wstawiania urządzenia do rowu. Na rys. 1a maszyna jest w pozycji przygotowania do wstawienia do rowu. Wcześniej już został wykonany manewr podjechania do krawędzi rowu. Zostały też przemieszczone ramiona boczne, przy czym, aby wstawić ramię lewe (względem maszyny) do rowu, trzeba było najpierw odchylić ramię prawe maksymalnie w prawo, aby utworzyć przeciwwagę, a wysięgnik oprzeć na dnie rowu lub na krawędzi rowu. Dopiero wtedy można bezpiecznie przemieścić lewe ramię boczne na dno rowu. Dalsze ruchy wstawiania będą następujące: należy prawe ramię przysunąć z powrotem do maszyny, potem unieść maszynę do góry i przemieścić ją poprzez odpowiednią pracę siłowników ramion bocznych i wysięgnika nad dno rowu i następnie opuścić ją na to dno.

Na rys. 1a widać, że pojawia się skrajna sytuacja, kiedy z prawej strony zaczyna brakować podparcia. Jeżeli wykreślimy linię przechodzącą przez punkt podparcia wysięgnika przedniego i punkt podparcia prawego ramienia bocznego, to okaże się, że środek ciężkości znajdzie się przy tej linii lub nawet może ją przekroczyć, co skutkuje przewróceniem się urządzenia wielozadaniowego. Widać na tym schemacie jeszcze inną ważną rzecz. Mianowicie nie można wysięgnika oprzeć na dnie rowu, bo wtedy w ogóle nie będzie zachowana stateczność urządzenia na początku manewru wstawiania do rowu. Korzystnie byłoby oprzeć wysięgnik na brzegu rowu, ale wtedy pojawia się jeszcze bardziej niebezpieczna sytuacja, gdy rozpatrzmy końcową fazę wstawiania, uwidoczną na rys. 1c.

Na rys. 1c urządzenie wielozadaniowe kończy manewr wstawiania do rowu. Tutaj, podobnie jak dla sytuacji z rys. 1a, można wykreślić granicę stateczności, tj. linię łączącą punkt podparcia lewego ramienia bocznego z punktem podparcia na wysięgniku. Korzystnie byłoby, gdyby wysięgnik opierał się na dnie rowu, a nawet na przeciwległej, lewej skarpie rowu. Zatem położenia wysięgnika dla fazy 1a i 1c są ze sobą sprzeczne. Arbitralnie rzecz ujmując, wysię-

gnik powinien się oprzeć na skośnej skarpie rowu, bo wtedy będzie po środku względem fazy z 1a i 1c. Oczywiście jest to najgorszy, wręcz nierealny wariant podparcia, bo skarpa rowu oberwie się pod naciskiem wysięgnika, co zakończy się przewróceniem urządzenia wielozadaniowego.

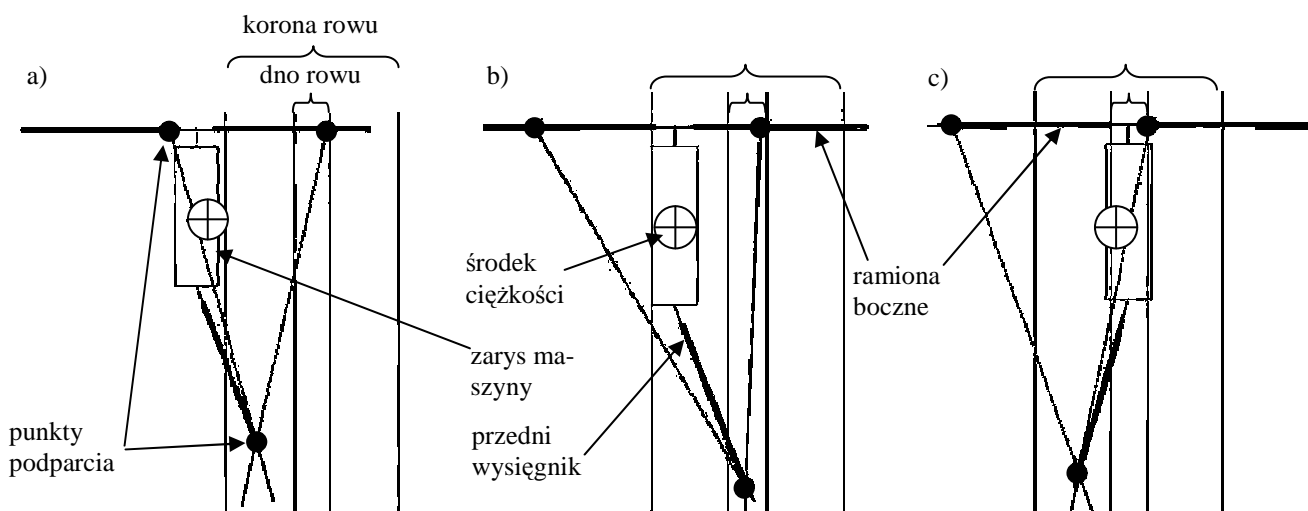
Trzeba też pamiętać, że w fazie przemieszczania urządzenia do rowu, uwidocznionej na rys. 1b, nie można zmienić punktów podparcia, bo cały ciężar urządzenia wielozadaniowego spoczywa na ramionach bocznych i na wysięgniku. Nie można też przerwać tego manewru i postawić urządzenie „na chwilę” na ziemi, aby przemieścić punkty podparcia, bo urządzenie musiałoby spocząć na skośnej skarpie rowu.

