

## THE APPLICATION SUPPORTING THE UNIVERSAL COUPLINGS DESIGN PROCESS

### Summary

*The aim of the work was developing and operating the computer application enabling in the effective way the analysis of the working of self-aligning coupling. Depending on the analyzed question chosen from menu the program presents the structure, kinematics or the chosen aspects of dynamics and coupling strength. The presented current version relates mainly to the universal (Cardan) coupling. The system possesses the friendly for the user interface from the attention on the possibility of education use of this program.*

## APLIKACJA WSPOMAGAJĄCA PROCES PROJEKTOWANIA PRZEGUBÓW CARDANA

### Streszczenie

*Celem pracy było opracowanie i uruchomienie aplikacji komputerowej, umożliwiającej w efektywny sposób analizę działania sprzęgieł samonastawnych. W zależności od wybranego z menu analizowanego zagadnienia program przedstawia budowę, kinematykę lub wybrane aspekty dynamiki oraz wytrzymałości sprzęgła. Prezentowana wersja dotyczy głównie przegubu Cardana. Z uwagi na możliwość wykorzystania edukacyjnego system posiada interfejs przyjazny dla użytkownika.*

### 1. Wprowadzenie

Sprzęgła samonastawne mają zastosowanie w wielu konstrukcjach maszyn, ale szczególnie przydatne są w technice rolniczej, gdzie często mamy do czynienia z przekazywaniem napędu pomiędzy podzespołami przemieszczającymi się względem siebie lub niezachowującymi współosiowości.

Niewłaściwy dobór sprzęgła (pod względem jego charakterystyki lub własności wytrzymałościowych) bezpośrednio wpływa na awaryjność maszyny, co – w sytuacji kampanijności prac w rolnictwie – jest szczególnie niepożądane. Potrzebna jest więc stosowna dostępna wiedza o budowie, cechach i własnościach wytrzymałościowo-eksploatacyjnych stosowanych sprzęgieł zarówno na etapie konstruowania, jak i późniejszego użytkowania. Tę lukę (zwłaszcza w części dotyczącej przegubu Cardana) ma wypełnić prezentowana aplikacja. Celem pracy było wytworzenie nieskomplikowanego w obsłudze systemu komputerowego, umożliwiającego w efektywny sposób prezentowanie budowy sprzęgieł oraz analizę kinematyki i dynamiki ich pracy w powiązaniu z zagadnieniami wytrzymałości wybranych elementów. Program ukierunkowany jest głównie na dydaktykę uniwersytecką, ale również może być przydatny inżynierom konstruktorom i eksploatacjom. Docelowo aplikacja ma dotyczyć wszystkich grup sprzęgieł samonastawnych, ale prezentowana wersja ukierunkowana jest na najczęściej spotykane sprzęgło kątowe – przegub Cardana.

Zaawansowany zawodowo inżynier-konstruktor ma do dyspozycji szereg rozbudowanych profesjonalnych systemów wspomagających (np. [6]), jednak wysokie koszty pozyskania i aktualizowania znacznie ograniczają ich dostępność. Równocześnie wysoki stopień specjalizacji takich systemów wymaga od użytkownika pracowitego wdrożenia się w nie zawsze intuicyjną obsługę tego oprogramowania. W praktyce systemy te są używane głównie na sta-

nowiskach konstrukcyjnych, gdzie często przelicza się nowe lub modernizowane rozwiązania w podobnym zakresie. Daje to szansę na zamortyzowanie się tego środka trwałego w racjonalnym okresie.

W małych firmach, o zróżnicowanym zakresie zadań (eksploatacja, naprawy, modernizacja maszyn rolniczych), oraz w pracy dydaktycznej na uczelniach technicznych przydatne są mniejsze proste w obsłudze i łatwiejsze w pozyskaniu aplikacje wspomagające pracę inżyniera. Przykładem takiego rozwiązania jest program „Sprzęgła samonastawne”.

### 2. Koncepcja projektowanego systemu

Z uwagi na głównie edukacyjny charakter aplikacji układ menu odzwierciedla systematykę sprzęgieł samonastawnych. Po zatwierdzeniu przewidywanego usytuowania i ewentualnych przemieszczeń osi łączonych wałów użytkownik wybiera konstrukcję sprzęgła, a następnie interesujące go zagadnienie. Na każdym etapie istnieje możliwość powrotu do poprzedniego formularza. W przypadku, gdy dany etap dotyczy obliczeń, należy w odpowiednie pozycje wstawić wymagane wartości zmiennych lub parametrów – każdorazowo je zatwierdzając. Dla ułatwienia użytkownikowi pracy z programem często istnieje możliwość skorzystania z podpowiedzi (np. w zakresie normatywnych wymiarów wielowypustów i zalecanych wartości nacisków dopuszczalnych na ich powierzchniach roboczych) lub zilustrowania wyników stosownym wykresem.

Profil potencjalnego użytkownika sprawia, że system posiada przyjazny w obsłudze interfejs, poszczególne kroki obliczeniowe ilustrowane są odpowiednimi wzorami i szkicami wyjaśniającymi, a omawiana problematyka wsparta przejrzystymi rycinami i ewentualnie stosowną animacją.

Zawarte w programie materiały informacyjne oparte są o typową literaturę konstrukcji maszyn [1, 2, 3, 4, 5], natomiast analizy są wynikiem opracowań własnych autorów.

### 3. Budowa i opis działania programu

Aplikacja została wykonana w środowisku programistycznym *Visual Studio 2008* [7]. Po wcześniejszym zainstalowaniu i uruchomieniu programu ukazuje się okno powitalne (rys. 1a), którego grafika jednoznacznie nawiązuje do podejmowanej tematyki. Następnie otwiera się formularz menu programu (rys. 1b).



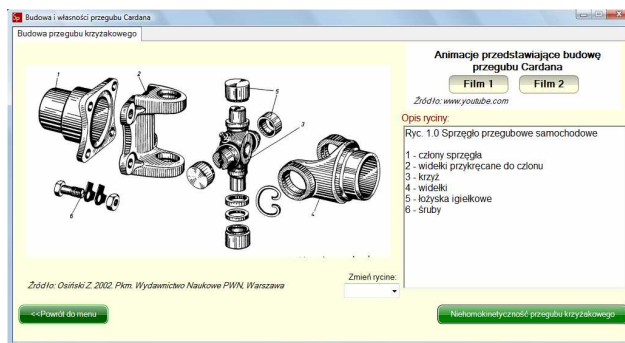
Rys. 1. Okno startowe programu (a) i menu główne aplikacji (b)  
Fig. 1. Start window of the program (a) and main menu of the application (b)

Tutaj użytkownik w pierwszej kolejności dokonuje wyboru przewidywanego wzajemnego położenia i ewentualnych przemieszczeń osi sprzęganych wałów, następnie zaznaczany jest rodzaj przegubła, a na końcu interesująca użytkownika tematyka. W prezentowanym przykładzie lista proponowanych zagadnień dla przegubu Cardana zawiera:

- budowę i własności sprzęgła,
- analizę pracy (kinematykę, wybrane obliczenia wytrzymałościowe),
- homokinetyczny układ dwóch przegubów,
- obliczenia połączeń wielowypustowych (często powiązanych konstrukcyjnie z przegubami Cardana).

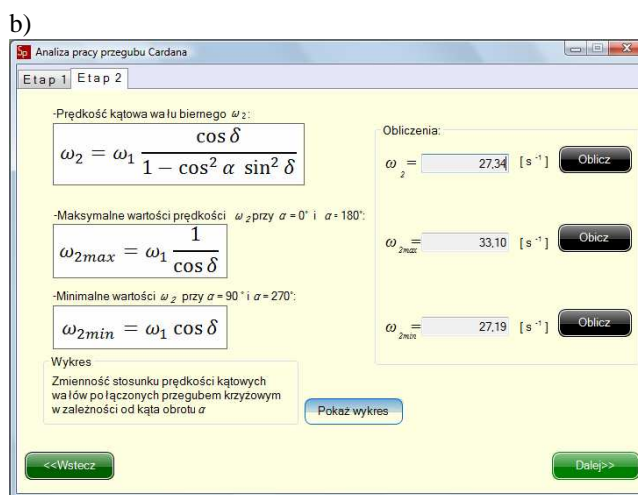
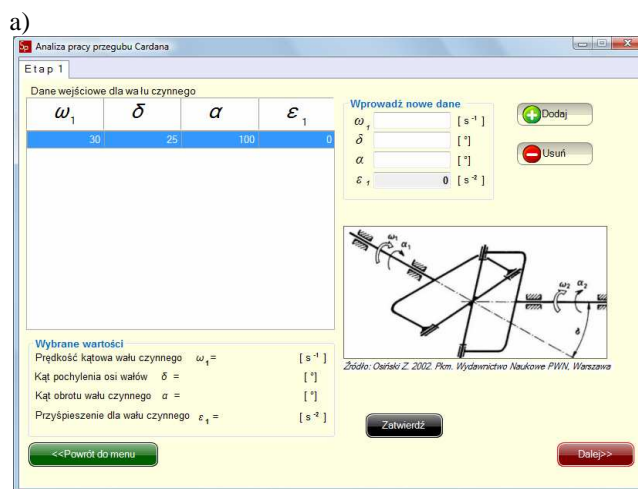
Aktywowanie danego sprzęgła ilustrowane jest stosownym zdjęciem. Uruchomienie przycisku „Info” powoduje wyświetlenie informacji o dokonanym wyborze analizowanego zagadnienia, natomiast wsparcie informatyczne uzyskać można poprzez klawisz „Pomoc”. Formularz menu zbudowany jest w taki sposób, aby można go było łatwo rozbudowywać o kolejne sprzęgła i rozpatrywane zagadnienia.

W zakresie „Budowy i własności przegubu Cardana” użytkownik znajdzie informacje (rys. 2) o częściach składowych i ich powiązaniu w sprzęgle (dla kilku rozwiązań konstrukcyjnych) oraz może zapoznać się z animacjami prezentującymi budowę i działanie przegubu.

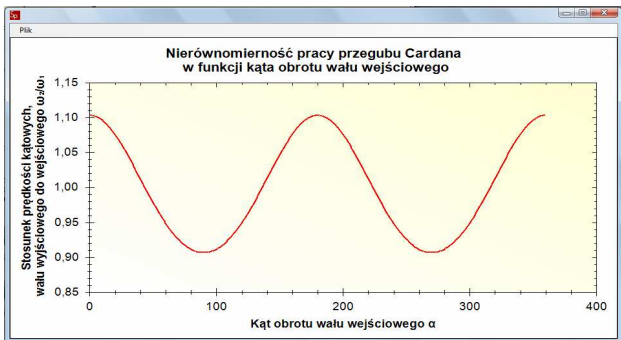


Rys. 2. Formularz „Budowa i własności przegubu Cardana”  
Fig. 2. Form of „Structure and characteristics of universal coupling”

Tematyka „Analizy pracy przegubu Cardana” realizowana jest na czterech formularzach odpowiadających kolejnym jej etapom (rys. 3 a–d). Po wprowadzeniu (rys. 3a) danych dla danego przegubu: prędkości kątowej  $\omega_1$  wału czynnego, kąta  $\delta$  odchylenia osi wałów, bieżącego kąta  $\alpha$  obrotu wału i przyspieszenia kątowego  $\varepsilon_1$  wału czynnego wyznacza się (rys. 3b) aktualną prędkość  $\omega_2$  wału biernego wraz z wartościami granicznymi ( $\omega_{2max}$  i  $\omega_{2min}$ ). Wyniki te można zilustrować wykresem  $\omega_2/\omega_1=f(\alpha)$  – rys. 4.



Rys. 3. Formularze obliczeniowe dla poszczególnych etapów analizy pracy przegubu Cardana  
 Fig. 3. Calculation forms for successive stages of universal coupling work analysis

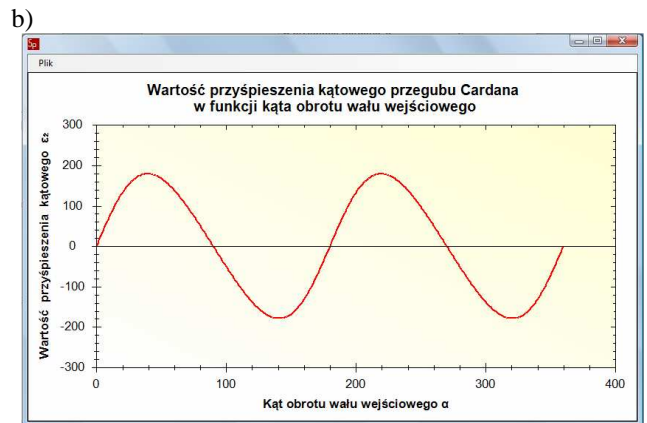
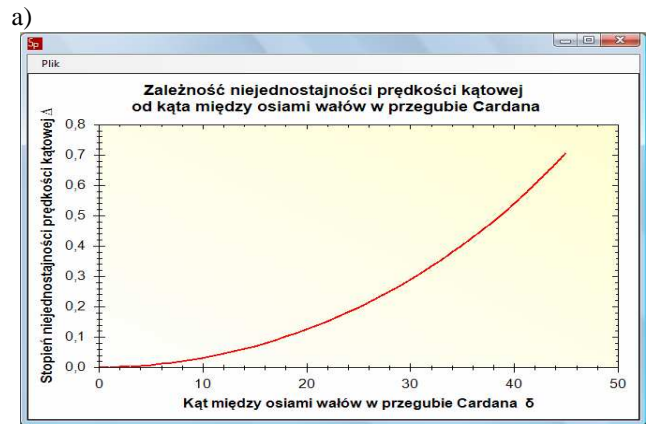


