



## KARTA OPISU PRZEDMIOTU - SYLABUS

Nazwa przedmiotu

Analizy numeryczne [S2Bud1E-KB>AN]

### Przedmiot

Kierunek studiów

Budownictwo/Civil Engineering

Rok/Semestr

1/2

Studia w zakresie (specjalność)

Konstrukcje budowlane

Profil studiów

ogólnoakademicki

Poziom studiów

drugiego stopnia

Język oferowanego przedmiotu

angielski

Forma studiów

stacjonarne

Wymagalność

obligatoryjny

### Liczba godzin

Wykład

30

Laboratorium

30

Inne (np. online)

0

Ćwiczenia

0

Projekty/seminaria

0

### Liczba punktów ECTS

4,00

### Koordynatorzy

dr hab. inż. Tomasz Jankowiak prof. PP  
tomasz.jankowiak@put.poznan.pl

### Wykładowcy

### Wymagania wstępne

brak

### Cel przedmiotu

Przekazanie studentom podstawowej wiedzy na temat modelowania materiałów budowlanych stosowaną w nowoczesnych konstrukcjach, które są stosowane w programach służących do analizy konstrukcji. Przedstawienie metod za pomocą, których łączy się elementy nowoczesnych konstrukcji budowlanych. Przedstawienie metod komputerowych stosowanych w zagadnieniach sprzężonych mechaniki ze szczególnym uwzględnieniem pola temperatur. Wykształcenie osobistej odpowiedzialności projektanta za wyniki analiz komputerowych - krytycznej oceny jakości tych wyników. Zdobycie wiedzy i umiejętności związanych ze stosowaniem zaawansowanych metod numerycznych do rozwiązywania złożonych zadań inżynierskich wspomagających proces projektowania w budownictwie

### Przedmiotowe efekty uczenia się

Wiedza:

1. ma rozszerzoną i pogłębioną wiedzę w zakresie matematyki, fizyki i chemii, tworzącą podstawy teoretyczne przydatne do formułowania i rozwiązywania zadań związanych z budownictwem

2. zna kluczowe zagadnienia mechaniki ośrodków ciągłych; zna zasady analizy zagadnień statyki, stateczności i dynamiki
3. ma zaawansowaną wiedzę szczegółową na temat zagadnień wytrzymałości materiałów, modelowania materiałów i konstrukcji; ma wiedzę na temat podstaw teoretycznych Metody Elementów Skończonych oraz ogólnych zasad prowadzenia nieliniowych obliczeń konstrukcji inżynierskich
4. zna w pogłębionym stopniu aktualnie stosowane materiały i wyroby budowlane, ich właściwości i metody badań, a także technologie ich wytwarzania i montażu
5. ma pogłębioną wiedzę na temat algorytmów działania wybranych programów komputerowych wspomagających analizę i projektowanie obiektów budowlanych oraz przydatnych do planowania i zarządzania przedsięwzięciami budowlanymi, w tym technologii BIM (Building Information Modeling)
6. ma zaawansowaną wiedzę szczegółową na temat podstaw teoretycznych analizy i optymalizacji konstrukcji oraz projektowania wybranych obiektów budowlanych

#### Umiejętności:

1. potrafi wykonać klasyczną analizę statyczną, dynamiczną i analizę stateczności ustrojów prętowych (kratownic, ram i cięgien) statycznie wyznaczalnych i niewyznaczalnych oraz konstrukcji powierzchniowych (tarcz, płyt, membran i powłok)
2. korzysta z zaawansowanych narzędzi specjalistycznych w celu wyszukania użytecznych informacji, komunikacji oraz pozyskiwania oprogramowania wspomagającego pracę projektanta i organizatora procesów budowlanych
3. potrafi poprawnie zdefiniować komputerowy model obliczeniowy i przeprowadzić zaawansowaną analizę w zakresie liniowym złożonych obiektów budowlanych, ich elementów i połączeń oraz stosować podstawowe techniki obliczeń nieliniowych wraz z krytyczną oceną wyników analizy numerycznej 4. potrafi stosując właściwe metody i narzędzia zaplanować i przeprowadzić eksperymenty laboratoryjne prowadzące do oceny jakości stosowanych materiałów oraz oceny wytrzymałości elementów wybranych obiektów budowlanych
4. wykorzystując posiadaną wiedzę potrafi wybrać właściwe metody i narzędzia (analityczne, numeryczne, symulacyjne, eksperymentalne) do rozwiązywania problemów technicznych
5. umie, zgodnie z zasadami naukowymi, wykorzystując warsztat naukowy formułować i testować hipotezy związane z prostymi problemami badawczymi, prowadzące do rozwiązania problemów inżynierskich, technologicznych i organizacyjnych pojawiających się w budownictwie; potrafi sporządzić opracowania przygotowujące go do podjęcia pracy naukowej

#### Kompetencje społeczne:

1. jest odpowiedzialny za rzetelność uzyskanych wyników swoich prac oraz prac podległego mu zespołu
2. jest odpowiedzialny za bezpieczeństwo pracy własnej i zespołu
3. ma świadomość konieczności podnoszenia kompetencji zawodowych i osobistych, jest gotów do krytycznej oceny posiadanej wiedzy i odbieranych treści
4. ma świadomość potrzeby dbałości o zdrowie własne i sprawność fizyczną

### Metody weryfikacji efektów uczenia się i kryteria oceny

Efekty uczenia się przedstawione wyżej weryfikowane są w następujący sposób:

Zaliczenie z wykładu odbywa się na podstawie odpowiedzi pisemnej na 4 pytania (zadania, wyprowadzenie zależności lub w formie opisu procedury) przeprowadzonej w czasie ostatniego wykładu. Próg zaliczeniowy: 50% punktów. W czasie ćwiczeń laboratoryjnych Studenci są oceniani na podstawie semestralnego projektu oraz kolokwium odbywającego się na ostatnich zajęciach w którym samodzielnie budują modele obliczeniowe oraz odczytują wymagane wyniki z wykorzystaniem programu Abaqus. Próg zaliczeniowy: 50% punktów.