Przedstawiona analiza pokazała, że manewr wstawiania do rowu jest trudny do zrealizowania, jeżeli są do dyspozycji tylko trzy punkty podparcia. Dalsze rozważania będą zmierzały w kierunku analizy procesu wstawiania do rowu, analizy stateczności i koncepcji ramion bocznych z czterema punktami podparcia na ramionach bocznych, plus piąty punkt podparcia na wysięgniku przednim. W innym przypadku proces wstawiania do rowu będzie niemożliwy do bezpiecznego zrealizowania.

3. Warianty konstrukcyjne ramion bocznych

Konstrukcja ramion bocznych w urządzeniu wielozadaniowym została podyktowana dwoma względami funkcjonalnymi: zasięg i stateczność. Zasięg ramion rozpatrywany jest w czterech sytuacjach:

- sięganie do dna rowu, tj. co najmniej 2 m w kierunku dolnym,
- podniesienie na wysokość co najmniej 1,5 m, aby stojąc urządzeniem wielozadaniowym na dnie rowu, mieć możliwość postawienia kół podporowych na brzegu rowu,
- duży zasięg poziomy, nawet do 4 m, aby sięgnąć ramionami na przeciwległą skarpę rowu,
- oraz maksymalne „podkurczenie” ramion, aby urządzenie zmieściło się w wąskim na 3 m rowie, pomiędzy jego skarpami.



Rys. 1. Trzy pozycje maszyny, podpartej na trzech punktach, podczas wstawiania do rowu (szkice w widoku z góry): a) maszyna znajduje się na poboczu rowu, przed rozpoczęciem przestawiania do rowu, b) maszyna jest w trakcie przemieszczania do rowu, c) maszyna jest w rowie, nad jego dnem

