

WSPÓŁCZESNE NARZĘDZIA WSPOMAGAJĄCE PROJEKTOWANIE MASZYN ROLNICZYCH

Streszczenie

W artykule przedstawiono krótką charakterystykę nowoczesnych systemów komputerowych wspomagających pracę projektanta maszyn rolniczych. Podano zakres ich stosowania i podstawową klasyfikację. Wskazano na specyfikę projektowania maszyn rolniczych oraz specyfikę polskiego przemysłu maszyn rolniczych. Przedstawiono także dwa przykłady wykorzystania nowoczesnego oprogramowania w projektowaniu maszyn rolniczych w PIMR.

1. Wprowadzenie

Jeszcze kilkanaście lat temu praca projektanta odbywała się w oparciu o deski kreślarskie oraz obliczenia wykonywane ręcznie. Czas tworzenia projektu oraz całego produktu był długi, często pojawiały się błędy w obliczeniach. Dokumentację papierową gromadzono w przepastnych archiwach, co powodowało znaczne utrudnienia w odszukiwaniu potrzebnych dokumentów. Znaczące zmiany w tym, przez lata nie zmienianym, systemie nastąpiły dzięki rozwojowi i upowszechnieniu komputerów oraz działającego dzięki nim oprogramowania. Programy wspomagające pracę projektanta pojawiły się już na początku lat sześćdziesiątych, ale ich upowszechnienie nastąpiło dopiero dzięki rozwojowi minikomputerów, a przede wszystkim komputerów osobistych. Spopularyzowane zostały nowe terminy, takie jak CAD, CAM, CAE.

Prace projektowe można podzielić na etapy, np. w sposób zaproponowany przez Z. Osińskiego:

1. Opracowanie założeń techniczno-ekonomicznych na podstawie istniejących rozwiązań i zastrzeżeń patentowych;
2. Opracowanie projektu wstępnego: ustalenie parametrów roboczych, wstępne obliczenia wytrzymałościowe, ustalenie wymiarów głównych części;
3. Opracowanie projektu szczegółowego do wykonania prototypu:
 - projektowanie części i zespołów, ustalenia materiałów, kształtów i technologii wykonania,
 - obliczenia wytrzymałościowe sprawdzające,
 - dokumentacja konstrukcyjna: rysunki części, rysunki złożeniowe, dokumentacja obliczeniowa, wykaz części i zespołów, wykaz części i zespołów znormalizowanych, instrukcja montażu, instrukcja obsługi, wykaz części zamiennych; dokumentacja technologiczna;
4. Wykonanie prototypu i jego badania: - wprowadzenie poprawek;
5. Opracowanie dokumentacji konstrukcyjnej do produkcji.

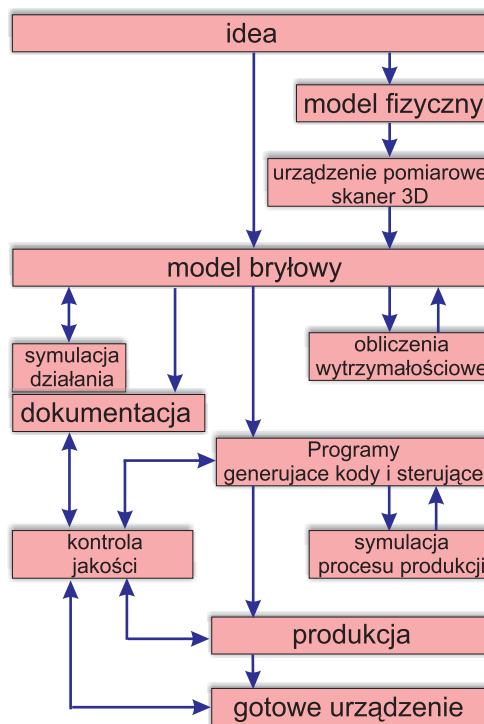
Można stwierdzić, że na każdym etapie projektowania możliwe jest wykorzystanie odpowiednich programów komputerowych, które w istotny sposób skracają czas pracy projektanta i podnoszą jej jakość. Na rys. 1 przedstawiony został schemat wykorzystania zaawansowanego oprogramowania w procesie projektowania od idei nowego produktu aż do otrzymania gotowego urządzenia.

Pierwotna koncepcja projektu przedstawiana jest w postaci graficznej (model bryłowy 3D) - służy do tego moduł CAD. Następnie tworzone są modele wykorzystywane do symulacji działania urządzenia (symulacje kinematyczne) oraz obliczenia wytrzymałościowe. Po korektach i uzyskaniu zadowalających wyników dane o produkcie są przesyłane do programu typu CAM, generującego kody i sterującego obrabiarkami CNC (Computer Numerical Control). W efekcie

na obrabiarkie powstaje gotowe urządzenie. Analizując schemat należy zwrócić uwagę na pętle oznaczające możliwość wielokrotnej korekty własności opracowywanego produktu. Zaletą opisywanego procesu jest jednak to, że korekty te są w znacznej mierze wykonywane za pomocą modeli wirtualnych, przed budową kosztownego prototypu. Dotyczy to także samego wytwarzania na obrabiarkie, bo i ten proces może być efektywnie symulowany.

Systemy CAD/CAM oferują następujące możliwości [4]:

- tworzenie parametrycznego modelu bryłowego: generowanie rysunków i prezentacji, zapisanie wielu wariantów w bazach danych,
- przeprowadzenie symulacji kinematycznych,
- przeprowadzenie analizy wytrzymałościowej metodami MES,
- wygenerowanie kodów sterujących obrabiarkami CNC (frezarki, tokarki, drążarki elektroerozyjne, wiertarki),
- szybkie wytwarzanie modeli i narzędzi,
- wykonywanie operacji kontrolno-pomiarowych,
- zarządzanie dokumentacją techniczną.



Rys. 1. Schemat zastosowania zaawansowanego oprogramowania wspomagającego prace inżynierskie w procesie projektowania [4]

Fig. 1. Scheme of using of advanced software aiding construction works in the process of designing [4]

Obecnie dostępnych jest bardzo wiele systemów wspomagających projektowanie. Różnią się one między sobą ceną, złożonością, zakresem działania i zapotrzebowaniem na moc obliczeniową. Można je podzielić na trzy główne grupy:

- A) Oprogramowanie low-end to narzędzia pełniące rolę szkicowników, nie mające możliwości projektowania bryłowego, pozwalają jedynie na wykonanie dokumentacji płaskiej. Nie wymagają silnych stanowisk roboczych. Tę grupę programów reprezentuje AutoCAD LT;
- B) Programy mid-range umożliwiają wykonanie zarówno dokumentacji płaskiej, jak i modeli bryłowych. Coraz częściej możliwościami i wyglądem dorównują modułom CAD z grupy high-end. Ze względu na wymagania użytkowników ich interfejs staje się coraz bardziej intuicyjny. Dzięki łatwej wymianie danych mogą bez problemu współpracować z programami typu CAM i CAE (Computer Aided Engineering). Do grupy mid-range zaliczamy - Mechanical Desktop, Microstation, Solid Edge, Solid Works, MegaCad;
- C) Oprogramowanie high-end to kompleksowe systemy wspomagające cały proces projektowania, symulacji, wytwarzania. Ich możliwości obejmują cały algorytm wytwarzania. Systemy te wykorzystują własne jądro modelowania, dzięki czemu nie zachodzi potrzeba konwersji plików pomiędzy poszczególnymi modułami. Do programów tego typu należą: Pro-ENGINEER, Unigraphics, CATIA, CADD5, DEAS. Systemy te podzielone są na funkcjonalne moduły, które można kupić oddzielnie w zależności od sposobu zorganizowania pracowni. Programy CAD/CAM z grupy high-end mają duże wymagania sprzętowe, jednak rozwój sprzętu spowodował, że można już je uruchamiać na szybkich komputerach klasy PC. Jediną wadą tego typu systemów jest ich wysoka cena.

2. Wspomaganie projektowania w przemyśle maszyn rolniczych

Istotną cechą maszyn rolniczych jest praca w bardzo różnicowanych warunkach eksploatacyjnych. Wykorzystywane są do prac transportowych na różnych podłożach, przy zbiorze rozmaitych i różniących się między sobą roślin oraz do uprawy gleby. Poddawane są złożonym obciążeniom, których parametry zależą od wielu czynników charakteryzujących zjawiska zachodzące na styku roślina - narzędzie (zespół roboczy) i narzędzie - gleba. Maszyny rolnicze mogą być napędzane za pomocą ciągnika za pośrednictwem wału odbioru mocy (WOM) lub mogą posiadać własne źródło energii. Mogą być również ciągnięte po polu (maszyny bierne). W związku z tym są one poddawane obciążeniom o szerokim zakresie amplitud i dużej zmienności w zakresie częstotliwości. Widać więc, że pomimo utrzymującego się jeszcze czasami przekonania o prostocie maszyn rolniczych, mamy w trakcie ich projektowania często do czynienia z bardzo złożonymi systemami i problemami.

