

SYSTEM WSPOMAGAJĄCY OBLICZENIA KONSTRUKCYJNE POŁĄCZEŃ ŚRUBOWYCH

Streszczenie

W pracy przedstawiono aplikację komputerową wspomagającą pracę inżyniera przy konstruowaniu połączeń śrubowych. Edukacyjny charakter oprogramowania umożliwia wykorzystanie go do nauczania przedmiotu „Podstawy konstrukcji maszyn” na technicznych kierunkach studiów.

Wprowadzenie

Zastosowanie w nowej lub modernizowanej konstrukcji połączeń śrubowych w znacznej mierze oparte jest o obliczenia wytrzymałościowe i funkcjonalne przyjętego rozwiązania [5]. Procedura obliczeniowa realizowana jest wariantowo - w zależności od danych, którymi dysponuje konstruktor i oczekiwanych wyników. Dla większości rozpatrywanych przypadków możliwych jest kilka alternatywnych rozwiązań, spełniających przyjęte dla konstrukcji wymagania. Często więc zachodzi konieczność kilkukrotnego powtórzenia procedury obliczeniowej przed ostatecznym wyborem rozwiązania. Dla tego typu działań wskazane jest wsparcie stosownym oprogramowaniem, ułatwiającym i znacznie przyspieszającym ten etap prac konstruktora.

Istniejące komercyjne programy wspomagające proces konstruowania, np. Autodesk Inventor Professional 10 [4], oprócz oczywistych ograniczeń w powszechnej dostępności, cechuje z reguły duża uniwersalność, związana niestety z mniej szczegółowym traktowaniem poszczególnych zagadnień. Ukierunkowanie aplikacji na wysoko specjalizowanego użytkownika powoduje, że produkt pozbawiony jest pomocnych komentarzy, podpowiedzi, wzorów i szkiców, które umożliwiłyby wykorzystanie go w celu edukacyjnym.

Dotychczasowe doświadczenia autorów [1, 2, 3] wskazują, że oprogramowanie wspomagające proces konstruowania połączeń śrubowych, wykorzystane w nauczaniu przedmiotu *Podstawy konstrukcji maszyn* na kierunku studiów *Technika rolnicza i leśna*, znacznie uatrakcyjni ten proces dydaktyczny.

Celem niniejszej pracy było więc wytworzenie oprogramowania wspomagającego pracę inżyniera w zakresie obliczeń sił i momentów w złączu śrubowym. Edukacyjny charakter aplikacji określił merytoryczną i graficzną formę poszczególnych etapów procedury (każdy krok obliczeń lub podejmowanych decyzji ilustrowany stosownymi zależnościami, komentarzami i szkicami). Możliwość wykorzystania w dydaktyce, tzn. rozszerzenie grupy ewentualnych użytkowników o osoby nieposiadające dostatecznej wiedzy przedmiotowej, spowodowała rozbudowanie algorytmów o szereg warunków sprawdzających poprawność podejmowanych wyborów (np. dopasowanie wymiarowe złącza, ocena realności przyjętych parametrów itp.).

Zakres tworzonej aplikacji wstępnie ograniczono do zagadnień wytrzymałościowych i funkcjonalnych w procesie napinania złącza. Wpływ m.in. sztywności śruby i elementów łączonych oraz sił stycznych na dobór parametrów połączenia pozostawiono na późniejszy etap rozbudowy programu.

Koncepcja projektowanego systemu

W zależności od posiadanych informacji i celu obliczeń dobierany jest odpowiedni algorytm postępowania. Założono następujące możliwe sytuacje:

- znane są parametry geometryczno-wytrzymałościowe złącza śrubowego oraz spodziewane warunki napinania i późniejszej eksploatacji; nieznana jest maksymalna siła osiowa w złączu oraz wartość momentu dokręcającego,
- dana jest siła osiowa w złączu, parametry gwintu i warunki napinania; wyliczeniu podlega wartość momentu dokręcającego,
- znana jest wartość obciążenia osiowego złącza oraz zakładane parametry wytrzymałościowe materiału śruby i nakrętki; należy dobrać wymiar gwintu oraz wartość momentu dokręcającego.

Dla każdego z wariantów przyjęto odpowiednią sekwencję etapów obliczeniowo-decyzyjnych w postaci kolejno otwieranych zakładek. Dla ułatwienia obsługi programu większość parametrów wstawiana jest w okna dialogowe poprzez wybór z rozwijanej listy propozycji opartej o zawarte w aplikacji bazy danych (np. zarys i parametry gwintu, wymiary nakrętek, materiały i ich naprężenia graniczne, klasy własności wytrzymałościowych łączników itp.). W znacznej części dane te bazują na normach, m.in. [6, 7].