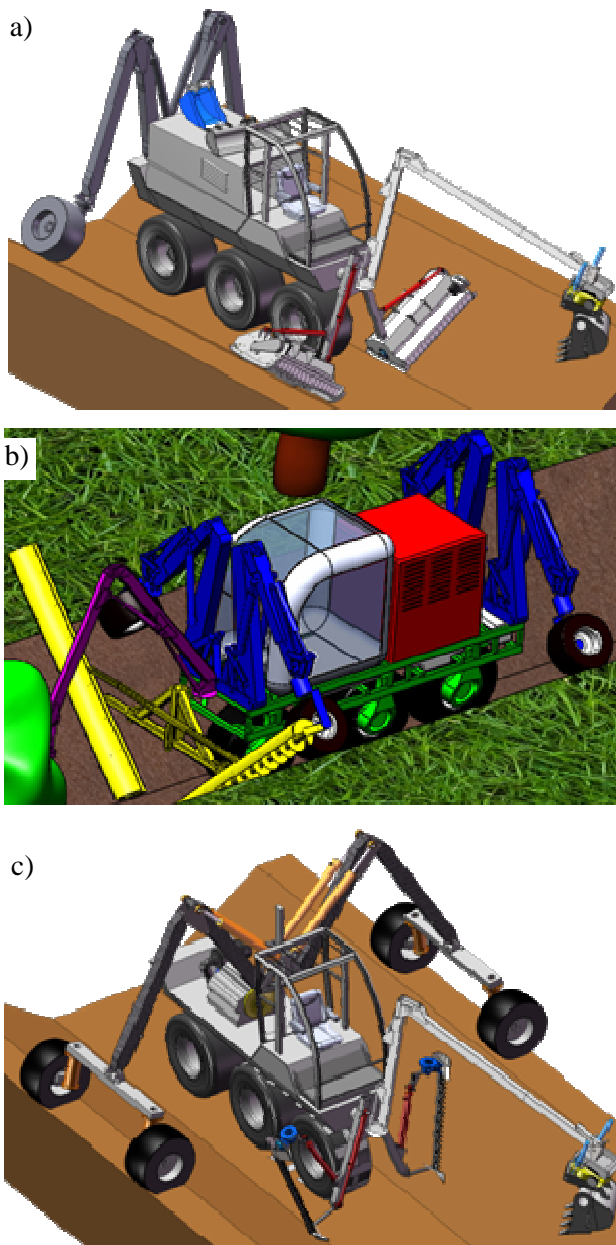
Fig. 1. Three positions of the machine supported on three points during movement into the ditch (top view sketches): a) machine is under the ditch before maneuver of putting to the ditch, b) machine is in the course of movement into the ditch, c) machine finishes maneuver of putting into the ditch, but is above the bottom of the ditch

Te wymagania, związane z zasięgiem, wymusiły wielo-
członową konstrukcję ramion bocznych, co opisano w cz. II
[1].

Wymagania związane ze statecznością wymusiły z kolei
liczbę ramion, a ściślej, liczbę czterech punktów podparcia
na ramionach bocznych.

Na rys. 2a, 2b, 2c zaprezentowano trzy charakterystycz-
ne warianty konstrukcyjne podporowych ramion bocznych
dla urządzenia wielozadaniowego.

Na rys. 2a jest przedstawiony wariant trzech punktów
podparcia, czyli dwa ramiona boczne, zainstalowane z tyłu
urządzenia wielozadaniowego i wysięgnik narzędzi z przodu.
Ten wariant został jednak odrzucony, jako nie spełniają-
jący warunków stateczności.



Rys. 2. Wybrane warianty koncepcyjne wykonania ramion
bocznych: a) dwa niezależne ramiona boczne, umieszczone
z tyłu maszyny, b) cztery niezależne ramiona boczne,
umieszczone na narożnikach maszyny, c) dwa ramiona
boczne w kształcie odwróconej litery T

*Fig. 2. Selected conception variants of the construction of
the side arms: a) the pair of arms mounted on the back of
the machine, b) four independent arms, c) two T-type arms*

Na rys. 2b pokazano wariant czterech punktów podpar-
cia na ramionach bocznych, przy czym wykonane zostały
w tym celu cztery niezależne ramiona podporowe. Wariant
ten posiadał jednak pewne wady. Po pierwsze, trzeba było
sterować czterema niezależnymi układami siłownikó-
w hydraulicznych, co komplikowało układ sterowania. Po
drugie, ramiona z przodu maszyny zasłaniają widoczność z ka-
biny operatora. Z tych względów, również ten wariant kon-
strukcyjny został odrzucony.

Wariant trzeci, tzw. wariant T, pokazany na rys. 2c
przedstawia rozwiązanie, w którym ramiona boczne mają
kształt odwróconej litery T, a na jej końcach znajdują się
koła podporowe. W ten sposób, dwa niezależne ramiona
boczne, zapewniają cztery punkty podparcia. To rozwiąza-
nie ma wiele zalet. Po pierwsze, operator steruje tylko
dwoma, a nie czterema ramionami. Po drugie, ramiona za-
mocowane są z tyłu za kabiną i nie zasłaniają widoczności.
To mocowanie jest blisko środka ciężkości maszyny, a więc
znajduje się zawsze pomiędzy punktami podparcia. Te ce-
chy spowodowały, że wariant litery T znalazł zastosowanie
w końcowej postaci konstrukcyjnej urządzenia wielozada-
niowego.

