

Wykład dla doktorantów (15x2 godz.)

Metody komputerowe w dynamice konstrukcji

Czesław Bajer

Obecny poziom rozwoju technik obliczeniowych i symulacyjnych zdecydowanie zmienił proporcje między własnym twórczym wkładem w proces obliczeniowy, prowadzony według przemyślanego planu, opracowanego algorytmu, napisanego według własnej wiedzy matematycznej programu komputerowego, a wykorzystaniem skatalogowanych w pakietach komputerowych, zalgorytmizowanych rozwiązań, o których zwykle niewiele wiemy. W pierwszym przypadku musimy dysponować odpowiednią wiedzą specjalistyczną, zwłaszcza matematyczną, umiejętnością stosowania metod komputerowych, programowania i interpretacji wyników. W drugim - musimy zdać się na dostępne, często nie w pełni odpowiadające naszym potrzebom komercyjne pakiety obliczeniowe. W obu przypadkach potrzebujemy wiedzy o metodach obliczeniowych, o najlepszych w danym przypadku modelach matematycznych i numerycznych, ich własnościach i osobliwościach.

Wykład przeznaczony dla doktorantów kierunków mechanicznych i budowlanych, obejmuje podstawowe metody modelowania zjawisk dynamicznych w konstrukcjach inżynierskich technikami komputerowymi. Omawiane są zarówno problemy drgań konstrukcji jak i zadania falowe. W praktyce inżynierskiej odnosi się to do drgań maszyn i urządzeń, drgań wywołanych obciążeniem ruchomym (np. pojazdami), analizy zderzeń, plastycznego kształtowania materiału, zjawisk kontaktu ciał z tarciami, itp. Bezpośrednie użycie gotowych programów symulacyjnych może w wielu wypadkach dawać wyniki bądź obarczone błędami, bądź całkowicie przypadkowe. Ewolucyjny charakter problemów początkowo-brzegowych nie pozwala na łatwą ocenę wyników i wyłapanie lokalnych niestabilności.

Celem wykładu jest zaznajomienie słuchaczy z matematycznymi podstawami obliczeń numerycznych w zakresie drgań konstrukcji. Omawiane będą zagadnienia opisane równaniami typu hiperbolicznego i hiperboliczno-parabolicznego. Wykorzystanie metod energetycznych prowadzi do równań różniczkowych o stałych lub zmiennych współczynnikach. Wymagana jest tu wypukłość funkcjonału energii. Z kolei w przypadku równań nieliniowych, opisujących np. zadania kontaktowe, brak jest dowodu jednoznaczności rozwiązania. Przedstawione zostaną założenia dodatkowe, pozwalające na rozwiązanie tego typu zadań. Omówione będą klasyczne metody całkowania równań różniczkowych ruchu oraz wybrane metody nieklasyczne, które mimo swoich zalet nie są popularne. Po wysłuchaniu wykładu słuchacz powinien umieć poprawnie zbudować model fizyczny i numeryczny, wybrać właściwą i skuteczną metodę obliczeniową oraz potrafić ocenić i zinterpretować wyniki.

Słuchacze wybierający niniejszy kurs powinni mieć podstawową wiedzę z zakresu algebry liniowej, metody elementów skończonych, mechaniki i wytrzymałości materiałów oraz elementarną umiejętność programowania.

Plan wykładu

1. Modelowanie w mechanice konstrukcji. Charakterystyka metod obliczeniowych statyki i dynamiki. Metody różnicowe i całkowe.
2. Jakość i wiarygodność obliczeń komputerowych. Błędy modelu fizycznego, modelowania matematycznego i numerycznego. Przykłady. Sposoby poprawy modeli obliczeniowych.
3. Uwarunkowanie układów równań algebraicznych. Poprawa uwarunkowania. Podział na podukłady. Kondensacja statyczna i dynamiczna.
4. Analiza modalna. Wektory Ritza.
5. Zadania dynamiki jako ciąg zadań statycznych.
6. Przykładowe metody całkowania układów równań różniczkowych: metoda Eulera, Rungego-Kutty itd. Zastosowania.
7. Jawne i niejawne metody całkowania równań ruchu: metoda różnic centralnych, Newmarka, Newmarka-Bossaka, Houbolta, Wilsona, Hughesa-Taylor, Trujillo.
8. Analiza stabilności i dokładności wybranych metod.
9. Metody Adamsa, Parka-Housnera, inne tradycyjne metody i ich cechy.
10. Uwzględnianie tłumienia w bezpośrednim rozwiązywaniu równań różniczkowych ruchu. Tłumienie drgań: wewnętrzne, zewnętrzne, Rayleigha, numeryczne, wnoszone przez metodę obliczeniową.
11. Macierze bezwładności. Granulacja mas. Wpływ modelowania na wyniki.
12. Uwzględnianie warunków brzegowych.
13. Metoda czasoprzestrzennych elementów skończonych. Stosowanie w zadaniach opisanych równaniami o zmiennych współczynnikach.
14. Adaptacja siatki a drgania konstrukcji. Łączenie różnych metod obliczeniowych.
15. Przegląd możliwości komercyjnych pakietów komputerowych.