

SELECTED OPERATION PROBLEMS OF PROTOTYPE OF DISC MOWER

Summary

The paper includes discussion concerning the construction and operation of prototype of disc mower. Discussed were basic work parameters and construction of mower with three point suspension which enables to aggregate the machine with the category 2 and 3 of tractors. Presented were the problems connected with the mower operation in the first time of its usage with implementation of new solutions which improve work parameters.

WYBRANE PROBLEMY EKSPLOATACJI PROTOTYPU KOSIARKI TARCZOWEJ

Streszczenie

Przedmiotem artykułu jest omówienie aspektów konstrukcyjnych i eksploatacyjnych, dotyczących budowy prototypu kosiarki tarczowej. Omówiono podstawowe parametry robocze oraz budowę kosiarki z trzypunktowym układem zawieszenia, umożliwiającym zagregowanie z ciągnikiem kategorii 2 i 3. Przedstawiono również problemy wynikające z eksploatacji kosiarki, jakie pojawiły się na początku jej użytkowania, wraz z rozwiązaniami konstrukcyjnymi polepszającymi właściwości robocze.

1. Wprowadzenie

W ostatnich 20 latach zaobserwowano wśród rolników wzrost popularności kosiarek rotacyjnych. Pomimo znacznie wyższej ceny zakupu i większego zapotrzebowania mocy kosiarki rotacyjne w zasadzie całkowicie wyparły kosiarki nożycowe. Jest to spowodowane wysoką niezawodnością, większą wydajnością pracy oraz łatwiejszą obsługą kosiarek rotacyjnych. W ostatnim czasie szczególnym zainteresowaniem cieszą się kosiarki rotacyjne dyskowe. Powodem tego zainteresowania są zalety tych kosiarek w porównaniu do kosiarek bębnowych.

Na rynku maszyn istnieje szeroka gama różnego typu kosiarek dyskowych, oferowanych przez rodzimych oraz zagranicznych producentów. Różnorodność pod względem szerokości roboczej oraz rozwiązań konstrukcyjnych można nawet spotkać w obrębie jednej marki. Mimo tak obfitej oferty większość producentów oferuje kosiarki z dwoma nożami na dysku. Analiza rynku dowiodła, że skonstruowanie kosiarki dyskowej z trzema nożkami na dysku, a co za tym idzie poprawienie jej wydajności jest uzasadnione.

Przy obliczaniu kosiarek rotacyjnych bardzo ważnym zagadnieniem jest wyznaczenie minimalnej prędkości liniowej wirujących noży, przy której występuje bezpodporowe ścinanie roślin. Ważne jest również określenie związku między długością czynną noży, prędkością ruchu postępowego kosiarki a prędkością obrotową wirujących tarcz. Istotne jest również określenie warunku utrzymania noża w równowadze podczas cięcia, tzn. utrzymania jego promieniowego położenia.

Reasumując, wymagania rynku i wynikająca z nich potrzeba stosowania nietypowych rozwiązań konstrukcyjnych (umieszczenie trzech noży na dysku) zaowocowały stworzeniem kosiarki o większej wydajności. Może ona

stanović konkurencyjną ofertę dla tego typu maszyn, na rynku środkowej i wschodniej Europy.

2. Założenia konstrukcyjne

W wyniku wnikliwych badań rynku połączonych z analizą ekonomiczną poczyniono podstawowe założenia konstrukcyjne dotyczące następujących parametrów i cech kosiarki dyskowej:

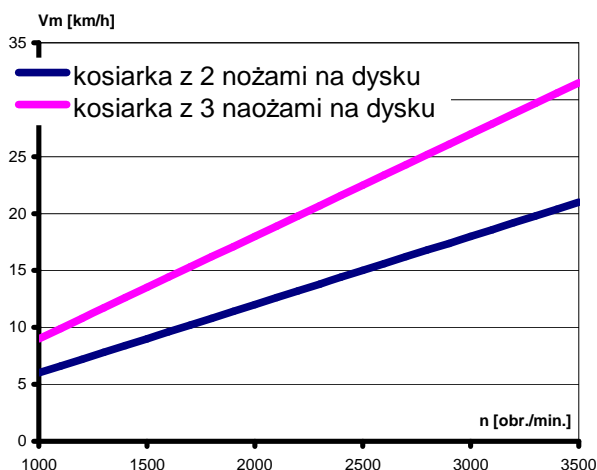
- typoszereg mocy ciągnika (kategoria 2 i 3),
- trzy noże na dysku,
- szerokość robocza min 2,5m.,
- prędkość obrotowa WOM 540 obr/min.