Wariant T miał także wiele pochodnych wariantów wy-
konania, co wiązało się z różnymi koncepcjami uzyskania
zasięgu. Będzie to szerzej omówione w innych artykułach.

Oprócz przedstawionych wariantów rozważano także
inne, których jednak wszystkich nie sposób przytoczyć
w krótkim artykule. Z punktu widzenia stateczności urzą-
dzenia wielozadaniowego rozpatrywano na przykład układ
czterech niezależnych ramion podporowych, przy czym
dwa z nich były ramionami głównymi, o dużym zasięgu, a
dwa z nich ramionami pomocniczymi o małym zasięgu i
uproszczonej budowie kinematycznej. Ich zadaniem była
asekuracja maszyny na wypadek utraty stateczności. Brano
też pod uwagę możliwość zjeżdżania po skarpie do rowu,
co pozwalało mieć zawsze pewny kontakt z gruntem i do-
datkowe punkty podparcia na kołach centralnego podwozia
jezdnego. Jednak nie gwarantowało to dostatecznego bez-
pieczeństwa użytkownika.

4. Sekwencje ruchów podczas wchodzenia do rowów

Wprowadzenie urządzenia wielozadaniowego do rowu
wymaga wykonania następującej sekwencji ruchów
(rys. 3):

1. Kiedy urządzenie zostaje doprowadzone do krawędzi do rowu rozpoczyna się wprowadzanie do rowu. Najpierw trzeba ramię zewnętrzne (czyli po stronie przeciwnej niż rów) odsunąć maksymalnie na bok, aby utworzyć przeciwagę dla drugiego ramienia. Podczas odsuwania koła ramienia mogą pozostawać w kontakcie z gruntem.
2. Następnie trzeba uzyskać asekurację wysięgnikiem przednim, czyli skierować go do dna rowu. Można też sięgnąć na przeciwległy brzeg rowu.
3. Po oparciu wysięgnika na dnie rowu (wysięgnik jest zaopatrzony w tym czasie w łyżkę do kopania) można rozpocząć przemieszczanie ramienia wewnętrznego w kierunku dna rowu. W większości wypadków przemieszczanie może się odbywać bez utraty kontaktu kół tego ramienia z gruntem, ale na skarpach stromych ten kontakt nie będzie możliwy.
4. Kiedy ramię wewnętrzne jest przemieszczane w kierunku dna rowu występuje pierwsza sytuacja o dużym ryzyku utraty stateczności. Linia kreskowa pokazuje, że środek ciężkości zbliża się do granicy punktów podparcia. Dlatego

należy zachować szczególną ostrożność. Ruchy ramienia wewnętrznego muszą się odbywać powoli, oraz należy dążyć do zachowania kontaktu kół ramienia z gruntem. Nie należy przemieszczać ramienia podniesionego wysoko do góry, co nie zapewni należytej asekuracji. Można też dodatkowo pochylić całe urządzenie wielozadaniowe na zewnątrz, co dodatkowo osunie środek ciężkości od rowu.

5. W fazie tej ramię boczne jest maksymalnie wysunięte na bok i może nie mieć jeszcze pewnego oparcia na dnie rowu. Wynika to na przykład z małej nośności gruntu w rowie oraz z utrudnionej widoczności, bo koła ramienia bocznego mogą być zakryte przez trzcinę lub wodę. Dlatego trzeba kontrolować, czy sytuacja oparcia na dnie rowu nie ulega pogorszeniu podczas kolejnych faz wstawiania do rowu.

6. W fazie 6, kiedy ramię wewnętrzne ma już pewne oparcie, można rozpocząć przesuwanie ramienia bocznego zewnętrznego z powrotem do maszyny. Manewr ten może się odbywać bez utraty kontaktu z gruntem.