W przypadkach, dla których brak jest w literaturze przedmiotu stosownych danych (np. naciski dopuszczalne na powierzchni gwintu dla stali węglowych spoza zakresu St5 - St7) program wyznacza je ekstrapolując dla pozostałych stali z tej grupy zidentyfikowaną relację nacisków do naprężeń granicznych. Funkcję edukacyjną programu zapewnia szeroka gama komentarzy i komunikatów oraz zależności funkcyjne i szkice ilustrujące kolejne kroki obliczeń. Możliwość wprowadzenia niewłaściwych danych jest na każdym etapie monitorowana i sygnalizowana ostrzegawczym komunikatem. Każdy etap obliczeń umożliwia skorygowanie pierwotnych założeń poprzez powrót do etapów poprzednich.

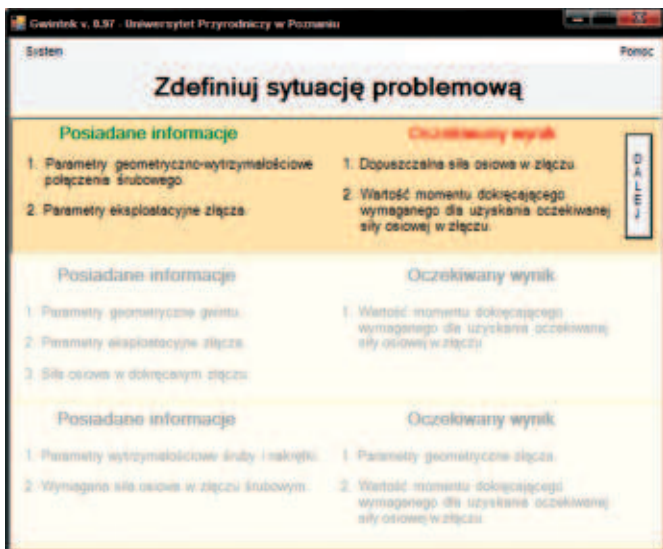
Budowa i opis działania wytworzonej aplikacji

Po sformułowaniu wymagań funkcjonalnych i niefunkcjonalnych projektowanego systemu informatycznego przeprowadzono (w oparciu o stosowne diagramy) modelowanie obiektowe w notacji UML. Aplikację wykonano w środowisku *Visual Studio 2008* [8] z wykorzystaniem języka C#.

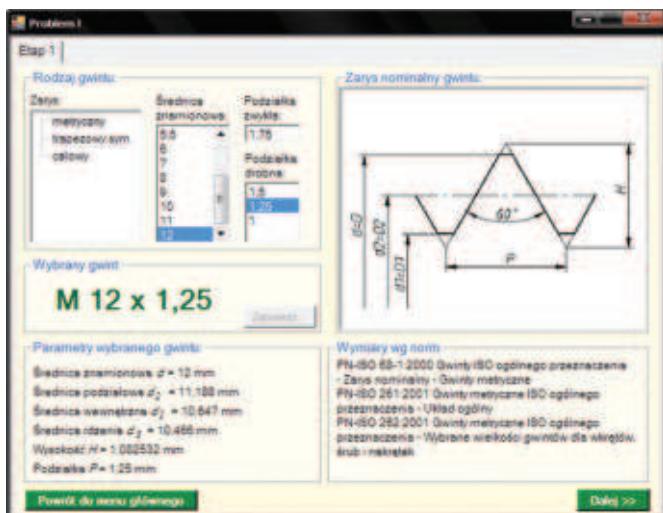
Po uruchomieniu programu przechodzi się z okna powitalnego (rys. 1) do formularza wyboru proponowanych sytuacji problemowych (rys. 2).



Rys. 1. Okno powitalne aplikacji
Fig. 1. Title window of the application

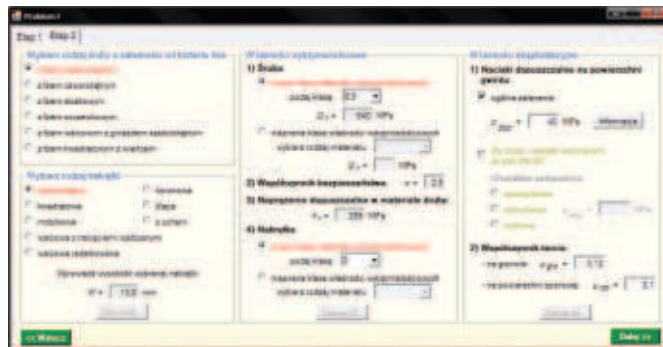


Rys. 2. Formularz wyboru sytuacji problemowej
Fig. 2. The form of the problematic situation choice