Konieczność sprostania coraz wyższym wymaganiom, nie tylko technicznym ale i ekonomicznym sprawia, że istnieje konieczność prowadzenia szczegółowych analiz technicznych już na etapie projektowania maszyny. Narzędziami do takich analiz mogą być właśnie systemy komputerowego wspomaganie prac projektowych.

Niestety przemysł maszyn rolniczych w Polsce jest rozdrobniony. Zakup i wdrożenie zaawansowanego, kompleksowego systemu wspomagającego projektowanie jest rozwiązaniem kosztownym, wymagającym zarówno

odpowiednio przeszkolonej kadry, jak i kosztownego sprzętu oraz oprogramowania, a także spełnienia wielu wymagań organizacyjnych. Nie jest zatem jeszcze dostępne dla wielu małych i średnich przedsiębiorstw. Okazuje się jednak, że skutecznym, choć w mniejszym stopniu, narzędziem poprawienia jakości i skrócenia czasu projektowania mogą być także pojedyncze moduły lub programy należące do grupy low-end. W przypadku potrzeby dokonania bardziej złożonych analiz i symulacji firmy te korzystają z usług zewnętrznych. Firmą mającą szczególne osiągnięcia i doświadczenie w projektowaniu i badaniu maszyn rolniczych jest w Polsce Przemysłowy Instytut Maszyn Rolniczych. Dysponuje on zarówno kadrą wyszkolonych specjalistów, jak i nowoczesnym sprzętem i systemami komputerowymi, należącymi do grup mid-range i high-end, takimi jak SolidWorks i I-Deas, Nastran. Umożliwiają one efektywne przeprowadzanie symulacji kinematycznych i analiz wytrzymałościowych modeli wirtualnych oraz przeprowadzenie badań laboratoryjnych i eksploatacyjnych, wraz z nowoczesną analizą wyników pomiarów.

W dalszej części opracowania przedstawione zostaną dwa przykłady symulacji i analiz przeprowadzonych w PIMR dla potrzeb przemysłu maszyn rolniczych. Pozwolą one na zorientowanie się w metodach stosowania nowoczesnych systemów wspomaganie projektowania maszyn rolniczych.

3. Przykłady komputerowego wspomaganie prac projektowych maszyn rolniczych

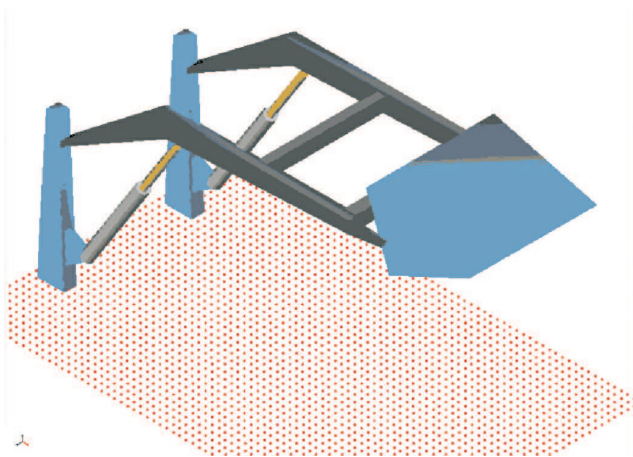
Jedną z metod stosowanych na wczesnych etapach projektowania, przed budową prototypu, do symulacji zachowań maszyn i urządzeń jest technika *virtual prototyping* pozwalająca na budowanie trójwymiarowych modeli systemów mechanicznych oraz wizualizację ruchów modelu, zgodnych z warunkami zewnętrznymi. Umożliwia ona predykcję odpowiedzi modelu badanego układu na dowolne wymuszenia kinematyczne lub siłowe, a symulacja ruchu może odbywać się w zakresie dużych przemieszczeń, o wartościach porównywalnych z gabarytami układu. Stosowanie takich systemów umożliwia modelowanie organów wykonawczych z uwzględnieniem działania różnego rodzaju napędów, jak np. siłowników hydraulicznych, pneumatycznych lub silników elektrycznych. Dodatkową ich zaletą jest możliwość wymiany danych z innymi systemami komputerowymi, a powiązanie z takimi systemami jak Nastran umożliwia z jednej strony uwzględnianie podatnych członów masowych w modelu wirtualnym, a z drugiej strony umożliwia przygotowanie danych o obciążeniach dla komputerowych systemów analiz wytrzymałościowych.