7. W międzyczasie należy zabrać wysięgnik z podparcia na dnie rowu i ustawić go w pozycji wyjściowej.

8. W tej fazie następuje podniesienie całego ciężaru maszyny na samych ramionach bocznych. Podczas powyższego zostają mocno dociążone koła ramion i może się zmienić drastycznie sytuacja ich podparcia na gruncie. Zwłaszcza w rowie koła mogą zacząć się zapadać na głębokość nawet kilkudziesięciu centymetrów. Zatem trzeba korygować pionowe ustawienia całego urządzenia, które zacznie się przechylać w kierunku rowu. Jeśli oparcie ramienia bocznego na dnie rowu będzie za słabe, to trzeba powtórzyć fazy 2-7, doprowadzając do oparcia ramienia bocznego na przeciwnym nabrzeżu rowu, gdzie nośność gruntu jest znacznie lepsza niż na dnie. Jednak w rowach o dużych szeroko-

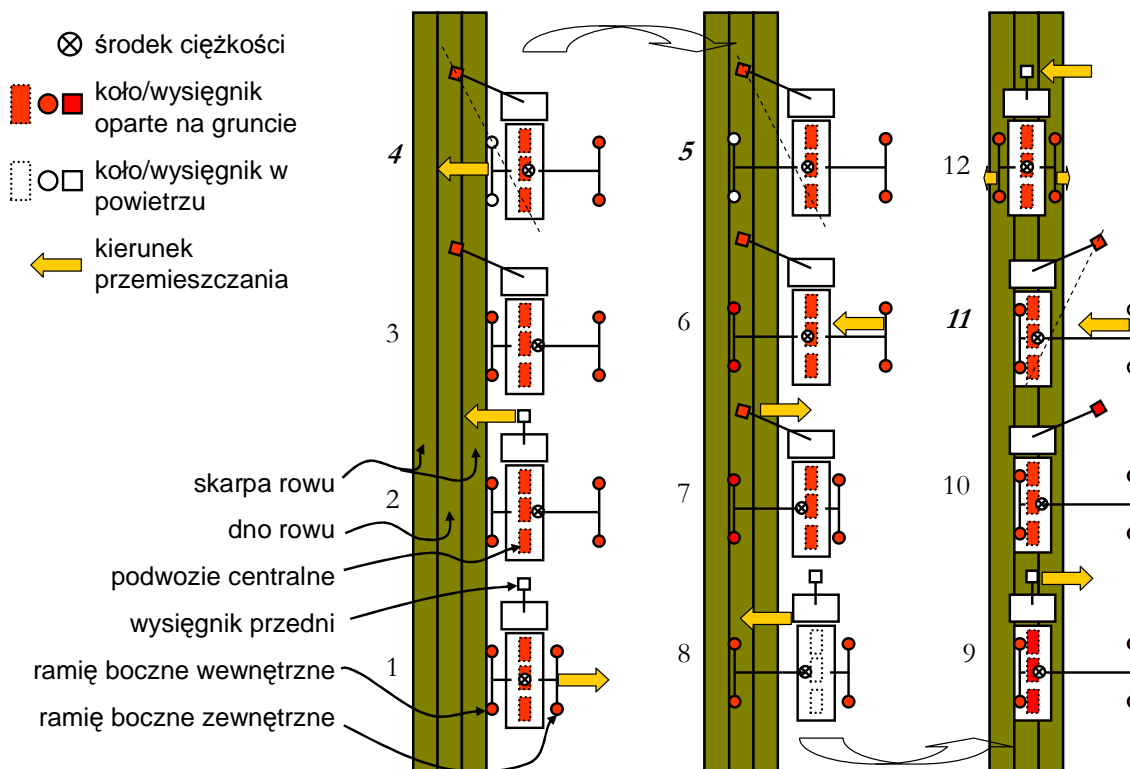
ściach będzie to niemożliwe. W dużych rowach i kanałach może się też okazać, że ramię boczne wewnętrzne okaże się za krótkie w wyniku zagłębienia się kół w grunt dna rowu. Wtedy trzeba zaniechać dalszego przemieszczania urządzenia wielozadaniowego i znaleźć inne dogodnie miejsce do wstawienia do rowu, albo zebrać warstwę gleby na nabrzeżu rowu, aby obniżyć jego wysokość.

9. Kiedy urządzenia wielozadaniowe znajdzie się na dnie rowu, można jego ciężar oprzeć z powrotem na podwoziu centralnym.