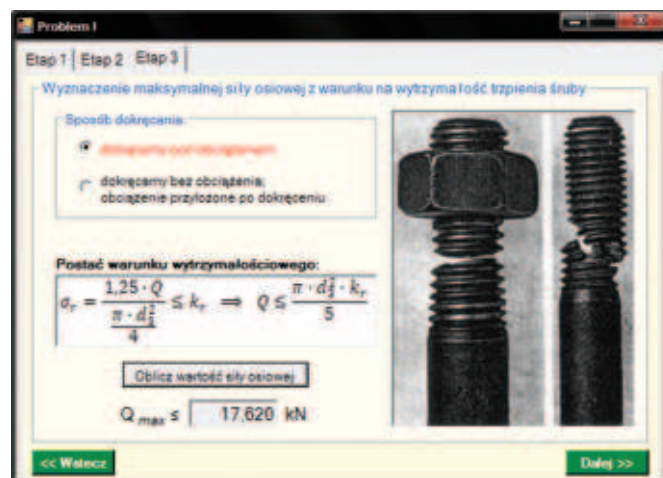
Rys. 3. Wybór gwintu
Fig. 3. Choice of screw-thread

Zaznaczenie wariantu (np. pierwszego z proponowanych) otwiera okna wprowadzania danych, dotyczących gwintu (rys. 3), oraz definiujących kształty łączników, ich parametry wytrzymałościowe i eksploatacyjne (rys. 4).



Rys. 4. Określenie kształtu oraz parametrów wytrzymałościowych i eksploatacyjnych śruby i nakrętki
Fig. 4. Definition of the shape and strength and operational parameters of screw and nut

Wprowadzone dane pozwalają wyznaczyć siłę osiową w złączu z warunków: na rozciąganie trzpienia śruby (rys. 5) i na wytrzymałość gwintu (rys. 6) oraz wybrać jej właściwą wartość.



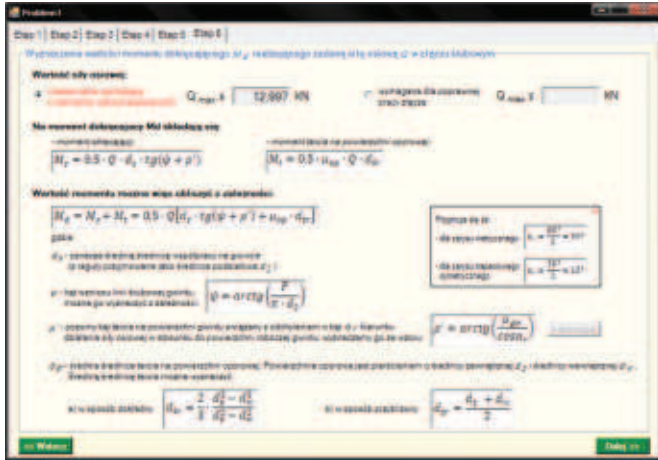
Rys. 5. Wytrzymałość trzpienia śruby
Fig. 5. Strength of bolt



Rys. 6. Wytrzymałość gwintu
Fig. 6. Strength of thread

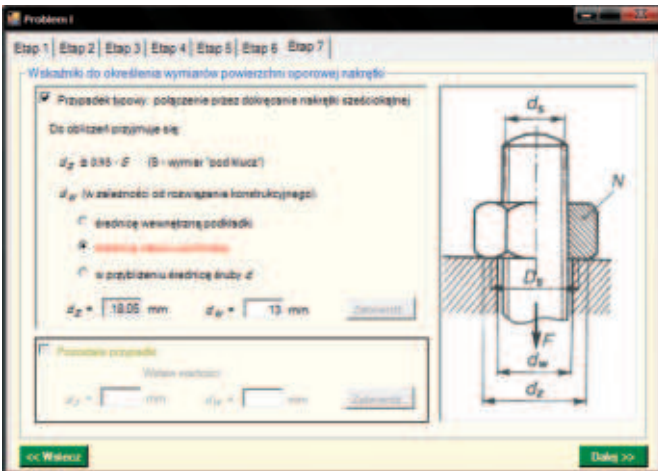
Następnie procedura oblicza moment dokręcający (rys. 7) jako sumę momentu skręcającego (oddziałującego na trzpień śruby) i momentu tarcia (generowanego na powierzchni

oporowej czoła nakrętki). Użytkownik ma na tym etapie obliczeń możliwość wyboru siły osiowej: wynikającej z dotychczasowych obliczeń wytrzymałościowych lub wstawienia wartości własnej - gwarantującej poprawną pracę połączenia na podstawie odrębnych warunków (np. uzyskanie szczelności połączenia kołnierzego).



