



KARTA OPISU PRZEDMIOTU - SYLABUS

Nazwa przedmiotu

Projektowanie dynamiki i trwałości części maszyn [S1MiBM2>PDTCM]

Przedmiot

Kierunek studiów

Mechanika i budowa maszyn

Rok/Semestr

4/7

Studia w zakresie (specjalność)

–

Profil studiów

ogólnoakademicki

Poziom studiów

pierwszego stopnia

Język oferowanego przedmiotu

polski

Forma studiów

stacjonarne

Wymagalność

obieralny

Liczba godzin

Wykład

15

Laboratorium

30

Inne

0

Ćwiczenia

0

Projekty/seminaria

0

Liczba punktów ECTS

4,00

Koordynatorzy

dr inż. Mikołaj Spadło

mikolaj.spadlo@put.poznan.pl

Wykładowcy

Wymagania wstępne

WIEDZA: Zna podstawy konstrukcji maszyn, zna metody komputerowego wspomaganie projektowania, zna podstawy wytrzymałości materiałów i metaloznastwa, zna podstawy mechaniki konstrukcji (statyka, stateczność i dynamika). UMIEJĘTNOŚCI: Potrafi posługiwać się oprogramowaniem typu CAD w zakresie generowania modeli wirtualnych części oraz złożeń. Potrafi budować proste modele obliczeniowe MES, w tym: potrafi uruchomić solver obliczeniowy i wygenerować wyniki w postaci map naprężeń.

KOMPETENCJE SPOŁECZNE: Zdolność do samodzielnego formułowania problemów analizy mechanicznej konstrukcji i rozstrzygania dylematów z tym związanych. Zdolność do poprawnego zaplanowania i terminowego wykonywania działań przy realizacji przedsięwzięć obliczeniowych. Ponadto rozumie potrzebę i zna możliwości ciągłego doskonalenia się.

Cel przedmiotu

Przekazanie studentom wiedzy z zakresu wykorzystania nowoczesnych systemów CAE do symulowania odpowiedzi dynamicznej struktur nośnych maszyn i urządzeń poddawanych działaniu sił zmiennych w czasie, a także przetwarzania wyników symulacji dla celów szacowania trwałości zmęczeniowej.

Przedmiotowe efekty uczenia się

Wiedza:

1. Zna podstawy teoretyczne z zakresu metod obliczeniowych, stosowanych do oceny zachowań dynamicznych części maszyn i urządzeń. [K_W06]
2. Zna podstawy teoretyczne z zakresu metod analizy zmęczeniowej. [K_W04]

Umiejętności:

1. Zna interfejs oprogramowania NX Siemens i potrafi je wykorzystać do opracowywania modeli wirtualnych części maszyn i urządzeń. [K_U16]
2. Umie wykorzystać metodę elementów skończonych do projektowania wytrzymałości doraźnej i zmęczeniowej części maszyn i urządzeń. [K_U16]
3. Potrafi zrealizować symulacje w zakresie dynamicznym, w tym generować odpowiedź struktury mechanicznej dla zmiennych w czasie obciążeń, a także przygotować wizualizację z efektów symulacji. [K_U16]
4. Umie określić warunki brzegowe i początkowe oraz zdefiniować obciążenia, przy realizacji analiz z zastosowaniem komputerowych metod obliczeniowych. [K_U16]
5. Umie przeprowadzić analizę inżynierską i właściwie zinterpretować wyniki symulacji komputerowych. [K_U12]
6. Potrafi dobrać metody analizy zmęczeniowej i przeprowadzić wnioskowanie w kierunku ustalenia odporności struktur nośnych na działanie obciążeń zmiennych w czasie. [K_U12]

Kompetencje społeczne:

1. Ma świadomość znaczenia stosowania metod komputerowych dla optymalizacji procesów projektowania maszyn i urządzeń. [K_K02]
2. Rozumie potrzebę ciągłej aktualizacji wiedzy z zakresu oprogramowania wspomagającego procesy projektowania. [K_K01]

Metody weryfikacji efektów uczenia się i kryteria oceny

Efekty uczenia się przedstawione wyżej weryfikowane są w następujący sposób:

Wykład: Egzamin pisemny weryfikujący znajomość metod analizy zmęczeniowej oraz procedur realizacji analiz dynamicznych przy użyciu MES.

Laboratorium: Bieżąca ocena postępów prac po każdej zakończonej jednostce na podstawie sprawozdań oraz zaliczenie obejmujące przeprowadzenie symulacji i obliczeń zmęczeniowych dla wybranego przypadku.

Treści programowe

Wykłady:

Wykład 1 - Rola analiz zmęczeniowych w kształtowaniu nośności konstrukcji

Omówienie roli i znaczenia analiz zmęczeniowych w ocenie wytrzymałości części maszyn i urządzeń. Także omówienie roli analiz dynamicznych w procesie generowania informacji niezbędnych do przeprowadzenia szacowania trwałości zmęczeniowej.

Wykład 2 - Analizy w zakresie dynamicznym - modelowanie obciążeń (wymuszenia kinematyczne i siłowe)

Omówienie podstawowych pojęć dotyczących analizy i systematyzowania obciążeń zmiennych w czasie oraz ich definiowania dla potrzeb wykonywania badań dynamicznych z użyciem MES. Zapoznanie z podstawowymi pojęciami m.in.: obciążenie zdeterminowane i stochastyczne, stacjonarność i charakterystyki widmowe.

Wykład 3 - Symulacyjne dynamiczne we współczesnym systemie komputerowym - cz. 1

Omówienie procedur realizacji komputerowej analizy dynamicznej, metodą "krok po kroku" na wybranym przykładzie w systemie NX Siemens. Zapoznanie z podstawowymi technikami definiowania warunków brzegowych, budowy modelu obliczeniowego i generowania wyników.

Wykład 4 - Metody definiowania tłumienia w symulacjach odpowiedzi dynamicznej.

Omówienie problematyki definiowania tłumienia w symulacjach odpowiedzi dynamicznej. Zapoznanie z podstawowymi pojęciami, w tym z tłumieniem wiskotycznym, histerezyowym oraz z metodą Rayleigha. Zapoznanie z analizą modalną, jako narzędziem do ustalania rzeczywistych współczynników tłumienia.

Wykład 5 - Symulacje dynamiczne we współczesnym systemie komputerowym - cz. 2

Omówienie sposobów przetwarzania wyników z analiz dynamicznych i ich roli w szacowaniu trwałości zmęczeniowej.

Wykład 6 - Analiza zmęczeniowa - podstawowe pojęcia

Omówienie zjawiska zmęczenia metali. Zapoznanie z podstawowymi hasłami i pojęciami, w tym m.in.: rodzaje naprężeń i odkształceń, zmęczeniowe charakterystyki materiałowe, elementy mechaniki pękania, źródła intensyfikacji procesu zużycia (karb, temperatura, częstotliwość obciążeń itp.)

Wykład 7 - Metody analizy zmęczeniowej

Omówienie nowoczesnych metod analizy zmęczeniowej, w tym: metody schematyzacji naprężeń losowych (metoda Rainflow), hipotez kumulacji uszkodzeń, metod ujmowania wpływu naprężeń średnich, liczby cykli i wielowymiarowości tensora naprężeń. Przeprowadzenie dyskusji nad źródłem i skalą błędów w procesie szacowania trwałości. Przedstawienie procedury ustalania trwałości zmęczeniowej.

Laboratoria:

Laboratorium 1 - Interfejs oprogramowania NX Siemens.

Zapoznanie z interfejsem oprogramowania NX Siemens i sposobami jego obsługi. Omówienie podstawowych funkcji programu, w tym tworzenie szkiców i nadawanie wiązań. Opracowanie prostych geometrii, przez wyciągnięcie, obrót oraz generowanie powierzchni z układu linii. Obsługa komunikatów programu i zdobycie podstawowych umiejętności ich właściwej interpretacji.