W celu realizacji projektu konstrukcyjnego przyjęto następujące ustalenia:

- 1) Założenie współpracy kosiarki z dwiema kategoriami ciągników rolniczych o mocach od 48 do 92 kW i od 80 do 185 kW .
- 2) Cechę nietypową kosiarki stanowią trzy nożyki na dysku. Dzięki zastosowaniu dodatkowego noża można uzyskać większą prędkość ruchu postępowego i co za tym idzie uzyskać znacznie większe wydajności koszenia niż w kosiarkach z dwoma nożami na dysku (rys. 1). Rozwiązanie to wymusza kierunek obrotu sąsiadujących ze sobą dysków w przeciwnych kierunkach. Aby formowany był równy pokos kosiarka musi mieć parzystą liczbę dysków. Dlatego w kosiarce trzynożowej nie można tak swobodnie regulować szerokością pokosu jak w dwunożowej;
- 3) Konstrukcja belki tnącej, zakładająca minimalną szerokość roboczą 2,5 m. Szerokość robocza, jaka zostanie uzyskana w danym modelu, będzie następstwem zastosowania parzystej liczby dysków (wymagane przy trzech nożykach na dysku) oraz geometrii samego dysku;
- 4) Napęd elementów roboczych poprzez przekładnię pasową, zasilaną z WOM o obrotach 540 obr/min. Zdecydowano się na rozwiązanie gdyż wymieniona

prędkość jest najczęściej spotykana w ciągnikach rolniczych;

5) Kinematyka kosiarki umożliwia swobodne kopiowanie terenu przez belkę tnącą. W tym celu postanowiono zastosować zestaw sprężyn odciążających oraz siłownik umożliwiający złożenie kosiarki do pozycji transportowej. Dodatkowym elementem szeroko stosowanym w tego typu rozwiązaniach jest bezpiecznik umożliwiający odchylenie maszyny do tyłu, w przypadku najechania na przeszkodę.



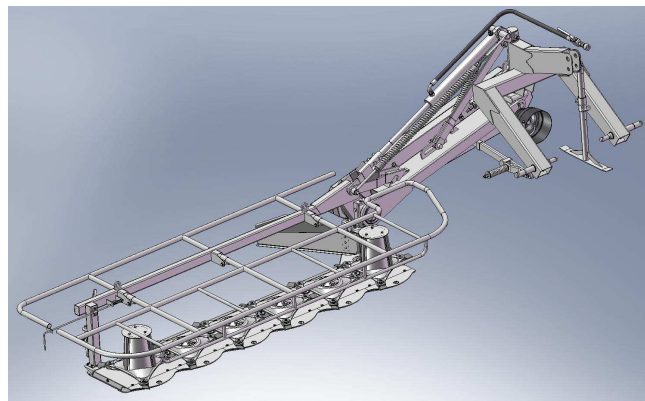
Rys. 1. Wykres przedstawiający zmiany maksymalnej teoretycznej prędkości postępowej v_m kosiarki sześciotarczowej o szerokości roboczej 3m w zależności od prędkości obrotowej n tarcz z 2 lub 3 nożami na tarczy, przy założonej czynnej długości nożyków $h = 50$ mm
Fig. 1. Graph of changes of maximal theoretical progressive speed v_m for 6 disc mower with 3m work width related to rotary speed of n discs with 2 or 3 knives on disc (with 50 mm work length of knives)

3. Realizacja założeń

W wyniku opracowanych kilku wariantów rozwiązań poszczególnych elementów kosiarki w formie modeli CAD 3D oraz rysunków koncepcyjno-konstrukcyjnych dokonano weryfikacji merytorycznej, przez wytypowanych specjalistów PIMR oraz producenta.

Dokonano oceny zgodności z podstawowymi wytycznymi założeń konstrukcyjnych oraz uwzględniono możliwości technologiczne przyszłego producenta. W wyniku realizacji podstawowych założeń konstrukcyjnych powstał model CAD 3D kosiarki tarczowej (rys. 2).

Kosiarka posiada belkę tnącą o szerokości roboczej 2,615 m. i wynika z zastosowania sześciu dysków o promieniu zewnętrznym (uwzględniając długość nożyków), wynoszącym 594 mm.



Rys. 2. Wirtualny model CAD 3D kosiarki tarczowej
Fig. 2. Virtual CAD 3D model of disc mower

Skrainne dyski wyposażone są w odrzutniki, mające na celu odrzucanie skoszzonej masy zielonej do środka belki tnącej, co powoduje formowanie równego zawężonego pokosu. Napęd dysków przekazywany jest z WOM przez przekładnię pasową do skrzyni kątovej i dalej za pomocą jednakowej wielkości kół zębatych, umieszczonych w belce tnącej. Skrzynia kątovej spełnia jeszcze jedną ważną funkcję. Do jej korpusu przymocowana jest rama wahliwa stanowiąca połączenie belki tnącej z trzypunktowym układem zawieszenia.

Dodatkowo, do przekładni kątovej zamocowano poprzeczną ramę osłon, stanowiącą podstawę jej mocowania i rozdzielaczy pokosu.

Wymieniony element konstrukcyjny dodatkowo usztywnia belkę tnącą. W przedstawionym modelu kosiarki prawy rozdzielacz ma możliwość regulacji. Cecha ta jest o tyle ważna, że daje możliwość swobodnej regulacji takiej szerokości pokosu, aby nie był on zgniatany kołami ciągnika przy kolejnym przejeździe. Dodatkową zaletą tego rozwiązania jest możliwość dostosowania szerokości pokosu do posiadanego ciągnika rolniczego.

Cały zespół roboczy umieszczony jest na obrotowym sworzniu stanowiącym integralną część trzypunktowego układu zawieszenia i wyważony jest za pomocą dwóch sprężyn. Pierwsza zamocowana jest między górnym korpusem sworznia a ramą osłon i ma na celu odciążenie końca belki tnącej. Druga zamocowana jest pomiędzy górnym korpusem sworznia a ramą wahliwą i odciąża belkę przy przekładni kątovej. Dodatkowo, między punktami zamocowania pierwszej sprężyny umieszczono siłownik umożliwiający podniesienie belki tnącej do pozycji transportowej.

Trzypunktowy układ zawieszenia umożliwia zagregowanie kosiarki z wybranym ciągnikiem. W celu uzyskania wymienionej funkcjonalności zastosowano dwa otwory w górnym ramieniu, o określonych w normie średnicach. Dolne ramiona mają obrotowy sworznie o zmiennej średnicy, dostosowany do otworów dolnych cięgien ciągnika. Cały układ zawieszenia maszyny został tak opracowany, pod względem kinematycznym i gabarytowym, aby mógł być agregowany z ciągnikami różnych producentów.

Do cech szczególnych kosiarki należy zaliczyć blokadę ramy spełniającą potrójną funkcję. W trakcie pracy agregatu umożliwia podniesienie zespołu tnącego na niewielką wysokość, umożliwiającą dokonanie nawrotu. Rozwiązanie to eliminuje podnoszenie całego zespołu wraz z ramą TUZ. Umożliwia ono dokładne wyregulowanie trzypunktowego układu zawieszenia tak, aby kopiowanie

terenu odbywało się w precyzyjny sposób i pozostawało niezmienione podczas całego czasu pracy agregatu. Druga funkcja uniemożliwia wychylenie się belki tnącej w martwy kąt siłownika, przy koszeniu skarp. Ostatnie zadanie, jakie spełnia, jest blokowanie zespołu tnącego w pozycji transportowej i zapewnienie bezpieczeństwa przejazdu agregatu nawet podczas awarii układu hydraulicznego kosiarki.

Układ blokady został tak skonstruowany, aby zapewnić obsługę wszystkich jego funkcji z kabiny operatora.

Układ kinematyczny maszyny został wnikliwie przetestowany za pomocą symulacji komputerowej, w wyniku której uzyskano precyzyjną pozycję usytuowania punktów węzłów kinematycznych. Dodatkowo, uzyskano wykresy pozwalające ustalić rodzaj siłownika oraz siłę, jaką powinny generować poszczególne sprężyny tak, aby naciski po obu skrajnych częściach belki tnącej były jednakowe.

4. Test prototypu

Na podstawie kompletnego modelu 3D wykonano dokumentację techniczną poszczególnych elementów kosiarki. Na jej podstawie producent wykonał prototyp (rys. 3).