10. Następnie należy przemieścić wysięgnik przedni na nabrzeże rowu i oprzeć na gruncie. Będzie on stanowił podparcie na czas przemieszczania ramienia bocznego zewnętrznego do przestrzeni rowu.

11. W fazie 11 pojawia się kolejna niebezpieczna sytuacja utraty stateczności. Przeszczanie ramienia bocznego wprawdzie może się odbywać początkowo bez utraty kontaktu kół z gruntem, ale może też dojść do jego unoszenia nad gruntem. Ryzyko utraty stateczności jest jednak średnie, a skutki nie są tragiczne. Maszyna jest bowiem w rowie, gdzie jest mało miejsca na jej przechylenie się na boki. Znacznie gorzej jest w fazie 4 i 5, bo tam przechylenie maszyny lub utrata stateczności skutkuje nawet upadkiem maszyny z wysokości nabrzeża do rowu.

12. Ostatnie manewry polegają na zabraniu wysięgnika z nabrzeża rowu do jego przestrzeni, dalej na oparciu ramion bocznych na skarpach rowu, (zamiast na jego dnie) i wycentrowaniu maszyny względem rowu (lub ustawieniu jej na właściwym torze jazdy). Następnie można zmienić uzbrojenie wysięgnika z łyżki, która była potrzebna dla opierania się na gruncie, na inne narzędzie, wymagane procesami technologicznymi renowacji rowu.



Rys. 3. Sekwencje manewrowania ramionami bocznymi w układzie T w celu wprowadzenia maszyny do rowu, przy zachowaniu bezpieczeństwa i stateczności maszyny wielozadaniowej (czerwony kolor oznacza kontakt z gruntem, punkt z krzyżykiem oznacza środek ciężkości)

Fig. 3. The sequences of maneuver the T-type side arms of the multitask machine during putting into the ditch according to the conditions of safety and stability of the machine

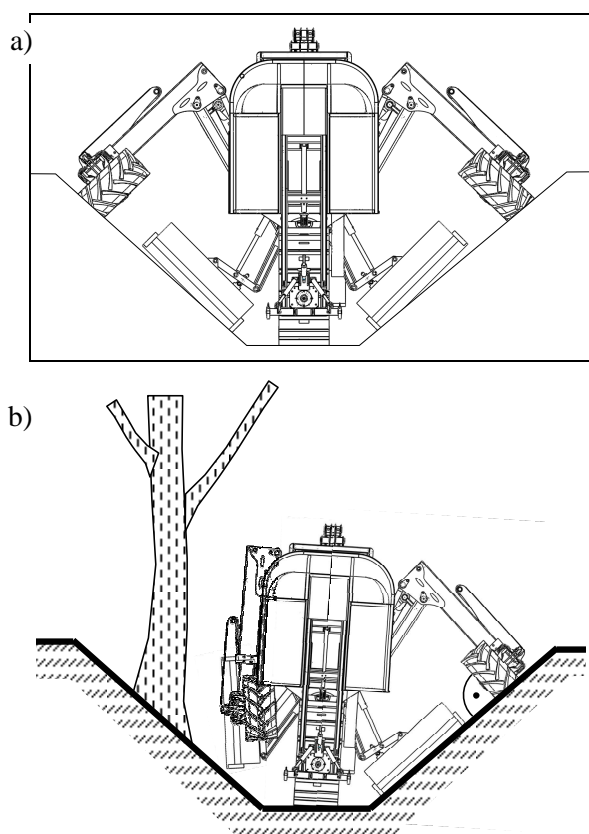
5. Zagadnienie stateczności podczas jazdy w rowie

Praca urządzeniem wielozadaniowym wewnątrz rowu będzie stosunkowo bezpieczna – z punktu widzenia stateczności. Jej jazda będzie przypominać jazdę na rowerku dziecięcym z kółkami podporowymi. Zawsze któreś z ramion będzie mieć kontakt z gruntem na skarpie rowu (rys. 4a). Prawie cały ciężar urządzenia wielozadaniowego będzie się opierać na dnie rowu, a tylko ok. 1/5 będą przenosić ramiona boczne.