Laboratorium 2 - Modelowanie w NX Siemens.

Pogłębienie wiedzy i rozwinięcie umiejętności z zakresu użytkowania programu. Opracowanie geometrii trójwymiarowej ramy nośnej dla pojazdu samochodowego typu buggy według własnego pomysłu studenta. Omówienie opcji modelowania "synchronicznego" jako wydajnej metody przyspieszenia wytwarzania modelu bryłowego. Omówienie modułu to tworzenia złożeń.

Laboratorium 3 - Budowa modelu wirtualnego pojazdu samochodowego.

Kontynuacja prac nad opracowaniem trójwymiarowej ramy nośnej pojazdu samochodowego.

Implementacja łączników śrubowych, połączeń sworzniowych i sprzężeń kontaktowych.

Uszczegółowienie postaci konstrukcyjnej ramy, a także opracowanie prostego modelu zawieszenia.

Laboratorium 4 - Przygotowanie modelu geometrycznego do obliczeń komputerowych.

Przygotowanie modelu wirtualnego do nakładania siatek elementów skończonych przez usuwanie nieistotnych i małoistotnych cech modelu. Upraszczanie geometrii: usuwanie zaokrągleń, wcięć, redefinicja i zszywanie powierzchni, cięcie i dzielenie powierzchni oraz przetwarzanie modelu bryłowego na powierzchniowy.

Laboratorium 5 - Generowanie modelu obliczeniowego do obliczeń strukturalnych.

Omówienie rodzajów siatek elementów skończonych i ich generowanie z użyciem opcji automatycznego nakładania. Ocena elementów skończonych, w tym zapoznanie z podstawowymi parametrami determinującymi ich jakość oraz omówienie wpływu niedoskonałości siatek na wyniki obliczeń.

Omówienie sposobów naprawy siatek elementów skończonych.

Laboratorium 6 - Warunki brzegowe symulacji wytrzymałościowych

Omówienie rodzajów warunków brzegowych, w tym odbieranie stopni swobody i zadawanie wymuszeń.

Realizacja pierwszych symulacji komputerowych w zakresie statycznym. Omówienie skutków niewłaściwego podpierania modeli, a także błędów w implementacji obciążeń siłowych i kinematycznych.

Omówienie rodzajów "solverów" obliczeniowych oraz obsługi postprocesora oprogramowania. Generowanie wyników w postaci map naprężeń, pól przemieszczeń i odczytywanie reakcji w podporach.

Laboratorium 7 - Symulacje komputerowe w zakresie statycznym

Przeprowadzenie symulacji komputerowych w zakresie statycznym dla najgorszego przypadku obciążeniowego. Ocena wpływu zmiany sposobu podparcia modelu na wyniki. Prawidłowa interpretacja rezultatów, wyszukiwanie miejsc „numerycznych” koncentracji naprężeń (błąd metody) konfrontowanie map naprężeń z naprężeniami dopuszczalnymi oraz wstępne udoskonalenie konstrukcji ramy pojazdu.

Laboratorium 8 - Ocena wytrzymałości spoin metodą Hot Spot

Omówienie założeń metody. Przetwarzanie modelu obliczeniowego w celu umożliwienia odczytywania naprężeń reprezentatywnych. Budowa „kalkulatora” do ekstrapolowania naprężeń w spoinach.

Omówienie metod interpretacji naprężeń w spoinach.

Laboratorium 9 - Przygotowanie do obliczeń dynamiki strukturalnej pojazdu cz. 1

Omówienie solverów obliczeniowych do realizacji obliczeń metodą superpozycji modalnej oraz metodą bezpośredniego całkowania. Generowanie charakterystyk modalnych struktury, omówienie modeli tłumienia (w tym modelu Rayleigha oraz tłumienia histerezy i wiskotycznego). Interpretacja wyników obliczeń numerycznych, w tym postaci i częstotliwości drgań własnych.