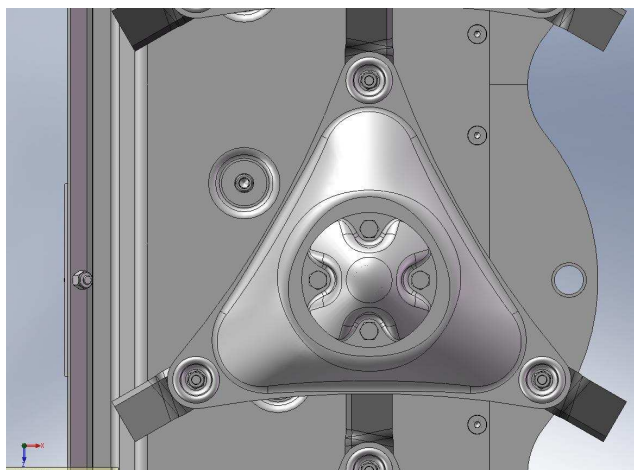
Rys. 3. Prototyp kosiarki tarczowej
Fig. 3. Prototype of disc mower

Dokonano pierwszych prób eksploatacyjnych, w wyniku których zdecydowano się na wprowadzenie modyfikacji w konstrukcji niektórych podzespołów maszyny. Zmiany te miały na celu eliminację niekorzystnych zjawisk, jakie wystąpiły w początkowej fazie testów.

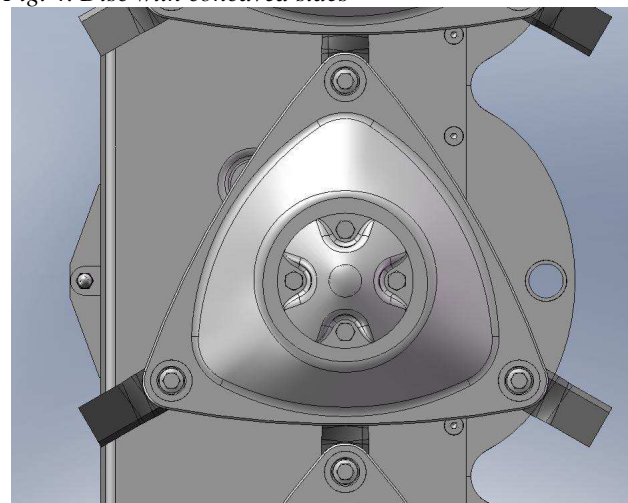
Pierwsza zmiana miała na celu ograniczenie zasysania strumienia powietrza w kierunku pracy agregatu. Pomiar prędkości strumienia powietrza wykazały, że wartość ta dochodziła w porywach do 7 m/s. Efekt ten był o tyle istotny, że powodował wyleganie masy zielonej, co powodowało niedokaszanie pewnych obszarów oraz wyrzucanie masy zielonej przed zespołem tnącym. Efektem ubocznym było także zasysanie brezentowej osłony pod ramę. W celu eliminacji zjawiska zmieniono geometrię dysku. Dysk z wklęsłymi bokami (rys. 4) zamieniono na dysk z wypukłymi bokami (rys. 5). Zmiana ta wpłynęła na znaczne obniżenie prędkości strumienia powietrza i obniżyła jej wartość do 1,5 m/s.

Kolejnym elementem poddanym modyfikacji były odrzutniki, umieszczone na skrajnych dyskach. Postanowiono zmienić kształt tych odrzutników. Znaczne

zwiększenie średnicy odrzutnika zniwelowało kumulowanie się masy zielonej wokół odrzutników i porcjowanie pokosu.



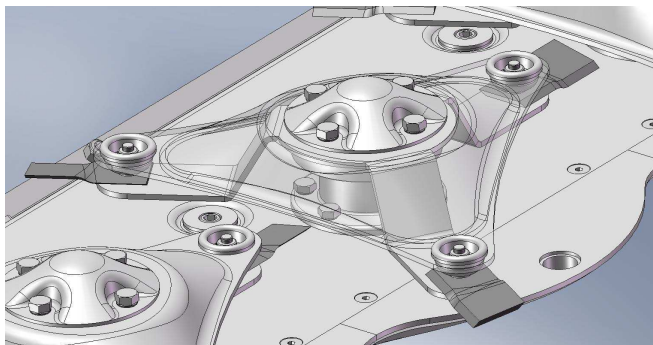
Rys. 4. Tarcza z wklęsłymi bokami
Fig. 4. Disc with concaved sides