3.1. Analiza modelu ładowacza czołowego

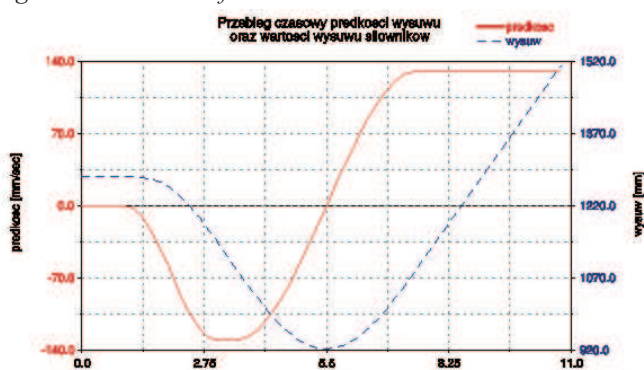
Ładowacz czołowy jest uniwersalnym urządzeniem, znajdującym zastosowanie w większości gospodarstw rolnych. Przeznaczony jest do pracy z ciągnikiem, a jego konstrukcja pozwala na sprawne wykonywanie podstawowych prac, jak: załadunek materiałów sypkich oraz wykonywanie prac ziemnych.

Do podstawowych wymagań stawianych omawianej konstrukcji, należą: wysokość unoszenia czerpaka oraz udźwieg nominalny. Widok ogólny modelu przedstawiony został na rys. 2.

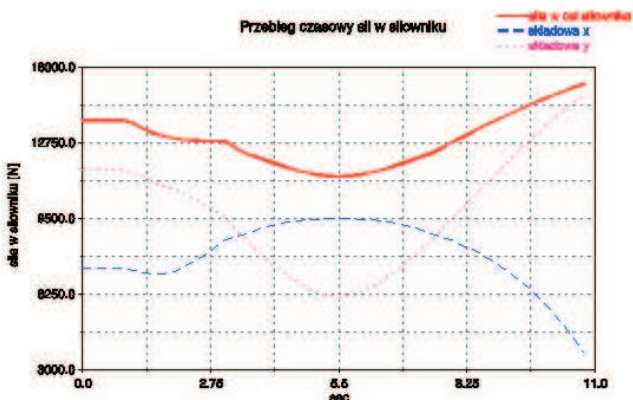
Symulację ruchów roboczych ładowacza przeprowadzono dla prędkości wysuwu siłowników, wynikającej z wydatku pompy hydraulicznej ciągnika. Na rys. 3 i 4 przedstawiono przykładowe wyniki uzyskane dzięki symulacji. Rys. 3 pokazuje zmiany prędkości wysuwu siłowników, natomiast rys. 4 przedstawia wartości siły w siłowniku.



Rys. 2. Widok ogólny modelu ładowacza
Fig. 2. General view of loader model



Rys. 3. Przebieg prędkości i zakres wysuwu siłowników
Fig. 3. Course of velocity and range of hydraulic cylinders working strokes

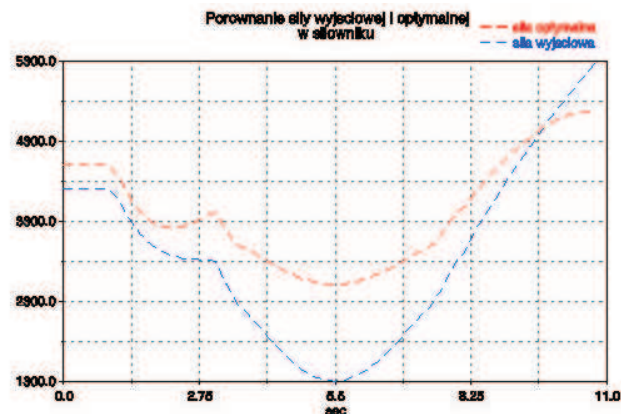


Rys. 4. Zmiany siły i jej składowych w siłowniku
Fig. 4. Changes of force and its components in hydraulic cylinder

Analiza położenia siłowników

W celu sprawdzenia możliwości zwiększenia udźwigu ładowacza, bez wprowadzania istotnych zmian w konstrukcji ładowacza (ograniczenie narzucone przez producenta), przeprowadzono analizę wpływu usytuowania siłowników na zmniejszenie sił występujących w osi siłowników, przy jednoczesnym zachowaniu maksymalnej wysokości podnoszenia czerpaka. W wyniku przeprowadzonej optymalizacji uzyskano zmniejszenie maksymalnej siły w siłownikach z wartości 15283 N do wartości 14660 N. Rys. 5 przedstawia wartości siły w siłowniku przed i po optymalizacji.

