

Mariusz Łoboda, Adam Krysztofiak, Zbigniew Dworecki
Instytut Inżynierii Rolniczej
Akademia Rolnicza im. A. Cieszkowskiego w Poznaniu

SYSTEM WSPOMAGAJĄCY ROZWIĄZYWANIE BELEK DLA WARIANTOWYCH OBCIĄŻEŃ STATYCZNYCH

Streszczenie

Niezależnie od istniejących profesjonalnych systemów inżynierskich wspomagających proces projektowania istnieje zapotrzebowanie na oprogramowanie o charakterze edukacyjnym w zakresie obliczeń statycznych prętów i belek. Niniejsza praca, przynajmniej częściowo, próbuje tę lukę wypełnić. Przedstawiony program wyznacza reakcje w podporach, siły normalne, styczne i momenty gnące wraz z ich wykresami.

Słowa kluczowe: zginanie belek, siły wewnętrzne

Wprowadzenie

Nieodzownym etapem wszelkich prac konstrukcyjnych (w tym dla maszyn i urządzeń rolniczych) są obliczenia statyczne prętów i belek. To powtarzalne, w zakresie skończonej liczby wariantów, zadanie inżynierskie stwarza zapotrzebowanie na specjalistyczne oprogramowanie. Również nauczanie tych zagadnień (m.in. na kierunku studiów *Technika Rolnicza i Leśna*) wymaga zaznajomienia studentów narzędziem tego typu.

Dostępne na rynku oprogramowanie wykorzystywane do profesjonalnych obliczeń inżynierskich (np. *RM-WIN* firmy *CadSIS*, *MSC.NASTRAN* firmy *MSC.SOFTWARE* czy *interCAD PL* firmy *wellCAM CCS*) przeznaczone jest dla profesjonalistów mających gruntowną wiedzę i doświadczenie w danej dziedzinie. Wszechstronność zastosowań i szerokie możliwości funkcyjne takich programów powodują, że dla przeciętnego użytkownika ich obsługa staje się skomplikowana a czas wdrażania długi. Z racji przyjętych założeń dotyczących profilu przyszłego użytkownika specjalistycznego oprogramowania produkty te z reguły nie nadają się do celów dydaktycznych (np. przy nauczaniu *Mechaniki* i *Wytrzymałości materiałów*). Bez uprzedniego przyswojenia sobie wiedzy z danej dziedziny uzyskiwane w toku działania programu wyniki nie mogą być poprawnie interpretowane

i weryfikowane relacjami przyczynowo-skutkowymi. Należy dodać, że koszty zakupu i odnawiania licencji dla tego typu oprogramowania często przewyższają możliwości finansowe potencjalnego użytkownika, w tym także skromnych budżetów uczelni wyższych.

Powyższe przesłanki stanowiły impuls do podjęcia prac, których celem było zbudowanie systemu informatycznego, o wyraźnie edukacyjnym charakterze, wspomagającego proces rozwiązywania belek (wyznaczania reakcji w podporach oraz wartości i charakteru zmian sił wewnętrznych). Oprogramowanie powinno mieć przejrzystą, nieskomplikowaną strukturę z „przyjaznymi” interfejsami umożliwiającymi swobodne definiowanie zadań i naukę ich rozwiązywania. Wstępnie ograniczono obszar zastosowań programu do belek dwupodporowych statycznie wyznaczalnych.

Adaptacja metodyki rozwiązywania belek dla celów oprogramowania

Powszechnie znane algorytmy wyznaczania reakcji oraz sił wewnętrznych w belkach [np. Zielnica J. 1998] należało sprowadzić do zunifikowanej postaci, poprawnej bez względu na rodzaj, liczbę i miejsce oddziaływania obciążeń zewnętrznych. Każda z zadawanych wielkości (siła skupiona, obciążenie ciągłe, moment gnący) jest jednoznacznie określona wartością, ewentualnym kierunkiem działania (przez podanie kąta z osią belki) i miejscem przyłożenia (lub początkiem i długością działania – dla obciążeń ciągłych). Informacje te wskazują liczbę i zakres przedziałów zmienności obciążeń. Algorytm zabezpieczony jest przed próbą wprowadzenia danych wykraczających poza dopuszczalne zakresy (np. przyłożenie siły poza belką) – przez generowanie odpowiedniego komunikatu.

Po wybraniu podpory nieprzesuwnej program automatycznie formułuje równania równowagi statycznej, z których wylicza reakcje w podporach. Następnie z równań równowagi w każdym z przedziałów belki wyznaczane są zależności opisujące siły wewnętrzne $N(x)$, $T(x)$ i $M(x)$, na podstawie których wykreślane są ich wykresy wraz z wartościami w punktach charakterystycznych.

W panelu edukacyjnym umożliwia się uczącemu samodzielnie formułować równania, kontrolować ich poprawności oraz korygować poszczególne składniki równania i ich komponenty.

Wymagania funkcjonalne i opis działania systemu

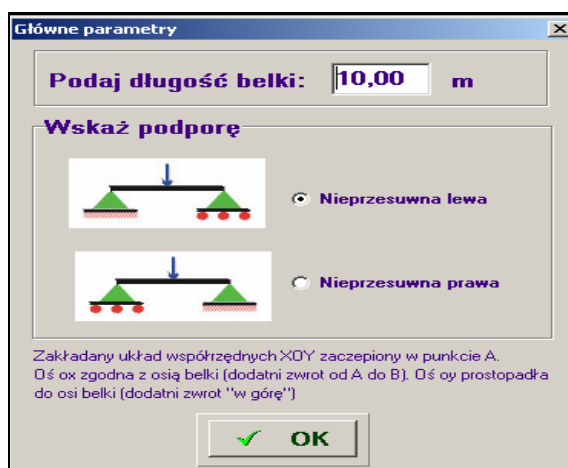
Przeznaczenie budowanej aplikacji wyznaczyło jej wymagania funkcjonalne:

- możliwość wprowadzania danych określających belkę (wymiary, podpory) i obciążenia zewnętrzne (charakter, wartość, umiejscowienie),

- wyznaczanie wartości sił reakcji w podporach i funkcji sił wewnętrznych w poszczególnych przedziałach,
- graficzna interpretacja przebiegów sił wewnętrznych,
- realizacja celu edukacyjnego w zakresie rozwiązywania belek m.in. poprzez naukę budowania równań równowagi,
- zapisywanie i drukowanie uzyskiwanych wyników.

Powyższe wymogi realizowane są w kolejnych formularzach przedstawianych za pomocą prostych, jednoznacznych interfejsów stworzonych w środowisku *Borland C++ Builder* [Hollingworth i in. 2001, Reisdorph, Henderson 1998].

Po uruchomieniu aplikacji automatycznie otwiera się okno wprowadzania danych belki (rys. 1), które zawiera również zdefiniowanie układu współrzędnych służącego m.in. do zadawania obciążeń zewnętrznych.