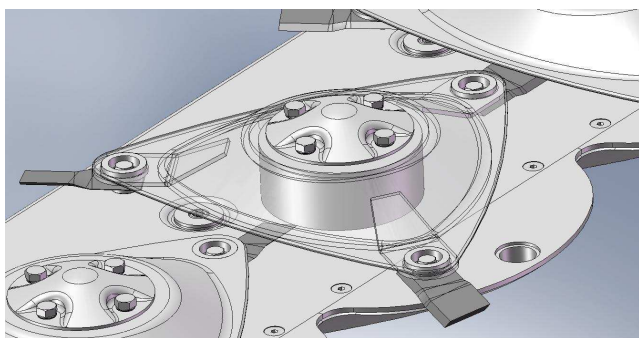
Rys. 5. Tarcza z wypukłymi bokami
Fig. 5. Disc with bulging sides

Dalsze zmiany, jakich dokonano w obrębie elementów roboczych, wyeliminowały owijanie się masy zielonej wokół elementów roboczych kosiarki. Nieosłonięte podstawy tarcz miały tendencję do kumulowania masy zielonej, powodując zapchanie się przestrzeni pod czaszą dysku oraz wokół obudowy mocującej tarczę (rys. 6). Eliminacja tego typu zjawiska polegała na zastosowaniu obudowy osłaniającej korpus mocujący tarczę do belki. Obudowa przymocowana jest pod czaszą tarczy i wiruje razem z nim, co powoduje dodatkowo odrzut masy zielonej na zewnątrz (rys. 7).

Zrezygnowano również z trzymaków noża, które miały tendencję do kumulowania masy zielonej, zastępując je wzmocnieniami spawanymi bezpośrednio do czaszy tarczy.

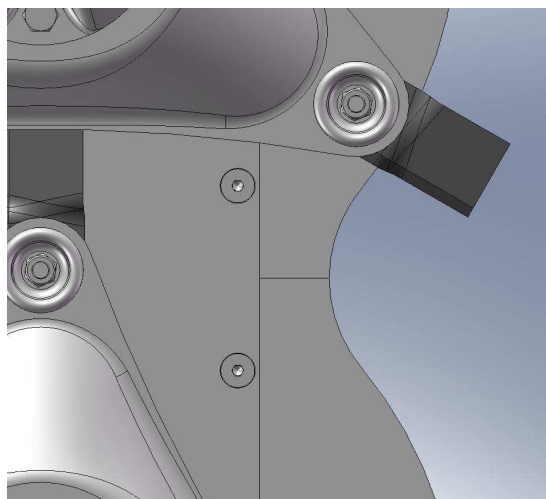


Rys. 6. Model CAD 3D tarczy kosiarki przed zmianami
Fig. 6. Model CAD 3D of disc mower before changes



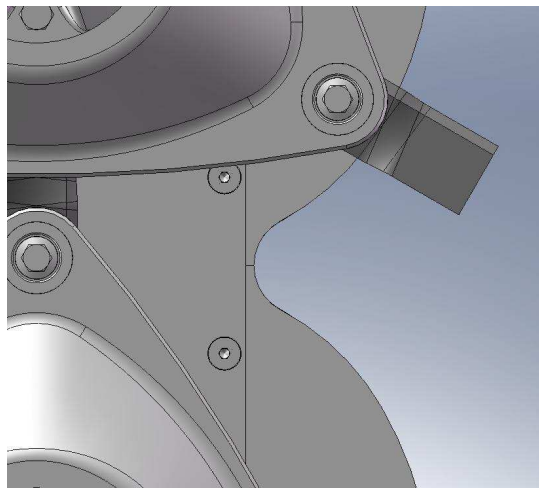
Rys. 7. Model CAD 3D tarczy kosiarki po wprowadzeniu zmian
Fig. 7. Model CAD 3D of disc mower after changes

Modyfikacjom poddano także płozy chroniące spód belki tnącej przed niekorzystnym działaniem tarcia o podłoże. Zmianie uległ zarys przedniej części płóz, powodując zwiększenie powierzchni czynnej nożyków (rys. 8, 9). Zmiana ta korzystnie wpłynęła na jakość pozostawionego ściemiska, czyniąc je bardziej równomiernie ściętym.



Rys. 8. Zarys przedniej części płozy przed zmianami
Fig. 8. Outline of front part of runner before changes

Dodatkowo, zmodyfikowano także geometrię belki tnącej tak, aby nożyki miały możliwość dokoszenia masy zielonej za belką tnącą. Przekonstruowanie belki tnącej zaowocowało zmniejszeniem się wymiaru wzdłużnego belki o 50 mm.