Uzyskane w ten sposób dane na temat kinematyki układu, jak i obciążeń, zostały następnie wykorzystane przy budowie modelu skończenie elementowego w systemie Patran/Nastran.



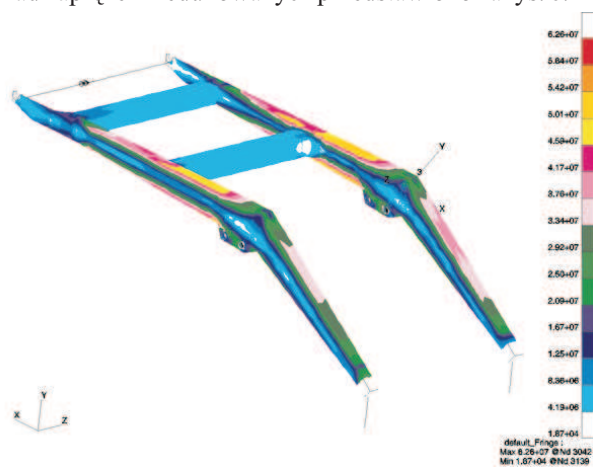
Rys. 5. Przebiegi czasowe siły w siłowniku przed (kolor niebieski) i po (kolor czerwony) optymalizacji położenia siłowników

Fig. 5. Time courses of the force in hydraulic cylinder before (blue color) and after (red color) optimization of hydraulic cylinders positions

Analiza wytrzymałościowa ramy wysięgnika

Po przeprowadzeniu opisanej analizy kinematyki i wprowadzeniu zmian konstrukcyjnych, przeprowadzono analizę wytrzymałościową ramy ładowacza. Dane o obciążeniach uzyskano na podstawie opisanej powyżej analizy kinematycznej wielobryłowego modelu ładowacza. Do obliczeń przyjęto różne przypadki obciążenia ładowacza (symetryczne i niesymetryczne).

Dyskretyzację konstrukcji i opis topologiczny modelu wykonano za pomocą systemu Patran/Nastran. Przykładowy rozkład naprężeń zredukowanych przedstawiono na rys. 6.



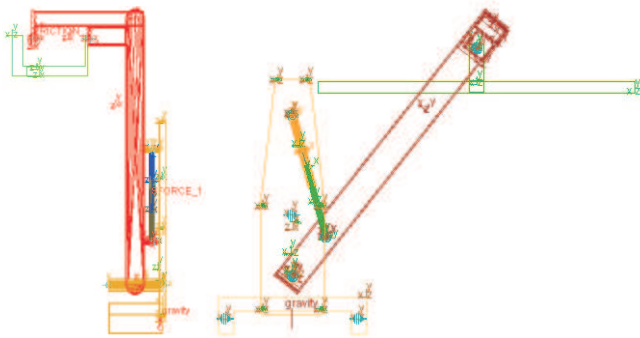
Rys. 6. Rozkład naprężeń zredukowanych ramy ładowacza
Fig. 6. Distribution of reduced stresses in the loader frame

3.2. Analiza modelu wału Campbella zawieszanego na przednim TUZ ciągnika

Konstrukcja zawieszenia wału uprawowego na przednim TUZ ciągnika składa się z czterech podstawowych zespołów, połączonych ze sobą obrotowo lub przesuwnie. Głównym elementem jest wał talerzowy typu Campbella, przeznaczony do rozdrabniania grud gleby powstałych podczas orki. W celu umożliwienia orki dwukierunkowej, wał podwieszono na przechylnym ramieniu, pozwalającym na jego pracę po obu stronach ciągnika.