### Treści programowe

Program wykładów:

Przedstawienie podstaw badań eksperymentalnych mających na celu określenie właściwości mechanicznych materiałów budowlanych (stal, inne metale, beton, szkło i inne) w złożonym stanie naprężenia, szerokim zakresie prędkości deformacji oraz temperatur.

Przedstawienie miar deformacji, prędkości deformacji oraz naprężenia stosowanych w nieliniowych związkach konstytutywnych wykorzystywanych do modelowania materiałów budowlanych.

Omówienie nieliniowych związków fizycznych, które stosuje się w modelowaniu materiałów z których składają się konstrukcje budowlane: plastyczność, plastyczność zależna od prędkości deformacji z

uwzględnieniem efektów termicznych w 3D, uszkodzenie oraz zniszczenie materiałów, materiały hipersprężyste

Wprowadzenie do nieliniowej termomechaniki (liniowa termomechanika, ustalony i nieustalony przepływ ciepła).

Przegląd sposobów analizy procesów termomechanicznych za pomocą metody elementów skończonych: problemy sekwencyjne i sprzężone.

Modelowanie interakcji oraz połączeń elementów konstrukcji budowlanych (kontakt, śruby, spawy)

Przegląd pozostałych metod komputerowych w mechanice konstrukcji: SPH (Smoothed Particle Hydrodynamics), Multimaterial Finite Element Method, XFEM, MED (Metoda Elementów Dyskretnych) i inne.

Podsumowanie wykładów

Zaliczenie

Program laboratoriów:

Obliczenia dynamiczne wspornika obciążonego siłą skupioną na końcu: statyka, problem drgań własnych, dynamika liniowa: w dziedzinie czasu i częstotliwości, dynamika nieliniowa. Porównanie i interpretacja wyników. (Abaqus)

Obliczenia dynamiczne z zastosowaniem jawnej metody całkowania interakcji pocisku oraz dwóch prętów. Analiza zjawisk falowych, które zachodzą w układzie.

Porównanie z rozwiązaniami analitycznymi (Abaqus, Scilab) Analiza numeryczna dotycząca powierzchni plastyczności HMH w płaskim stanie naprężenia dla różnych proporcji naprężeń Sigma 11 i Sigma 22 dla zadanego materiału o właściwościach sprężysto plastycznych.

Porównanie wyników symulacji z rozwiązaniem analitycznym (Scilab, Abaqus) Analiza rozciąganej próbki z materiałem sprężysto-plastycznym.

Porównanie wyników: naprężeń, odkształceń globalnych i lokalnych z danymi wejściowymi. Analiza wyników i ich interpretacja (Abaqus)

Analiza rozciąganej próbki z materiałem hyper-sprężystym (krzywa z zadania 4) - obciążenie i odciążenie.

Analiza wyników i ich interpretacja (Abaqus)

Obliczenia naprężeń oraz deformacji stalowej ramy podczas pożaru: analiza sekwencyjna i sprzężona (termiczno-przemieszczeniowa).

Analiza zastosowanych elementów skończonych, właściwości materiału zależnych od temperatury (model sprężysto-plastyczny), obciążenia termiczne oraz mechaniczne (Abaqus)

Projekt indywidualny realizowany w parach, dotyczący analizowanych zagadnień oraz jego prezentacja przed całą grupą. (Abaqus)

Konsultacje i realizacja indywidualnego zadania - ZALICZENIE.

## Tematyka zajęć

brak

## Metody dydaktyczne

1. Wykład: prezentacja multimedialna, ilustrowana przykładami podawanymi na tablicy.
2. Laboratoryjne: prezentacja multimedialna, ilustrowana przykładami podawanymi na tablicy oraz wykonanie zadań podanych przez prowadzącego.

## Literatura

Podstawowa

1. O.C.Zienkiewicz, (R.Taylor), The finite element method, wyd. 1 - 6, 1972 - 2007
2. T. Belytschko, W. K. Liu, B. Moran, Nonlinear Finite Elements for Continua and Structures, John Wiley and Sons, 2000
3. T. Jankowiak, Kryteria zniszczenia betonu poddanego obciążeniom quasi-statycznym i dynamicznym, Monografia, Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej, 2011, p. 138
4. T. Jankowiak, Wykorzystanie metod eksperymentalnych i symulacji komputerowych do określania właściwości materiałów przy dużej prędkości deformacji, Monografia, Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej, 2016, p. 161

Uzupełniająca

1. T.J.R.Hughes, The finite element method. Linear static and dynamics, Prentice-Hall Eds., 1987

## Bilans nakładu pracy przeciętnego studenta

|  | Godzin | ECTS |
|--|--------|------|
| Łączny nakład pracy  | 0      | 0,00 |
| Zajęcia wymagające bezpośredniego kontaktu z nauczycielem  | 0      | 0,00 |
| Praca własna studenta (studia literaturowe, przygotowanie do zajęć laboratoryjnych/ćwiczeń, przygotowanie do kolokwίων/egzaminu, wykonanie projektu) | 0      | 0,00 |