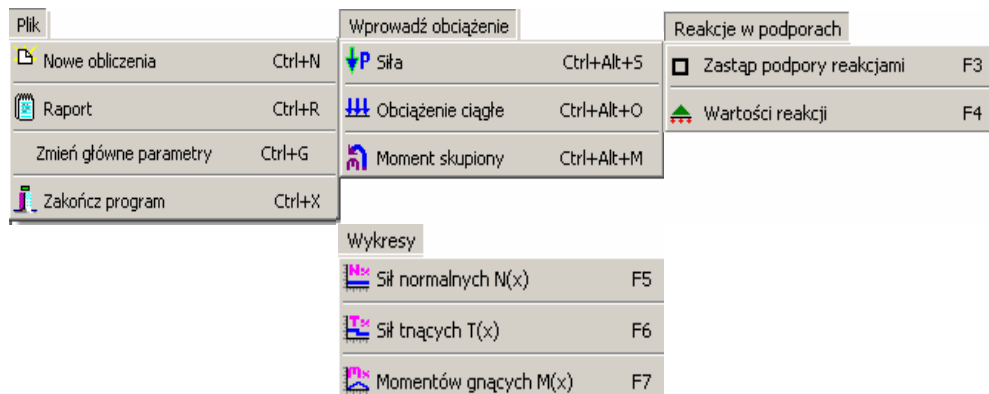


Rys. 1. Okno wprowadzania danych belki

Fig. 1. Windows of the data input for beam

Po zatwierdzeniu tych ustaleń (klawisz *OK*) pojawia się szkic belki, na którym na bieżąco nanoszone są skutki kolejnych działań programu.

Następnie użytkownik wybierając z menu programu (rys. 2) listę *Wprowadź obciążenie* wstawia wartości tych obciążeń wraz z odpowiednimi parametrami (np. dla siły skupionej jej umiejscowienie i kierunek działania – rys. 3).



Rys. 2. Menu programu

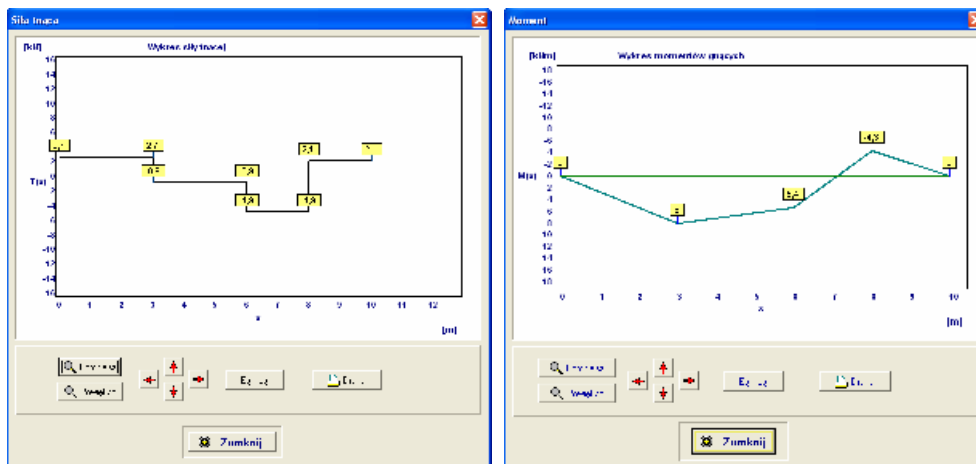
Fig. 2. Programme menu



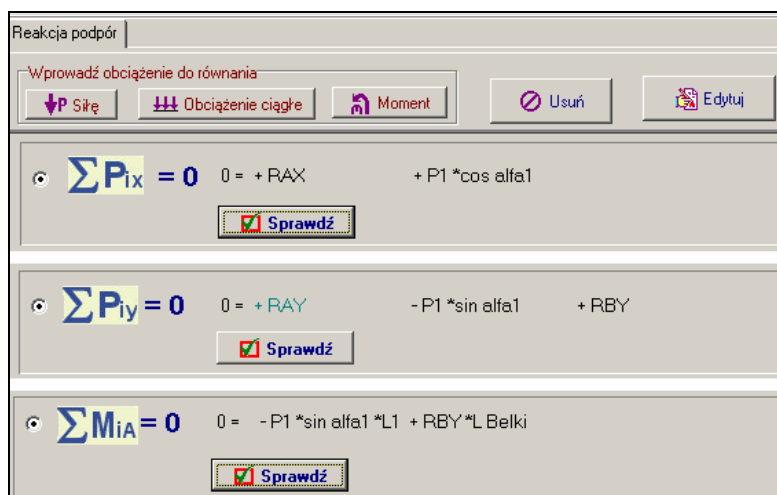
Rys. 3. Okno wprowadzania obciążenia w postaci siły (klawisz Szczegóły wywołuje komunikat precyzujący pojęcie kąta nachylenia siły do osi belki)

Fig. 3. Window of initiation of load as a strength (the key button Szczegóły call out an announcement specifying the angle inclination to beam axis)

Po wprowadzeniu obciążeń zewnętrznych istnieje możliwość bezpośredniego wyznaczenia wartości reakcji i dalej wykresów sił wewnętrznych (rys. 4) lub samodzielnego budowania równań równowagi (rys. 5).

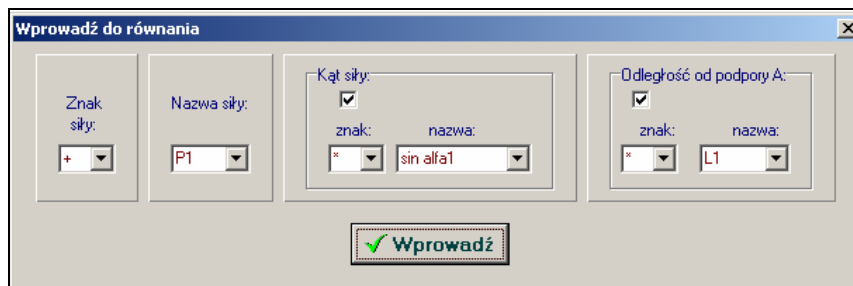


Rys. 4. Okna przykładowych wykresów sił wewnętrznych (lewe – siły styczne, prawe – momenty gnące)
 Fig. 4. Window of example diagrams of internal forces (left - the tangent force, right - bend moments)



Rys. 5. Okno edukacyjne (nauki budowania równań równowagi)
 Fig. 5. Educational window (learning of equilibrium equations building)

Kolejne składniki równania wprowadza się korzystając z gotowych modułów (rys. 6), które można dowolnie komponować.



Rys. 6. Okno wprowadzania składników równań równowagi

Fig. 6. Window of initiation of equilibrium equations components

W przypadku ułożenia nieprawidłowego równania istnieje możliwość jego modyfikacji (za pomocą analogicznego do przedstawionego na rys. 6 okna edycji równania). Użytkownik może również korzystać z *Pomocy* dostępnej w głównym menu i standardowo pod klawiszem *F1*. *Pomoc* zawiera informacje dotyczące obsługi systemu, a także skrótowy opis procedury rozwiązywania belek.

Podsumowanie

- Zbudowany system jest programem edukacyjnym i może służyć jako pomoc dydaktyczna dla studentów w zakresie przedmiotów *Mechanika* i *Wytrzymałość materiałów* dla kierunku studiów *Technika Rolnicza i Leśna*.
- Oprogramowanie pozornie nieskomplikowanej procedury obliczania belek ukierunkowane na dydaktykę okazało się zadaniem wymagającym poszerzonej analizy możliwych zachowań użytkownika nie posiadającego doświadczenia w zakresie merytorycznym oraz wprawy w obsłudze danego programu.
- Wartość dydaktyczną programu została wyraźnie podniesiona poprzez interaktywną graficzną ilustrację działań obliczeniowych programu.
- Wielokrotne testy systemu, wykazały jego niezawodność na różnych platformach systemu *Windows* oraz potwierdziły poprawność procedury obliczeniowej belek.
- Opracowana struktura systemu daje administratorowi możliwość rozbudowy programu m.in. o dodatkowe obciążenia belki.

Bibliografia

Hollingworth J., Butterfield D., Swart B., Allosop J. 2001. *C++ Builder*, Helion, Gliwice

Reisdorph K., Henderson K. 1998. *C++ Builder*, Helion, Gliwice.

Zielnica J. 1998. *Wytrzymałość materiałów*, WPP, Poznań.

AID SYSTEM OF BEAMS SOLUTION FOR VARIANT STATIC LOADS

Summary

Beside the existing professional engineering computer systems for help the projection process exists the demand on software at educational character in range the static calculations of rods and beams. Present work, at least partly, it tries this gap to fill. Introduced programme calculates reaction in supports, normal and contiguous forces, and bend moments together with their graphs.

Key words: bend of beams, internal forces