Z uwagi na to, że projekt w momencie przeprowadzania obliczeń symulacyjnych znajdował się we wstępnej fazie, model obliczeniowy konstrukcji zawieszenia wału został

możliwie uproszczony. Pominięto elementy konstrukcyjne, które nie wywierają istotnego wpływu na wyniki przeprowadzonych symulacji. W dużym uproszczeniu zamodelowano także sam wał, który nie podlega analizie, a jest konieczny ze względu na generowanie sił bezwładnościowych. Reprezentuje go tylko belka zawieszona na ramieniu wysięgnika, o odpowiedniej masie i parametrach bezwładnościowych. Możliwie dokładnie odwzorowano natomiast sposób utwierdzenia, połączenia między częściami (bryłami sztywnymi) oraz siły występujące w modelu tak, by zachować ich fizyczny sens. Szczególną uwagę poświęcono zamodelowaniu siły występującej w siłowniku podnoszącym i opuszczającym ramię z zawieszonym wałem. W modelu konstrukcji uwzględniono także model ciągnika.



Rys. 7. Elementy modelu ramienia z zawieszonym wałem: widok z boku (z lewej) i widok z przodu (z prawej)
Fig. 7. Elements of arm model with mounted roller: side view (from the left) and front view (from the right)

Sterowanie procesem symulacji

W czasie obliczeń symulacyjnych badanego urządzenia wykonywano głównie analizy dynamiczne. Przyjęto, że w modelu, oprócz siły grawitacji i związanych z nią obciążeń od masy własnej, działa siła generowana przez zasilany przez układ hydrauliki siłowniki ciągnika siłownik powodujący opuszczanie i podnoszenie ramienia z zawieszonym wałem Campbella. Siła ta została zdefiniowana w postaci funkcji zależnej od podstawowych parametrów hydrauliki ciągnika.

Symulacje podnoszenia i opuszczania ramienia wysięgnika z wałem Campbella, których wyniki prezentowane są poniżej, przeprowadzano zawsze w ten sposób, że w położeniu początkowym ramię było opuszczone na prawą stronę (położenie 0°), następnie było podnoszone i opuszczane na lewą stronę. Zaczęło ono zatem kąt 180° .

Oszacowanie sił występujących podczas podnoszenia i opuszczania ramienia wysięgnika

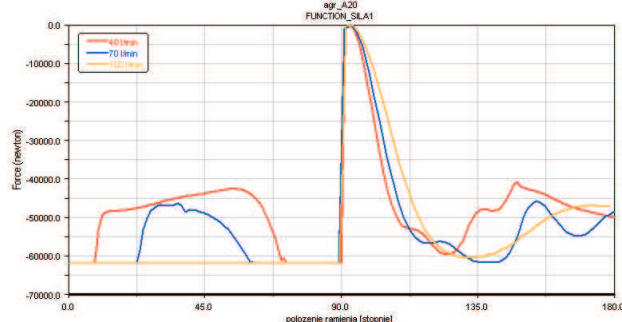
Siła, z jaką działa tłok w czasie podnoszenia i opuszczania wysięgnika z zawieszonym wałem Campbella, zależy od parametrów cieczy hydraulicznej, doprowadzanej do siłownika oraz od jego wymiarów geometrycznych, głównie średnic tłoka i tłoczyska. Na podstawie przeprowadzonych symulacji stwierdzono, że niezależnie od dokładnych wartości siły w siłowniku, jej zmiana podczas podnoszenia i opuszczania ramienia wysięgnika ma zawsze taki sam schemat. Przykładowe wyniki zilustrowano na rys. 8.

Badanie wpływu ruchu wysięgnika na stateczność ciągnika

Jednym z istotnych problemów, związanych z eksploatacją maszyn rolniczych zawieszonych na ciągnikach, jest stateczność całego zestawu w przypadku najazdu na przeszkodę lub jazdy po pochyłości. W przypadku analizowanego zesta-

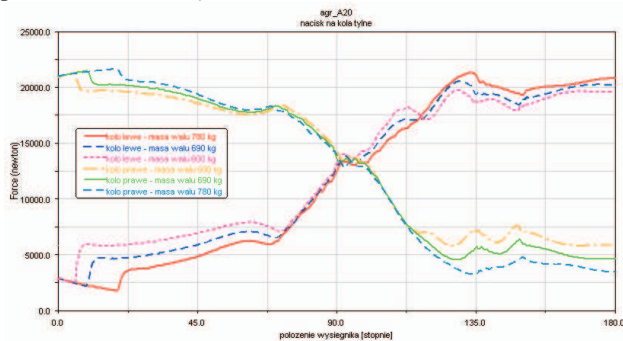
wu dochodzi jeszcze do tego niebezpieczeństwo utraty stateczności podczas podnoszenia i opuszczania wysięgnika z zawieszonym wałem Campbella. W celu określenia stopnia niebezpieczeństwa utraty stateczności oraz określenia wartości parametrów zestawu zapewniających bezpieczną pracę wykonano szereg symulacji przyjmując niekorzystne wartości masy ciągnika i masy wału. Ciągnik jest stosunkowo lekki, a wał wraz z ramą ma największą przewidywaną masę.