Taki sposób poruszania się urządzenia wielozadaniowego w rowie ma też tę zaletę, że umożliwi omijanie przeszkód terenowych na skarpach rowów, np. drzew (rys. 4b). Podczas tego manewru, całe urządzenie wielozadaniowe zostaje lekko odchyłone od przeszkody, aby przemieścić środek ciężkości na stronę przeciwną, gdzie będzie podparcie na kołach ramienia bocznego. Uwolnione w ten sposób drugie ramie boczne można zamknąć na maszynie, co zmniejsza obrys zewnętrzny i umożliwia ominięcie przeszkody.

Warunki stateczności w rowie zależą także od warunków nośności gruntu i od ciągłości skarp bocznych. W dnie rowu będą się pojawiać miejsca bardziej miękkie, co będzie powodować osiadania podwozia centralnego. Dlatego ramiona boczne muszą być w sposób ciągły korygowane.

Nieciągłość skarp wynika z przeszkód terenowych, ale też z faktu krzyżowania się dwóch rowów ze sobą (dopływy boczne). Wtedy procedura przejazdu jest taka sama, jak mijania przeszkody terenowej.



Rys. 4. Maszyna wielozadaniowa podczas jazdy w rowie melioracyjnym: a) maszyna podparta jednocześnie na dwóch ramionach, b) ramiona maszyny podczas omijania przeszkody

Fig. 4. The multitask machine during movement in the ditch: a) machine is supported on two cooperated arms, b) machine during passing obstacle

6. Podsumowanie i wnioski

Zagadnienia, opisane w artykule pokazują tylko ogólnie zagadnienia stateczności urządzenia wielozadaniowego. Z powodu różnorodności funkcji realizowanych przez układ jezdny i podporowy maszyny oraz ze względu na specyfikę pracy w rowie melioracyjnym, nie można było zapewnić jednoznacznie warunków dobrej stateczności urządzenia. Zawsze mogą się pojawić sytuacje, wymagające dużej ostrożności od operatora. Podobnie jak dużej ostrożności wymaga jazda traktorem po stromych zboczach górskich lub przy krawędzi rowu.

Dla zwiększenia bezpieczeństwa użytkowania urządzenia wielozadaniowego, przewidziano kilka rozwiązań po stronie układu sterowania elektronicznego, które mają pomóc operatorowi podejmować decyzje, lub po prostu wyrezytować go z pewnych operacji sterowania. Należą do nich:

- pomiar pozycji pionowej urządzenia za pomocą poziomicy elektronicznej,
- pomiar położenia ramion bocznych względem maszyny, za pomocą akcelerometrów i siłowników z pomiarem drogi,
- pomiar odległości kół podporowych od powierzchni gruntu za pomocą sensorów ultradźwiękowych,
- pomiar nacisku kół podporowych na grunt za pomocą sensorów ciśnienia, zamontowanych w siłownikach układu zawieszenia kół,
- obliczanie położenia środka ciężkości przez główny sterownik maszyny na podstawie ustawienia ramion bocznych, wysięgnika i pochylenia maszyny,
- sygnalizowanie lub blokowanie możliwości wykonywania ruchów przez operatora, które skutkują utratą stateczności, (np.: blokowanie uniesienia kół podporowych ponad grunt na wysokość powyżej 30 cm, blokowania odsunięcia ramienia od maszyny, jeżeli położenie innych ramion lub nachylenie urządzenia będzie niekorzystne),
- automatyczne korygowanie pionu maszyny,
- automatyczne korygowanie nacisków kół podporowych na skarpie rowu podczas pracy,
- sterowanie ramionami bocznymi i wysięgnikiem z wykorzystaniem kinematyki odwrotnej (operator steruje położeniem końca wysięgnika, a nie poszczególnymi siłownikami),
- możliwość wybierania różnego poziomu automatyzacji ruchów maszyny.

7. Bibliografia

- [1] Rutkowski J.: „Wybrane zagadnienia kształtowania koncepcji konstrukcji urządzenia wielozadaniowego do pracy w rowach melioracyjnych. Część II. Wybór koncepcji wprowadzania urządzenia do rowu”, *Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering*, 2013, Vol. 58(1), 157-161.
- [2] Szycha 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.*

Prace 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 dofinansowano ze środków unijnych w ramach Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego.