

PRZYKŁADY ROZWIĄZYWANIA ZADAŃ Z MECHANIKI KONSTRUKCJI ZA POMOCĄ SYSTEMU **ALGOR[®]**

Ewa Błazik-Borowa, Jerzy Podgórski, Paweł Sulik

SPIS TREŚCI

1. Wstęp	5
2. Zadanie 1 - Statyka kratownicy przestrzennej	11
3. Zadanie 2 - Statyka ramy trójwymiarowej	75
4. Zadanie 3 - Analiza statyczna zbiornika na ciecz	129
5. Zadanie 4 - Stateczność i dynamika konstrukcji płytowo-słupowej	175
Zadanie 4s - Stateczność konstrukcji	176
Zadanie 4d - Wyznaczenie postaci i częstości drgań własnych ..	205
Zadanie 4i - Wyznaczenie amplitud drgań wymuszonych impulsem siły	216
Zadanie 4w - Wyznaczenie amplitud drgań wymuszonych siłą zmienną sinusoidalnie	231
6. Literatura uzupełniająca	241
7. Dodatek 1 - Spis modułów systemu ALGOR	243
8. Dodatek 2 - Słowniczek najważniejszych słów występujących w opisach komend ALGORA	247

WSTĘP

Metoda elementów skończonych (MES) jest powszechnie stosowaną metodą analizy konstrukcji. Pozwala skutecznie rozwiązywać problemy statyki i dynamiki ciała stałego zarówno w zakresie liniowym jak i nieliniowym. Pakiety programów opartych na MES są dziś narzędziem pracy konstruktora niemal równie często stosowanym jak oprogramowanie wspomagające projektowanie (CAD). Moduły MES są coraz częściej zawarte w większych pakietach CAD. Skomplikowana z natury struktura tych programów zniechęca do ich samodzielnego poznawania. Podręcznik ten ma pomóc w poznaniu jednego z najbardziej popularnych pakietów MES jakim jest **ALGOR**, system którego rozwojem i dystrybucją zajmuje się amerykańska firma ALGOR Inc. z Pittsburgha. Oprogramowanie to jest używane w Politechnice Lubelskiej od 1994 r. w ramach przedmiotu Metoda Elementów Skończonych.

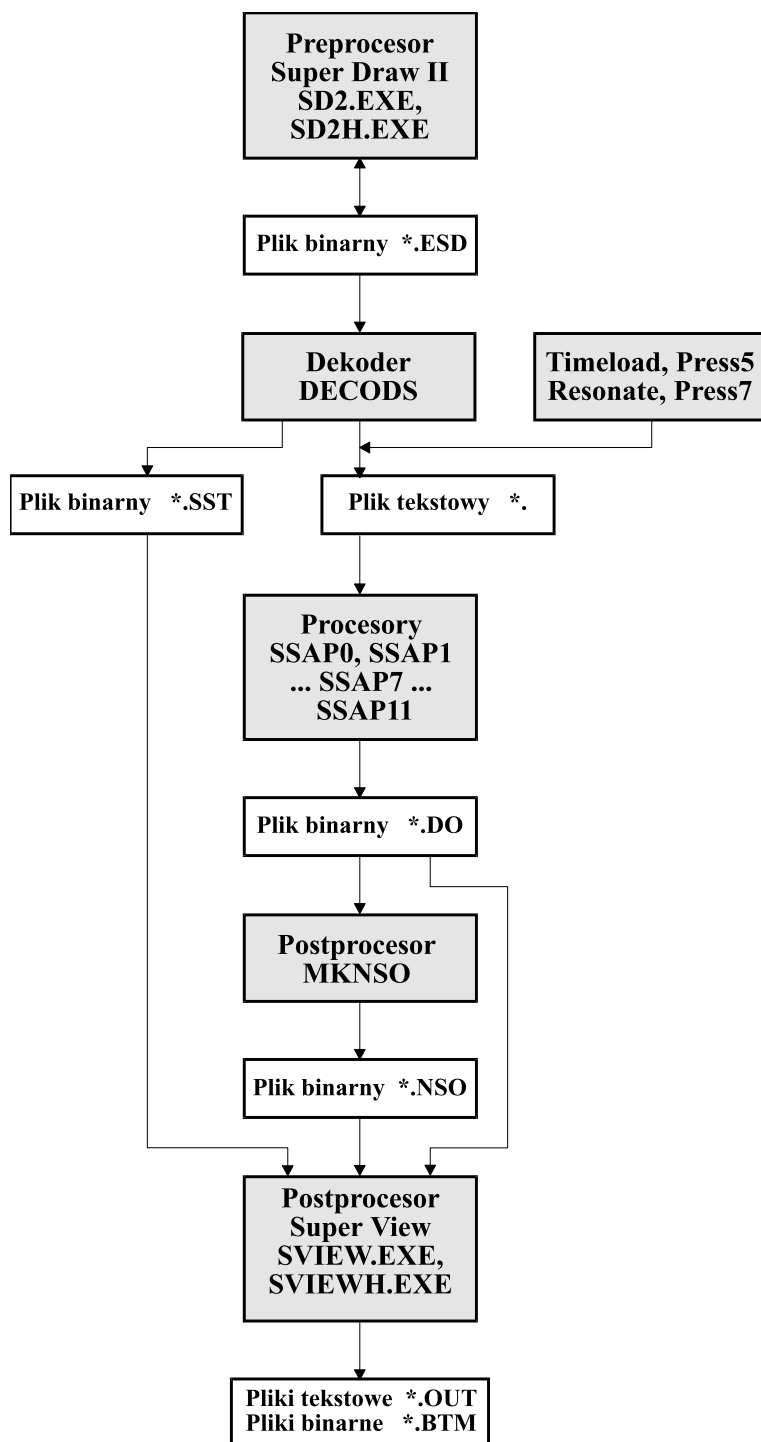
Książka pomyślana została jako cykl zadań, które wykonywane kolejno, wprowadzają użytkownika w tajniki wykorzystania kolejnych modułów systemu **ALGOR**. Sposób opisu wykonania zadania („prowadzenie za rękę” użytkownika przez podanie sekwencji klawiszy, które należy nacisnąć lub kliknąć myszką) pozwala rozpocząć ich wykonanie natychmiast bez wcześniejszych ćwiczeń i doświadczenia w użytkowaniu systemu.

