

MODELLING AND TESTING OF THE FLYWHEEL IN THE DRIVE UNIT OF THE SCYTHE IN THE MACHINE FOR MOWING AND BUNDLING OF WICKER

Summary

In the article a cinematic model of the driving transmission gear was described with the slat slashing machines for mowing and binding of wicker. The analyzed model concerns a behavior of a machine unit (transmission gear, cutting slat) while cutting of the wicker from the trunk. As a result of a computer simulation data were obtained from the simulation for different solution sets. These results will allow to estimate optimal parameters of the flywheel of the machine.

MODELOWANIE ORAZ BADANIA KOŁA ZAMACHOWEGO W UKŁADZIE NAPĘDU KOSY W MASZYNIE DO KOSZENIA I WIĄZKOWANIA WIKLINY

Streszczenie

W artykule przedstawiono model kinematyczny przekładni napędowej z listwą tnącą maszyny do koszenia i wiązkania wikliny. Analizowany model dotyczy zachowania się zespołu (przekładnia, listwa tnąca) maszyny podczas ścinania wikliny z pnia. W rezultacie symulacji komputerowej otrzymano zestaw wyników dla różnych przypadków. Wyniki te pozwolą określić optymalne parametry pracy koła zamachowego maszyny.

1. Wstęp

Obliczenia prowadzone na etapie projektowania maszyny rolniczej wymagają wielokrotnych i wielowariantowych analiz. Z wielu możliwych do wykorzystania sposobów realizacji takich obliczeń wybiera się najczęściej tradycyjne, analityczne obliczenia inżynierskie oraz różnorodne symulacje komputerowe.

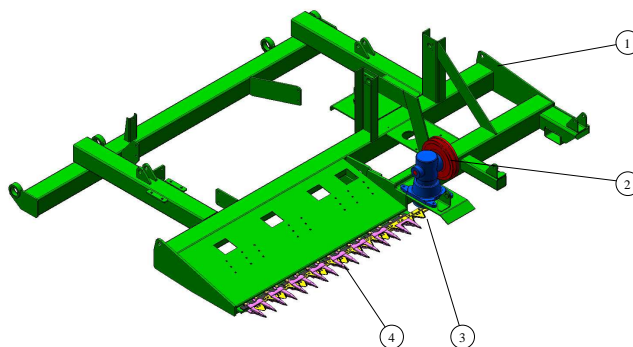
W artykule został przedstawiony sposób modelowania i wyznaczenia parametrów koła zamachowego przekładni napędowej listwy tnącej, maszyny do koszenia i wiązkania wikliny plecionkarskiej (młode pędy kilku gatunków wierzb, które po odpowiedniej obróbce wykorzystywane są w wikliniarstwie). Maszyna będzie wyposażona w palcowy zespół tnący, sekcje nagarniaczy pasowych, aparaty wiążące umieszczone na wspólnej osi oraz przenośnik wyrzucający snopy (wiązki wikliny).

Przygotowanie modelu obliczeniowego wiązało się z rozwiązaniem kilku problemów, które polegały między innymi na poszukiwaniu rozwiązań konstrukcyjnych w celu odczytania i dobrania odpowiednich parametrów koła zamachowego wpływających na cięcie wikliny (np. sposób odczytania momentu obrotowego, prędkości obrotowej). Również staranne przygotowanie modelu obliczeniowego (np. prawidłowa lokalizacja układów współrzędnych poszczególnych brył modelu), jak i definiowanie wymuszeń (np. opory cięcia) wiązały się z długim i pracochłonnym czasem przygotowania modelu obliczeniowego.

2. Budowa modelu w celu symulacji wymuszeń w układzie napędowym listwy tnącej

Model wirtualny przekładni, ramy maszyny i listwy tnącej przedstawiono na rys. 1. Analizowany model pokazuje zachowanie się maszyny podczas cięcia wikliny. Ruch posuwisto-zwrotny listwy tnącej uzyskany jest poprzez przekładnię kątową napędzaną z przekładni pasowej zagregowanej z WOM ciągnika.

W modelu uwzględniono masy rzeczywiste wszystkich elementów listwy tnącej. Natomiast elementy przekładni napędowej zostały zamodelowane w uproszczeniu, a ich masy zostały przypisane. Do przeprowadzenia tej symulacji rama maszyny została utwierdzona, a pozostałe zespoły maszyny, które nie biorą udziału podczas ścinania wikliny zostały wyłączone z modelu [3].

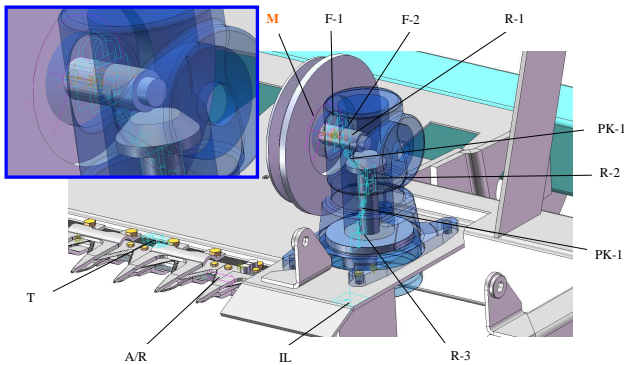


Rys. 1. Widok przekładni napędzającej i listwy tnącej maszyny do koszenia i automatycznego wiązkania wikliny plecionkarskiej: 1 - rama maszyny, 2 - przekładnia napędowa (kątowna), 3 - listwa tnąca, 4 - palce podwójne przyrządu tnącego

Fig. 1. View of the driving transmission gear of both the slat slashing machines for mowing and automatic tying the weaving wicker: 1 - frame of the machine, 2 - driving transmission gear (angle), 3 - cutting slat, 4 - double fingers of the cutting device

Model wirtualny listwy tnącej i przekładni do analizy kinematycznej wraz z zastosowanymi więzami przedstawiono na rys. 2. Więzy użyte w symulacji w celu odróżnienia od siebie zostały ponumerowane zgodnie z daną grupą (np. R-1).

Listwa tnąca składa się z części ruchomych i części nieruchomych. Część ruchoma, tzw. listwa nożowa pełni rolę części tnącej, natomiast część nieruchoma, tzw. palce, pełnią rolę części przeciwnącej.



Rys. 2. Model wirtualny napędu listwy tnącej maszyny wraz z zastosowanymi więzami: R - więź obrotowy, F - więź stały, T - więź przesuwny, II - więź na linii, M - wymuszenie (moment obrotowy), PK - przekładnia kątowna, PP - przekładnia prosta, A\R - akcja reakcja (opory na listwie tnącej)

Fig. 2. Model of virtual machine drive of the cutter bar along with the applied constraints: R - tower shaft, F - tower, standing, T - bond slide, II - tower on the line, M - force (torque), PK - angle gearbox, PP - gear straight A\R - action response (resistance to cutting strip)

Przedstawiony model wirtualny z zastosowanymi więzami stanowi istotę modelowania symulacji kinematycznych. Jednym z problemów tego badania było odczytanie parametrów potrzebnych do określenia zastosowanego koła zamachowego w badanej maszynie. Trudność polegała na tym, że użyte więzy w pierwszej kolejności (różnego typu więzy obrotowe zestawione w różnych konfiguracjach dla brył zastosowanych w przekładni) nie miały możliwości odczytania takich parametrów jak prędkość i moment obrotowy. Stosując inne rozwiązania z różnymi więzami uzyskiwano nieprawidłowe wyniki z symulacji. Rozwiązaniem problemu było zamodelowanie tak wewnątrz przekładni żeby zastosować więzy umożliwiające odczyt parametrów. Do tego celu użyto dodatkowy model w postaci tulejki, która wprowadzona została pomiędzy kołem zamachowym a wałkiem. Pomiedzy tulejką a wałkiem zastosowano więź F-2 (stały), do którego przyłożono więź PK-1 (przekładni kątownej). Więź F-1 został założony pomiędzy wałkiem a kołem zamachowym, więź nie brał udziału w przełożeniu przekładni kątownej (więź PK-1) i w ten sposób nie generował błędnych obliczeń. Takie rozwiązanie pozwoliło odczytać prawidłowe parametry (więź F-1) dotyczące zastosowanego koła zamachowego.

3. Analiza symulacyjna wymuszeń w układzie napędowym listwy tnącej

Dla tych analiz symulacyjnych zebrano informacje o charakterze i wielkości sił reakcji działających na więzy. Wyniki przedstawiono w postaci wykresów (rys. 2). Zwroty otrzymanych sił zależą od kolejności wskazywania elementów podczas definiowania więzów kinematycznych, co należy uwzględnić w celu prawidłowej interpretacji wyników.

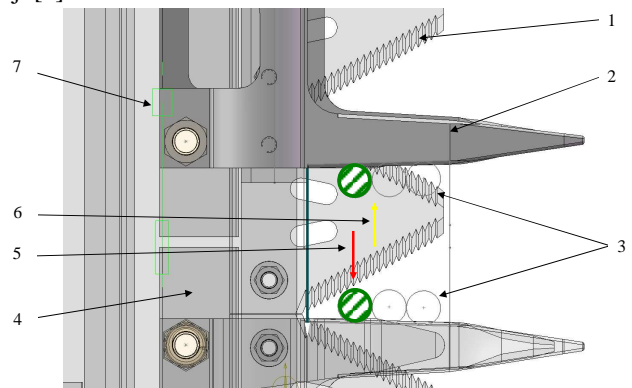
Analizę przeprowadzono dla dwóch wariantów:

- pierwszy wariant obejmował ściecie dziesięciu pędów jednocześnie podczas jednego skoku listwy tnącej, (każdy pęd przypadał na jeden nóż listwy tnącej, które zostały przecięte jednocześnie),

- drugi wariant obejmował ściecie dwudziestu jeden pędów podczas jednego skoku listwy tnącej, (na jeden nóż listwy tnącej przypadały trzy pędy wikliny przecinane jeden po drugim).

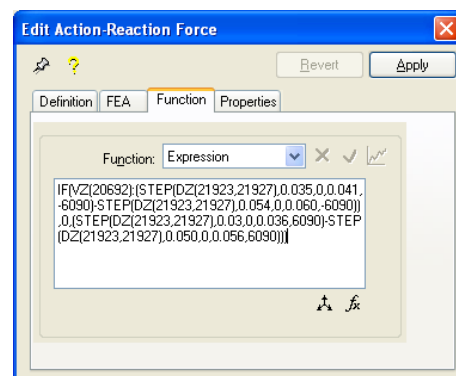
Symulację przeprowadzono dla początkowej prędkości katowej przyłożonej do wałka napędowego koła zamachowego (więź R-1 na rys. 2). Do napędu koła zamachowego więź M1 został przyłożony stały moment obrotowy. Położenie listwy tnącej zostało ustalone dla potrzeb symulacji tzn. maksymalnie wychylone w jedną stronę. Opory cięcia zostały przyłożone do listwy tnącej (więź A/R na rys. 3). Określenie tych oporów polegało na wyznaczeniu funkcji odwziewiedlającej cięcia za pomocą listwy i palców przyrządu tnącego. Dla tej analizy zastosowano cięcie dziesięciu pędów wikliny ciętych tym samym czasie. Średnica ciętych pędów wynosiła 13 mm, a wartość oporu cięcia jednego pędu zaczerpnięto z pracy [1]. Na rys. 3 przedstawiono przykładową funkcję określającą opór na listwie tnącej podczas pracy. Do odwzorowania warunków pracy listwy tnącej, która przesuwa się po prowadnicy w węźle przesuwnym (T-1 na rys. 2) zadano tarcie generowane przez system, typu stal-stal [3].

W modelu uwzględniono masy, które wyliczane są przez system na podstawie objętości elementów konstrukcyjnych i gęstości przypisanego materiału. Na te masy działają przyspieszenia, które generują dodatkowe obciążenia w konstrukcji [3].



Rys. 3. Model poglądowy cięcia jednoczesnego trzech pędów wikliny listwą tnącą: 1 - nożyk listwy tnącej, 2 - palec listwy tnącej, 3 - wiklina, 4 - prowadnica listwy tnącej, 5, 6 - kierunki listwy tnącej, 6 - więź translacyjny

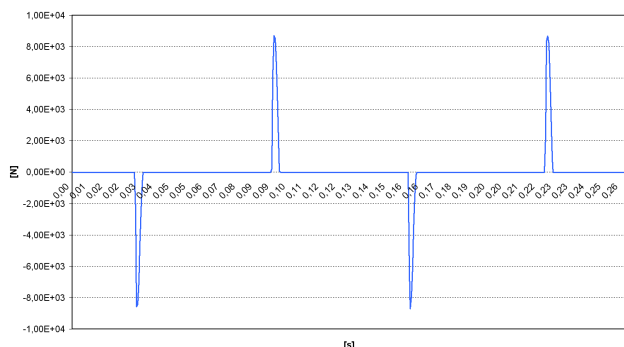
Fig. 3. Model review of simultaneous cutting of three stems of willow by cutter bar: 1 - knife cutter bar, 2 - finger cutter bar, 3 - wicker, 4 - cutter bar guide, 5, 6 - directions of the cutter bar, 6-translational bond



Rys. 4. Więź A/R, funkcja wymuszeń podczas symulacji cięcia wikliny - wariant I

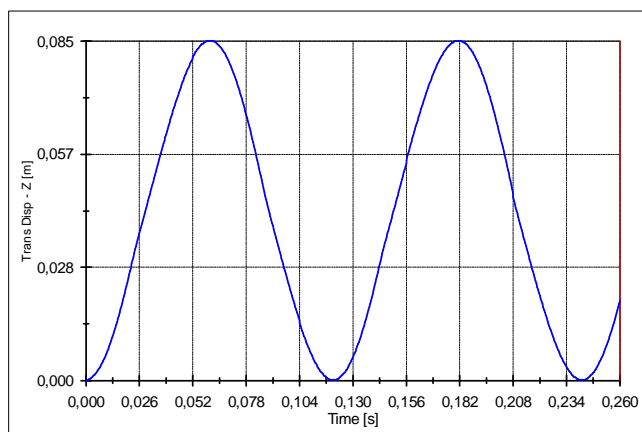
Fig. 4. A/R constrains, the function of excitation during simulated cutting willow - a variant of I

Na rys. 5 i 6 pokazano charakterystyczne przebiegi wybranych parametrów w istotnych punktach konstrukcji listwy tnącej i przekładni napędowej. Wyniki przedstawione na wykresach obejmują przebieg dla czterech skoków listwy tnącej.



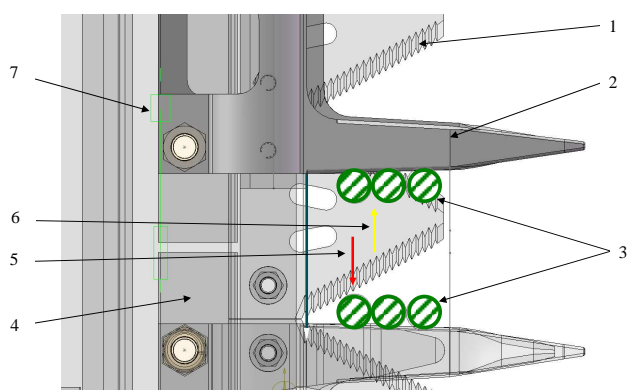
Rys. 5. Wykres zadanej siły oporu cięcia wikliny na listwie tnącej - wariant 1

Fig. 5. Graph of the set resistance force on the cutter bar during willow cutting - a variant 1



Rys. 6. Przemieszczenia listwy tnącej w [m] - wariant 1

Fig. 6. Of transferring the cutting slat in [m] - a variant of 1

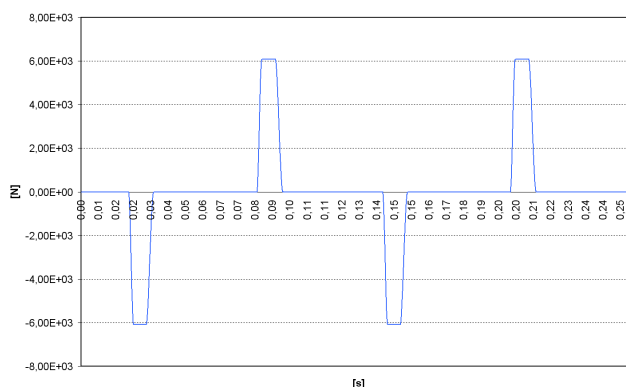


Rys. 7. Model poglądowy cięcia jednoczesnego trzech pędów wikliny listwą tnącą: 1 - nożyk listwy tnącej, 2 - palec listwy tnącej, 3 - wiklina, 4 - prowadnica listwy tnącej, 5, 6 - kierunki listwy tnącej, 6 - więz translacyjny

Fig. 7. Demonstrative model of simultaneous cutting three rushes of the wicker with the cutting slat: 1 - penknife of cutting slat, 2 - finger of the cutting slat, 3 - wicker, 4 - track of the cutting slat, 5, 6 - directions of the cutting slat, 6 - constrain translational

Symulację drugą przeprowadzono dla zmienionego oporu cięcia. Pozostałe parametry i ustawienia nie zmieniły się. Opory cięcia zostały przyłożone do listwy tnącej (więz A/R-1 na rys. 3). Opory te wyznaczono dla cięcia jednego nożyka całą długością ostrza noża. Na podstawie rys. 7 określono, że na całą długość ostrza noża przypadają trzy 13 mm pędy wikliny. Dlatego dla tej analizy przyjęto, że czas oporu podczas jednego skoku listwy tnącej będzie wynosił przeciętnie trzech pędów wikliny. Założono, że jednocześnie może ścinać siedem nożyków listwy tnącej. Istotną różnicą w tym przypadku jest fakt, że czas działającego oporu został zwiększony, co obrazuje wykres przedstawiony na rys. 8.

Rys. 8 przedstawia charakterystyczne przebiegi wybranych parametrów w istotnych punktach konstrukcji listwy tnącej i przekładni napędowej. Wyniki przedstawione na wykresach obejmują przebieg dla czterech skoków listwy tnącej.

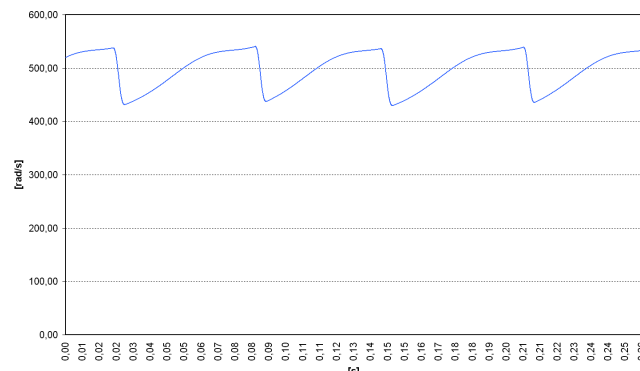


Rys. 8. Wykres zadanej siły oporu cięcia wikliny na listwie tnącej - wariant 2

Fig. 8. Graph of the set resistance force on the cutter bar during willow cutting - a variant 2

4. Badanie wpływu parametrów dynamicznych koła zamachowego na pracę układu napęd listwy tnącej

Na rys. 9-10 pokazano charakterystyczne przebiegi wybranych parametrów w istotnych punktach ruchu koła zamachowego dla przypadku obliczeniowego P2 przy ścięciu dziesięciu pędów jednocześnie podczas jednego skoku listwy tnącej.

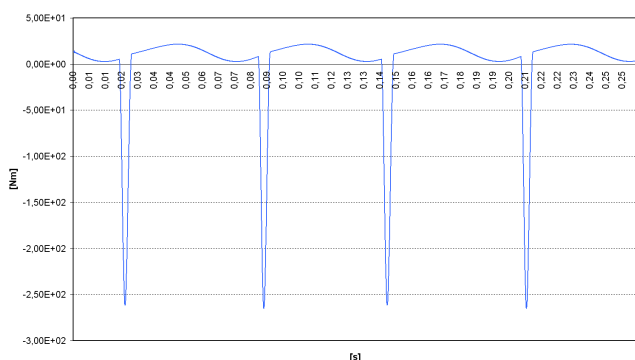


Rys. 9. Wykres prędkości obrotowej koła zamachowego [rad/s] dla przypadku P2 - wariant 1

Fig. 9. Graph of the rotational speed of the flywheel [rad/s] for the P2 case - a variant 1

Tab. 1. Zestawienie wyników symulacji dla przebadanych przypadków doboru koła zamachowego
 Table 1. Comparing results of the simulation for examined cases of the assortment of the flywheel

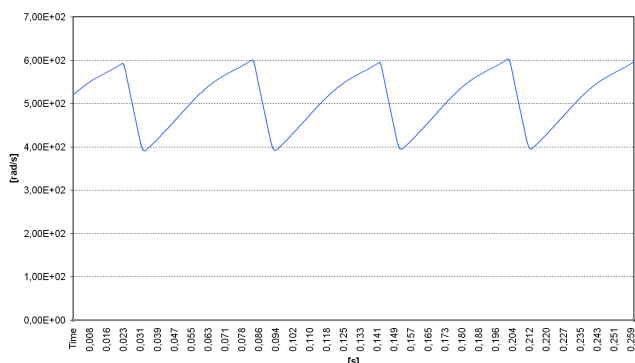
Przypadek analizy	Masa koła	Grubość koła	Średnica koła	Moment bezwładności koła Jz	Zmiana prędkości obrotowej Δn	Zmiana momentu obrotowego ΔM
	kg	mm	mm	kg·m ²	rad/s	Nm
Wariant 1						
P1	6,8	40	240	0,0394	156	245
P2	9,7	50		0,0656	105	286
P3	12,4	60		0,0894	81	307
P4	17,7	70		0,1370	56	330
P5	23,0	80		0,1846	42	342
P6	28,2	90		0,2323	34	349
Wariant 2						
P1	6,8	40	240	0,0394	315,8	176,4
P2	9,7	50		0,0656	211,8	204,9
P3	12,4	60		0,0894	164,1	219,3
P4	17,7	70		0,1370	113,3	235,0
P5	23,0	80		0,1846	86,6	243,6
P6	28,2	90		0,2323	70,1	249,0