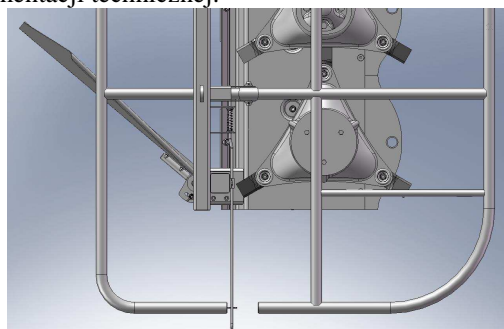


Rys. 9. Zarys przedniej części płozy po wprowadzeniu zmian
Fig. 9. Outline of front part of runner after changes

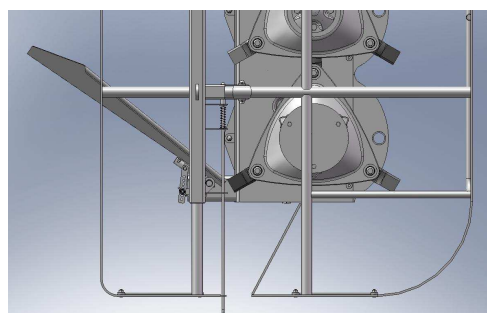
Jednym z ostatnich elementów, jaki uległ modyfikacjom, był lewy rozdzielacz pokosu. Zamocowany w pierwotnej wersji za słupem ramy nie odprowadzał całej masy zielonej za maszynę, co powodowało kumulowanie się jej (rys. 10).

Przesunięcie rozdzielacza, wraz z jego mocowaniem w kierunku do przodu, dało pozytywny efekt i udroźniło przepływ masy zielonej (rys. 11).

Powyższe zmiany zostały uwzględnione w dokumentacji technicznej.



Rys. 10. Pierwotne rozwiązanie mocowania rozdzielacza pokosu
Fig. 10. Primary solution of splitter mounting



Rys. 11. Przekonstruowany układ mocowania rozdzielacza pokosu
Fig. 11. New construction of splitter mounting

5. Podsumowanie

Wykorzystanie zaawansowanych programów CAD 3D pozwala na skonstruowanie maszyny w postaci modeli wirtualnych, dających możliwość weryfikacji konstrukcji, jeszcze w fazie jej projektowania. Stanowi to dużą zaletę

w procesie budowy prototypu, ograniczając koszty jego wykonania. Niemniej jednak nawet najbardziej zaawansowane symulacje komputerowe nie są w stanie zweryfikować wszystkich aspektów eksploatacji maszyny, w warunkach polowych. Dlatego bardzo ważną rolę pełnią badania prototypu w rzeczywistych warunkach pracy agregatu.

Powyższa analiza dowodzi, że niektóre problemy, wynikające z użytkowania, mogą być rozwiązane tylko na drodze badań empirycznych. Programy CAD 3D pełnią pod tym względem bardzo dużą rolę, gdyż umożliwiają szybkie naniesienie zmian w modelu maszyny tak, aby spełniała wszystkie postawione jej założenia.

Niniejszy artykuł przedstawia proces budowy kosiarki dyskowej od założeń konstruktorskich po produkt finalny. Przedstawia także dokonane zmiany w

stosunku do pierwotnego modelu maszyny, wynikające z oceny pierwszych prób polowych. Wprowadzone zmiany wpłynęły korzystnie na poprawę jakości pracy kosiarki, czyniąc ją konkurencyjnym produktem dla rodzimych oraz zagranicznych wyrobów.

6. Literatura

- [1] Kanafojski Cz., Karwowski T.: Teoria i konstrukcja maszyn rolniczych. T II. Warszawa: PWRiL, 1972, ss. 41÷105, 362÷412.
- [2] Kromulski J., Pawłowski T., Szczepaniak J., Mac J., Grzechowiak R.: Weryfikacja eksperymentalna wirtualnych modeli maszyn rolniczych, na przykładzie konstrukcji wozu asenizacyjnego. J. Res. Appl. Agric. Engng, 2005, Vol. 50(1).
- [3] Bębnowa, czy tarczowa? Rolniczy Przegląd Techniczny, Nr 5 (63), 2004, ss. 30÷31.
- [4] PN-ISO 730-1+AC1.