Pisząc ten podręcznik zakładaliśmy, że czytelnik zna podstawy teoretyczne MES np. pojęcie elementu, węzła, warunku brzegowego. Spis pozycji literatury, która zawiera potrzebne informacje znajduje się na końcu książki. Na szczególną uwagę zasługuje książka C.C.Spyrakosa [5] (polecana przez firmę ALGOR Inc.), gdyż oprócz wiadomości teoretycznych z mechaniki i MES zawiera przykłady zadań rozwiązanych przy użyciu systemu **ALGOR**.

W momencie rozpoczynania pracy nad książką zdecydowaliśmy się na używanie w opisie starszej DOS-owej wersji programu. W obecnej chwili dostępne są wersje działające pod kontrolą Windows 95 (98) lub

Windows NT, które po początkowych trudnościach wynikających z drobnych błędów pozwalają (w wersji z roku 1998) wykorzystać w pełni możliwości nowych procesorów komputerów PC oraz 32 bitowego systemu operacyjnego. Sposób obsługi najistotniejszych modułów systemu na szczęście niewiele się różni dla obu wersji systemu (DOS i Windows). Różnice dotyczą programu sterującego uruchomieniem kolejnych modułów, którym w wersji DOS jest **MENUS** (lub stara wersja **Roadmaps**), a w wersji Windows - nowa wersja **Roadmaps** działająca jako applet Javy. Uruchomienie i wykorzystanie tych programów nie powinno sprawić trudności, tak więc posługiwanie się systemem w obu wersjach nie jest z pewnością kłopotliwe. Możliwe jest też niezależne uruchomienie poszczególnych modułów systemu przez wybranie nazwy pliku w linii komend (np. **SuperDraw** - **SD2.EXE**). **ALGOR**, jak większość programów MES, zbudowany jest z szeregu niezależnych modułów komunikujących się przy pomocy plików, których większość jest plikami binarnymi. Sekwencja wywoływania najważniejszych modułów systemu oraz plików przez nie tworzonych przedstawiona jest na Rys.1.1.