Rys. 10. Wykres momentu obrotowego [Nm] na wale koła zamachowego dla przypadku P2 wariant 1

Fig. 10. Graph of the torque [Nm] on the flywheel shaft for the P2 case variant 1

Na rys. 11-12 pokazano charakterystyczne przebiegi wybranych parametrów w istotnych punktach koła zamachowego dla przypadku obliczeniowego P2 przy ścięciu dwudziestu jeden pędów podczas jednego skoku listwy tnącej.

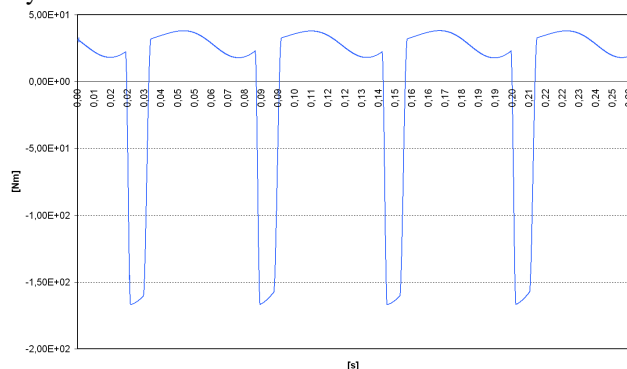


Rys. 11. Wykres prędkości obrotowej koła zamachowego [rad/s] dla przypadku P2 - wariant 2

Fig. 11. Graph of the rotation speed of the flywheel [rad/s] for the P2 case - a variant of 2

W tab. 1 przedstawiono wyniki symulacji dla przebadanych przypadków koła zamachowego. Pojawiająca się cyklicznie siła oporu cięcia na listwie tnącej powodowała cykliczne spadki (oscylacje) prędkości obrotowej koła zamachowego [2]. Zwiększanie koła zamachowego owocowało zmniejszaniem oscylacji prędkości w układzie napędu listwy tnącej. Zwiększanie koła zamachowego owocowało

zwiększaniem oscylacji momentu obrotowego rejestrowanego pomiędzy wałkiem napędowym a kołem zamachowym.



Rys. 12. Wykres momentu obrotowego [Nm] na wale koła zamachowego dla przypadku P2 - wariant 2

Fig. 12. Graph of the torque [Nm] on the flywheel shaft for the P2 case - a variant of 2

5. Podsumowanie

Na podstawie przeprowadzonej symulacji kinematycznej układu napędowego listwy tnącej dokonano analizy parametrów koła zamachowego. Zmieniając moment bezwładności koła zamachowego wyznaczono sześć przypadków dla dwóch wariantów ścinania wykliny, różniących się siłą oporu. Wyniki analizy mogą zostać wykorzystane do budowy i badań prototypu w celu dobrania właściwego rozwiązania konstrukcyjnego koła zamachowego.

6. Literatura

- [1] Rutko T., Stasiak M.: Właściwości mechaniczne pędów wierzby energetycznej, Referaty i doniesienia: III Zjazd Naukowy PTA, Polskie Towarzystwo Agrofizyczne oraz Instytut Agrofizyki im. Bohdana Dobrzańskiego PAN w Lublinie, Dąbrowica, 27-29.09.2004.
- [2] Poradnik mechanika, Tom I. Wydawnictwo Naukowo-Techniczne, 1984.
- [3] Pawłowski T., Szczepaniak J., Rutkowski J., Frąckowiak P., Rogacki R., Szczepaniak M., Spychała W.: Wieloczynnościowa maszyna do koszenia i automatycznego wiązkania wykliny plecionkarskiej. Zadanie I.4, I.5 i I.6, PIMR, Poznań, 2008.