Rys. 7. Moment dokręcający
Fig. 7. Torque of screw home

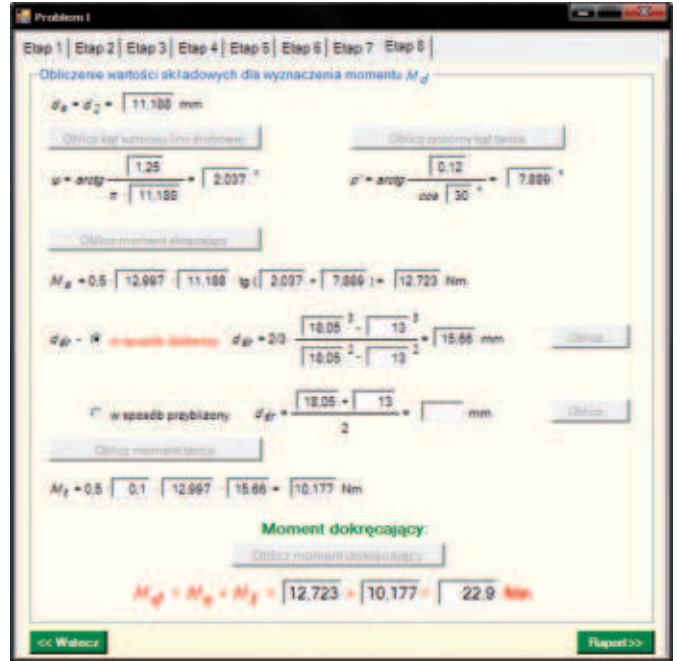
Dla wyznaczenia momentu tarcia na czole nakrętki wymagane jest wprowadzenie wymiarów powierzchni oporowej (rys. 8).



Rys. 8. Wymiary powierzchni oporowej nakrętki
Fig. 8. The dimensions of the nut surface

W wyniku przeprowadzonych obliczeń uzyskuje się wartość momentu dokręcającego (rys. 9) wymaganego dla uzyskania zadanej siły osiowej.

Końcowym etapem pracy z programem jest wygenerowanie raportu (z możliwością zapisu w pliku lub wydruku), w którym zestawione są wartości wszystkich zmiennych wejściowych liczbowych i tekstowych oraz uzyskane wyniki.



Rys. 9. Wyznaczanie wartości momentu dokręcającego
Fig. 9. Calculation of torque value

Podsumowanie

- Wytworzona aplikacja spełnia sformułowany cel - jest wygodnym narzędziem wspomagającym obliczenia konstrukcyjne połączeń śrubowych. Jej edukacyjny charakter czyni ją równocześnie przydatną w dydaktyce *Podstaw konstrukcji maszyn* i zagadnień pokrewnych.
- Możliwość odczytu wyników pośrednich dla danych zależności pozwala na bieżąco interpretować obliczenia, co znacznie podnosi ich walor poznawczy i edukacyjny (np. Ocena samohamowności gwintu lub informacja o udziałach momentów składowych w sumarycznym momencie dokręcającym).
- Modułowa budowa programu pozwala na łatwą migrację pomiędzy poszczególnymi etapami obliczeń a zarazem umożliwia późniejszą rozbudowę (np. o problematykę sztywności elementów złącza).

Literatura

- [1] Łoboda M., Krysztofiak A., Dworecki Z., Przybył J.: Oprogramowanie wspomagające projektowanie wałów i osi. *Inżynieria Rolnicza* 2006, 13 (88), s. 323-332.
- [2] Łoboda M., Krysztofiak A., Dworecki Z., Przybył J.: System wspomagająco-edukacyjny projektowania połączeń wciskowych. *Inżynieria Rolnicza* 2007, 2 (90), s. 159-166.
- [3] Łoboda M., Krysztofiak A., Dworecki Z., Frankowski R. Komputerowy system wspomagający konstruowanie połączeń piast kół z wałami. *Inżynieria Rolnicza* (w druku).
- [4] Sempruch J., Piątkowski T. 2006. *Podstawy konstrukcji maszyn z CAD - Połączenia i elementy podatne*. PWSZ, Piła 2006.
- [5] Skoć A., Spalek J. *Podstawy konstrukcji maszyn tom 1*. Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, Warszawa 2006.
- [6] PN-EN ISO 898-1:2001. Śruby, wkręty i nakrętki - Własności mechaniczne śrub i wkrętów.
- [7] PN-ISO 262:2001. Gwinty metryczne ISO ogólnego przeznaczenia - Wybrane wielkości gwintów dla wkrętów, śrub i nakrętek.
- [8] Program Visual Studio 2008. [dostęp 15.04.2008]. Dostępny w Internecie: <http://www.microsoft.com/polan>

THE COMPUTER AID SYSTEM FOR CONSTRUCTIONAL CALCULATIONS OF SCREW JOINTS

Summary

The paper presents the computer application of engineer work aid by screw joint constructing. The educational character of software makes possible to use it at lecture of "The Basis of Machines Construction" on the technical faculties of studies.