Moduły systemów MES podzielić można ze względu na funkcje na trzy grupy: preprocesory, procesory i postprocesory. Preprocesory, to programy pozwalające przygotować dane, tzn. określić współrzędne węzłów, zdefiniować elementy modelu, obciążenie i warunki brzegowe. W systemie **ALGOR** rolę preprocesorów pełnią programy **SuperDraw** (**SD2H.EXE** lub **SD2.EXE** pod Windows), dekodery (**DECODS.EXE**), **Beam Design Editor** (**BEDITH.EXE** lub **BEDIT.EXE** pod Windows), **Timeload**, **Resonate**, **Press5**, **Press7** i inne. Kluczowym modułem jest **SuperDraw**, który jest programem graficznym pozwalającym narysować siatkę elementów. Jest on niezbędny dla wszystkich modeli MES, które analizować można za pomocą systemu **ALGOR**. Dane geometryczne określone w **SuperDraw** (lub wygenerowane programami pomocniczymi np. **Hexagen**, **Supergen**, **Merlin**, itp.) wymagają dodatkowego określenia rodzaju elementów, materiału lokalnych układów współrzędnych i rodzaju analizy. Te dodatkowe dane wprowadzamy przy użyciu modułu **Decods** oraz dla zagadnień dynamicznych za pomocą programów: **Timeload**, **Resonate**, **Press5** i **Press7**. Preprocesory **ALGORa** tworzą binarne oraz tekstowe pliki danych (por. Rys.1.1), z których najistotniejsze dla dalszego działania są pliki tekstowe (nazwy tych plików nie zawierają rozszerzenia), które są plikami danych dla procesorów, oraz pliki binarne (nazwy tych plików mają rozszerzenia **.SST** dla zadań liniowych lub **.SNT** dla zadań nieliniowych), które są niezbędne dla postprocesorów.



Rys.1.1.

Procesory to moduły, które zajmują się tworzeniem i rozwiązaniem układu równań MES. **ALGOR** używa dwóch rodzajów procesorów. Moduły o nazwach **SsapX**, gdzie **X** jest numerem z przedziału 0..11, zajmują się tworzeniem i rozwiązaniem układu równań w zadaniach liniowych. W zadaniach nieliniowych (nie omawianych w tej książce) rolę procesorów pełnią moduły: **Apak0**, **Apak1**, **Apak4**. Wykaz i opis funkcji modułów **Ssap** został zamieszczony w Dodatku nr 1. Procesory zapisują na dysku wynikowe pliki binarne zawierające przemieszczenia węzłów modelu (pliki o nazwach z rozszerzeniem **.DO**), które są niezbędne dla postprocesorów.

Postprocesory to moduły zajmujące się obróbką i przetworzeniem danych generowanych przez procesory. Najistotniejsze jest tu obliczenie sił wewnętrznych, naprężeń oraz wizualizacja wyników obliczeń. W systemie **ALGOR** naprężenia oblicza program o nazwie **MKNSO (MaKe Node Stress Output)**, a wizualizacją zajmują się programy **SuperView (SVIEWH.EXE)** moduł pracujący w środowisku DOS, **SVIEW.EXE** pod Windows).

W książce tej przedstawiamy przykłady użycia poszczególnych modułów **ALGORa** do rozwiązywania najczęściej spotykanych zadań mechaniki (statyki i dynamiki) konstrukcji. Pokazane zostały rozwiązania siedmiu zadań:

1. Obliczenie przemieszczeń węzłów i sił wewnętrznych w kratownicy przestrzennej,
2. Obliczenie przemieszczeń węzłów i sił wewnętrznych w ramie trójwymiarowej,
3. Obliczanie przemieszczeń i sił wewnętrznych w cienkiej powłoce zbiornika,
4. Wyznaczenie mnożnika siły krytycznej w konstrukcji płytowo-prętowej,
5. Obliczenie częstości i postaci drgań własnych konstrukcji płytowo-prętowej,
- 4i. Analiza drgań konstrukcji płytowo-prętowej wymuszonych impulsem siły,
- 4w. Wyznaczenie amplitud drgań konstrukcji płytowo-prętowej wymuszonych siłą sinusoidalnie zmienną,

Uważne rozwiązanie tych zadań pozwoli czytelnikom poznać technikę rozwiązywania liniowych problemów mechaniki konstrukcji za pomocą systemu **ALGOR**. Do zrozumienia zagadnień przedstawionych w zadaniach nr 4s, 4d, 4i i 4s konieczne jest wcześniejsze przestudiowanie

(oraz wykonanie) zadań nr 1, 2 i 3. Szczególnie ważne jest wykonanie zadania nr 1, w którym najbardziej szczegółowo pokazano użycie modułów **SuperDraw**, **Decods**, **SuperSap (Ssap0)** i **SuperView**.

Na końcu książki umieściliśmy słowniczek słów i pojęć występujących w opisach i menu programów co pozwoli swobodniej posługiwać się nimi osobom, które nie znają znaczenia specjalistycznych pojęć.

Lublin, listopad 1998.

Autorzy