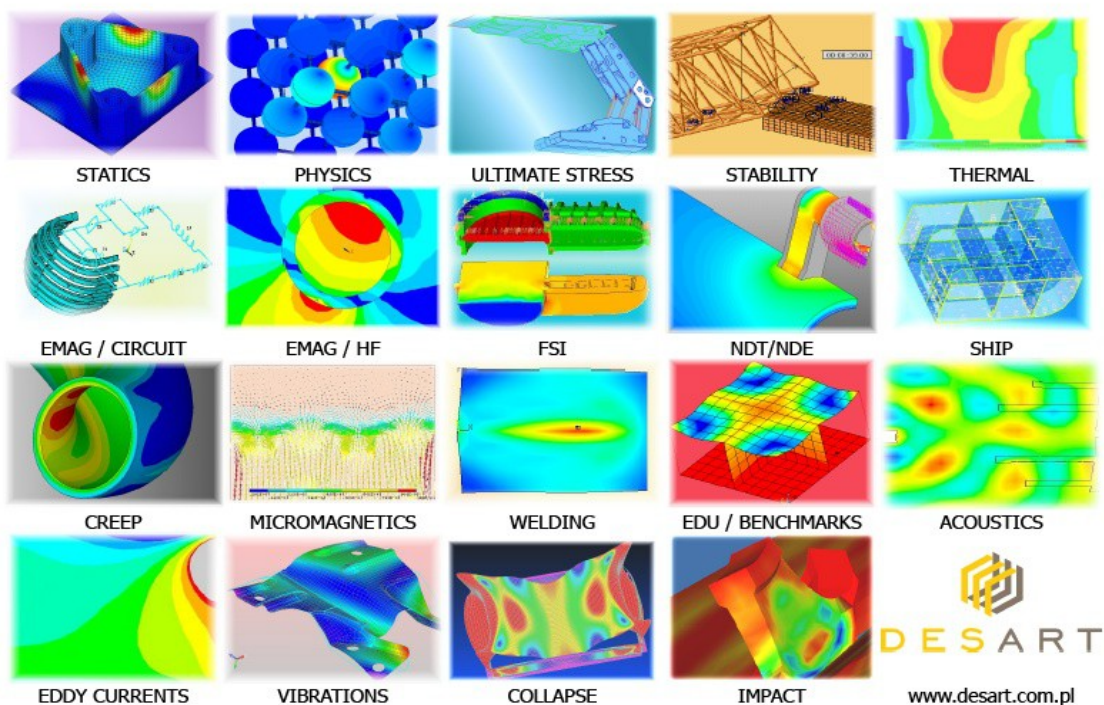


Studia Podyplomowe

# Symulacje komputerowe dla inżynierów ("SKDI")

Ogólne materiały informacyjne  
dla edycji 2016/2017



Wydział Fizyki Technicznej i Matematyki Stosowanej  
Politechnika Gdańska

We współpracy z biurami projektowymi: DES ART i CADOR oraz przedstawicielami Wydz. Mechanicznego PG, Trójmiejskiej Akademickiej Sieci Komputerowej TASK i Instytutu Maszyn Przepływowych PAN

# 1. Założenia techniczno-organizacyjne studiów

Planowane podyplomowe studia „Symulacje komputerowe dla inżynierów” w roku akademickim 2016-2017 są dziewiątą edycją studiów na naszym wydziale. Pierwsza, jednosemestralna edycja z roku akademickiego 2007-2008 nosiła nazwę „Nowoczesne Metody Symulacyjne w Technice”. Druga edycja z roku 2008-2009 i następne były dwusemestralne i prowadzone pod nazwą „Symulacje komputerowe dla inżynierów”. Sądzymy, że nazwa ta najlepiej oddaje treść i cel studiów i jest rozpoznawalna na krajowym rynku studiów podyplomowych. Adresatami naszych studiów są inżynierowie już pracujący w biurach konstrukcyjnych w różnych gałęziach przemysłu oraz absolwenci różnych kierunków studiów politechnicznych. Dotychczasowi słuchacze w większości byli pracownikami biur konstrukcyjnych.