Na rys. 9 i 10 przedstawiono przykładowe wykresy nacisków na tylne koła ciągnika w trakcie pracy zestawu.

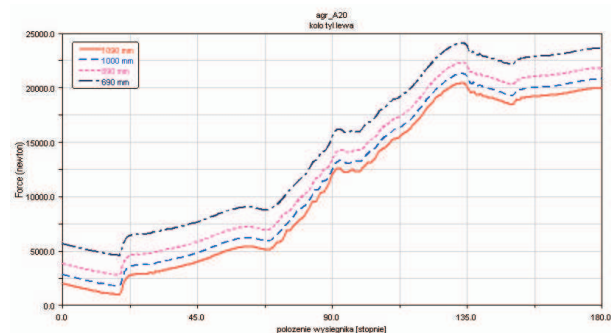


Rys. 8. Zmiany wartości sił w siłowniku hydraulicznym podczas podnoszenia i opuszczania ramienia wysięgnika, w zależności od kąta jego pochylecia dla różnych wartości wydajności pompy (przyjęto ciśnienie równe 20 MPa)

Fig. 8. Changes of forces values in hydraulic cylinder during lifting and lowering of outrigger arm, depending on its inclination angle for different values of pump output (assumed pressure is 20 MPa)



Rys. 9. Zmiany nacisku na tylne koła ciągnika, w czasie podnoszenia i opuszczania wału Campbella, dla różnych mas wału
Fig. 9. Changes of pressure on rear wheels of tractor during lifting and lowering of Campbell roller for different roller masses



Rys. 10. Zmiany nacisku na tylne lewe koło ciągnika, w czasie podnoszenia i opuszczania wału Campbella, w zależności od zmiany położenia środka ciężkości ciągnika wzdłuż jego osi podłużnej

Fig. 10. Changes of pressure on left rear tractor wheel during lifting and lowering of Campbell roller depending on change of tractor gravity center position along tractor longitudinal axis

Optymalizacja miejsca mocowania siłownika podnoszącego ramię wysięgnika

Siłownik podnoszący i opuszczający ramię wysięgnika z zawieszonym wałem Campbella jest jednym z istotniejszych elementów całej konstrukcji. Miejsca jego mocowania do ramy głównej i ramienia wysięgnika są miejscami występowania koncentracji naprężeń. Na omawianym etapie prac zajmowano się tylko analizą sił niezbędnych do podnoszenia wysięgnika. Minimalizacja tych sił przyczyniła się do obniżenia wspomnianych już naprężeń występujących w miejscach mocowania siłownika. Analiza modelu wykazała, że istotne znaczenie dla wartości badanych sił ma miejsce mocowania siłownika, a szczególnie miejsce mocowania siłownika do ramienia wysięgnika.

Na podstawie przeprowadzonych symulacji stwierdzono, że odsunięcie punktu mocowania siłownika do ramienia wysięgnika od osi obrotu o 5 cm powoduje, że siła niezbędna do podniesienia ramienia z zawieszonym wałem maleje o ponad 11%. Przesunięcie o 10 cm powoduje zmniejszenie siły o 20 %, w stosunku do wartości początkowej. Dalsze przesuwanie punktu mocowania siłownika jest jednak niemożliwe ze względów konstrukcyjnych.

Rozwiązaniem umożliwiającym większe odsunięcie punktu mocowania od osi obrotu ramienia wysięgnika jest podniesienie górnego punktu mocowania siłownika do ramy głównej. Przeprowadzone symulacje wykazały, że samo podnoszenie tego punktu nie wpływa w istotny sposób na wartości sił niezbędnych do podniesienia wału Campbella. Nie wpływa ono także na stateczność zestawu.