Laboratorium 10 - Przygotowanie do obliczeń dynamiki strukturalnej pojazdu cz. 2

Generowanie wymuszeń kinematycznych i siłowych, jako funkcji harmonicznym, poliharmonicznym i losowym. Ocena stacjonarności przebiegów obciążeń i omówienie podstawowych funkcji opisujących proces losowy, istotnych z punktu widzenia poprawnego przygotowania widma wymuszeń.

Implementacja przebiegów czasowych w oprogramowaniu do wybranych węzłów obliczeniowych.

Laboratorium 11 - Przetwarzanie wyników symulacji dynamiki
Generowanie zmiennych w czasie pól naprężeń. Wizualizacja zachowań struktury. Przetwarzanie przebiegów naprężeń z użyciem metody Rainflow oraz hipotezy kumulacji uszkodzeń Palmgrena-Minera. Generowanie podstawowej macierzy Rainflow i wyznaczanie współczynnika uszkodzeń z użyciem arkusza kalkulacyjnego.

Laboratorium 12 - Szacowanie trwałości zmęczeniowej wybranych węzłów konstrukcyjnych, cz. 1
Przeprowadzenie analiz zmęczeniowych z wykorzystaniem przetworzonych przebiegów naprężeń i podstawowych charakterystyk zmęczeniowych, takich jak wykres Wholera. W tym dalsze przetwarzanie przebiegów z użyciem wybranej metody wpływu naprężeń średnich na wytrzymałość zmęczeniową oraz implementacja hipotezy kumulacji uszkodzeń P-M.

Laboratorium 13 - Szacowanie trwałości zmęczeniowej wybranych węzłów konstrukcyjnych, cz. 2
Przeprowadzenie analiz zmęczeniowych z wykorzystaniem przetworzonych przebiegów naprężeń i dwuparametrycznych charakterystyk zmęczeniowych, takich jak płaszczyzna zmęczeniowa. Wyznaczenie źródeł rozbieżności i ilościowe oszacowanie błędów wnioskowania.

Laboratorium 14 - Upgrad'e konstrukcji. Wprowadzenie zmian konstrukcyjnych zwiększających nośność zmęczeniową i powtórna realizacja obliczeń. Ugruntowanie wiedzy i dyskusja nad wpływem zaimplementowanych rozwiązań konstrukcyjnych na trwałość.

Laboratorium 15 - ZALICZENIE: Samodzielna praca studenta obejmująca oszacowanie wytrzymałości zmęczeniowej dla wybranego przez prowadzącego fragmentu maszyny roboczej.

Tematyka zajęć

brak

Metody dydaktyczne

1. Wykład z prezentacją multimedialną
2. Laboratoria - własna praca projektowo - analityczna z zastosowaniem oprogramowania NX Siemens

Literatura

Podstawowa:

Wykład:

1. Reiner Anderl, Peter Binde Simulations with NX, Hanser Publications, 2018
2. Łodygowski T., Kąkol W., Metoda elementów skończonych w wybranych zagadnieniach mechaniki konstrukcji inżynierskich, Poznań, WPP 1994
3. Kocańda S., Szala J.: Podstawy obliczeń zmęczeniowych. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa, 1997.
4. Bendat J.S., Piersol A.G.: Random Data: Analysis and Measurement Procedures, 4th Edition 2010
5. User manual oprogramowania NX Siemens w wersji 2020 (dostępny po zainstalowaniu systemu)

Uzupełniająca:

1. Kleiber M., Wprowadzenie do metody elementów skończonych, Poznań, WPP 1984
2. Kleiber M., Numeryczna analiza statycznych i dynamicznych zagadnień stateczności konstrukcji, Poznań, WPP 1987

Bilans nakładu pracy przeciętnego studenta

| | Godzin | ECTS |
|--|--------|------|
| Łączny nakład pracy | 100 | 4,00 |
| Zajęcia wymagające bezpośredniego kontaktu z nauczycielem | 45 | 2,00 |
| Praca własna studenta (studia literaturowe, przygotowanie do zajęć laboratoryjnych/ćwiczeń, przygotowanie do kolokwium/egzaminu, wykonanie projektu) | 55 | 2,00 |