Rys. 4. Zmiany prędkości kątowej wału biernego podczas obrotu sprzęgła (w mierze względnej)  
 Fig. 4. Angular speed variation of passive shaft during coupling rotation (in relative measure)

Analiza umożliwia również (rys. 3c) wyznaczenie stopnia  $\Delta$  niejednorodności prędkości kątowej oraz przyspieszenie kątowe  $\varepsilon_2$  wału biernego. Istnieje możliwość przedstawienia tych funkcji za pomocą wygenerowanych wykresów (rys. 5 a, b).

W etapie czwartym analizy (rys. 3d) obliczane są naciski na czopach krzyżaka. Rozkład nacisków został założony jako równomierny zarówno na kierunku promieniowym krzyżaka, jak i na przekroju poprzecznym czopa. Po wprowadzeniu i zatwierdzeniu wymiarów krzyżaka i przenoszonej mocy program wylicza naciski na czopach wału czynnego. Wyznaczenie zmiennych nacisków na wale biernym poprzedzone jest

wyborem modelu obliczeniowego: bez uwzględnienia lub z uwzględnieniem bezwładności wału napędzanego. W tym drugim przypadku wyznaczone wartości dotyczą danego położenia katowego  $\alpha$  wału czynnego. Autorzy zdają sobie sprawę, że uzyskiwane w tym zakresie wyniki mają tylko charakter informacyjny, ponieważ nie biorą pod uwagę wpływu dynamiki całego układu przeniesienia napędu.



Rys. 5. Wykresy zależności z formularza przedstawionego na rys. 3c  
 Fig. 5. Graphs of a function from form shown on fig. 3c

Często z konstrukcją przegubu ściśle związane jest połączenie wielowypustowe. Prezentowana aplikacja zawiera odpowiedni formularz (rys. 6) dla przeliczenia wytrzymałościowego tych połączeń.

Rys. 6. Okno obliczeń wytrzymałościowych wielowypustów  
 Fig. 6. Window of splines strength calculations

#### 4. Podsumowanie

- Wytworzona aplikacja spełnia sformułowany cel – jest przyjaznym narzędziem, umożliwiającym w efektywny sposób poznanie budowy sprzęgieł oraz analizę kinematyki i dynamiki ich pracy w powiązaniu z zagadnieniami wytrzymałości wybranych elementów.
- Edukacyjny charakter programu (szkice, wykresy i animacje) sprawia, że może on być przydatny w dydaktyce przedmiotu *Podstawy konstrukcji maszyn*.

#### 5. Literatura

- [1] Branowski B.: Podstawy konstrukcji napędów maszyn. Wyd. Politechniki Poznańskiej, 2007. ISBN 978-83-7143-347-4.
- [2] Kozak B.: Części maszyn z elementami mechaniki technicznej. Warszawa: WSiP, 2000. ISBN 83-02-07843-3.
- [3] Podstawy konstrukcji maszyn. Pod red. Z Osińskiego. Warszawa: Wydawnictwo Naukowe PWN, 2002. ISBN 83-01-12806-2.
- [4] Osiński Z.: Sprzęgła i hamulce. Warszawa: Wydawnictwo Naukowe PWN, 2000. ISBN 83-01-08859-1.
- [5] Żółtowski J. Podstawy konstrukcji maszyn – połączenia, łożyskowanie, sprzęgła. Warszawa: Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, 2002. ISBN 83-7207-365-1.
- [6] Opis możliwości Autodesk Inventor Professional. [dostęp 08.04.2010]. Dostępny w Internecie: <http://www.aplikom.com.pl/>
- [7] Program Visual Studio 2008. [dostęp 12.04.2010]. Dostępny w Internecie: <http://www.microsoft.com/poland/developer/produkty/vs2008/trial.msp#>