4. Uwagi końcowe

Zaprezentowany powyżej przykład wykorzystania nowoczesnych systemów wspomagania projektowania pozwala na uzyskanie informacji na temat obciążeń występujących w układach mechanicznych, bez uciążliwych obliczeń analitycznych oraz dokonywania kosztownych pomiarów. Istnieje ponadto możliwość przeprowadzenia obliczeń optymalizacyjnych, które już na etapie projektowania pozwalają wprowadzić istotne zmiany konstrukcyjne. Możliwość wymiany danych między różnymi systemami sprawia, że możliwe jest wszechstronne efektywne analizowanie różnych wariantów konstrukcyjnych. Łatwy i szybki dostęp do wielu informacji, trudnych do uzyskania innymi metodami, znacznie skraca proces projektowania.

5. Literatura

[1] Białek P., Szczepaniak J., Pawłowski T.: Modelowanie układów maszyn i urządzeń rolniczych dla potrzeb optymalizacji wytrzymałości konstrukcji i energo-

chłonności eksploatacyjnej. VI Sympozjum im. Prof. Cz. Kanafojskiego "Problemy budowy oraz eksploatacji maszyn i urządzeń rolniczych". Płock, czerwiec 1994.

- [2] Blajer W.: Metody dynamiki w układach wielocłonowych, Politechnika Radomska, Radom 1998.
- [3] Grochowski A.: Przegląd oprogramowania CAD/CAM. Od pomysłu do przemysłu, PCKurier 18/2000.
- [4] Kęska W., Szczepaniak J., Grzechowiak R., Mac J., Rutkowski J., Podolski T.: Typoszereg wałów wahadłowych na przedni układ zawieszenia w ciągnikach współpracujących z pługami. Zad. 3. Modelowanie matematyczne agregatu uprawowego i jego symulacja w aspekcie kinematycznym i dynamicznym, celem oceny prawidłowości doboru głównych parametrów konstrukcyjnych, PIMR, Poznań 2003.
- [5] Kromulski J., Pawłowski T., Dubowski A.: Doskonalenie modeli wirtualnych maszyn rolniczych. Structures-Waves-Biomedical Engineering, Vol. IXI -Structural Acoustic & Mechanics for Environmental Protection, 2000, str. 4, Polish Acoustical Society Dep. Cracow, Kraków-Zakopane 2000.
- [6] Lipski J.: Hydrauliczne urządzenia robocze i sterownicze, Wydawnictwa Komunikacji i Łączności, Warszawa 1974.
- [7] Pawłowski T., Szczepaniak J., Mielec K., Grzechowiak R.: Zastosowanie metod modelowania, symulacji komputerowej i walidacji w procesie wdrażania do produkcji nowych maszyn rolniczych, Inżynieria Rolnicza, Nr 2(77), str. 51-59, 2006.
- [8] Pawłowski T., Szczepaniak J., Mac J., Grzechowiak R.: Opracowanie wirtualnego modelu kombajnu i symulacje komputerowe zachowań kinematycznych zakresie wymuszeń dynamicznych i obciążeń statycznych, PIMR, Poznań 2002.
- [9] Pawłowski T., Szczepaniak J., Grzechowiak R.: Modelowanie komputerowe do analizy konstrukcji maszyn rolniczych, Naukowy Wypusk nr 80, wyd. Państwowy Uniwersytet Rolniczy, Kijów 2005.
- [10] Pawłowski T., Szczepaniak J.: Współczesna metodyka projektowania i weryfikacji konstrukcji maszyn rolniczych, Inżynieria Rolnicza, Nr 14 (74), str. 267-276, 2005.
- [11] Szczepaniak J., Pawłowski T.: Modelowanie komputerowe i badania symulacyjne modeli maszyn rolniczych na przykładzie wału wahadłowego, Inżynieria Rolnicza Nr 7 (67), str. 313-321.
- [12] Szczepaniak J. i in.: Symulacje i walidacje konstrukcji nośnych maszyn rolniczych na przykładzie wiatrowej maszyny rolniczej, materiały z IX Sympozjum Naukowo-Technicznego nt.: Nowoczesność w procesach technologicznych, Augustów 2005.
- [13] Using ADAMS/View version 9, Mechanical Dynamics Inc., 1998.

CONTEMPORARY TOOLS AIDING PROJECTING OF AGRICULTURAL MACHINERY

Summary

In the article presented is a brief characteristic of modern computer systems aiding the work of agricultural machines designers. Given is the range of their using and their basic classification. Specificity of agricultural machines designing and specificity of Polish industry of agricultural machines were as well shown in the article. Besides, two examples of using of modern software in agricultural machine designing were also presented.