Celem prowadzonych przez nas studiów podyplomowych jest dostarczenie wiedzy o podstawach i zasadach nowoczesnych metod symulacji komputerowych oraz o sposobach ich praktycznego wykorzystania w szeregu dziedzinach techniki. Głównym wątkiem zajęć jest Metoda Elementów Skończonych, a większość symulacji komputerowych wykonywana jest przy użyciu pakietów dobrze znanych na rynku programów: pełnej licencji HyperWorks (w tym HyperMesh, Radioss, OptiStruct, AcuSolve i MotionSolve) oraz ograniczonej co do wielkości modelu wersji ANSYS (w wersji Teaching). Zalecane jest także korzystanie z domowej wersji HyperWorks Student Edition, dzięki czemu znaczną część ćwiczeń można wykonać ponownie, utrwalając umiejętności nabyte podczas zjazdów. Nowością jest pojawienie się akcentu związanego z programem ABAQUS oraz próba ukazania podobieństw/różnic między ANSYS "Classic" i WB.

Atutem naszych studiów jest skoordynowane prowadzenie zajęć przez naukowców z Politechniki Gdańskiej (Wydział Fizyki Technicznej i Matematyki Stosowanej oraz Wydział Mechaniczny), z Instytutu Maszyn Przepływowych PAN oraz wieloletnich praktyków technik symulacyjnych z firm DESART i CADOR (oznaczanych dalej skrótem DC).

Łączna liczba bloków przedmiotowych wynosi 8. W zakresie danego bloku odbywają się komplementarne wykłady i zajęcia laboratoryjne przy komputerach. Dodatkowo funkcjonuje blok o nazwie "Wartość Dodana", gdzie zamieszczane są materiały (wykłady, Case-Studies) do przyswojenia w domu.

Staramy się, aby nasze studia były zrównoważone co do podziału czasu zajęć pomiędzy wykłady i zajęcia praktyczne, z indywidualnym dostępem do oprogramowania przez każdego ze słuchaczy. W semestrze zimowym przeważają wykłady, a semestr letni przeznaczony jest głównie na zajęcia praktyczne. Jednocześnie podczas części Wykładów przewidziane są prezentacje na żywo na programach symulacyjnych.

Plan zajęć studiów przewiduje odbycie 6 zjazdów w każdym semestrze oraz po dwa zjazdy dla przeprowadzenia egzaminów i zaliczeń. Zajęcia odbywają się w dobrze wyposażonej sali na terenie Politechniki Gdańskiej w soboty i w niedziele, po 8 lub 6 godzin lekcyjnych w jednym dniu. Przyjęto zasadę łączenia zajęć w bloki o czasie trwania 90 minut z 15 minutową przerwą między blokami. Egzaminy podzielone są na część pisemną oraz część komputerową.

Studenci są proszeni o wypełnienie dwóch ankiet, w środku pierwszego i na koniec drugiego semestru. Pierwsza dotyczy oczekiwań słuchaczy, a druga oceny poziomu i przydatności proponowanych zajęć oraz sposobu ich prowadzenia przez wykładowców. Pozytywne wyniki ankiet z ostatniego roku świadczą o tym, że nasze studia są akceptowane przez słuchaczy w zakresie przekazywanych treści i poziomu merytorycznego wykładowców. Ankiety te pozwalają nam systematycznie modyfikować i optymalizować proces kształcenia.

Absolwenci studiów otrzymują, obok świadectwa ukończenia studiów podyplomowych, także anglojęzyczny certyfikat podpisany przez Prorektora ds. Rozwoju i Kształcenia.

# Ramowy program studiów podyplomowych

## Przedmioty, ich treść oraz główna osoba odpowiedzialna za przedmiot

### 1. Podstawy symulacji komputerowych

dr hab. inż. Jacek POZORSKI

#### 1.1. Przegląd modelowanych zagadnień technicznych

Zwięzłe przypomnienie i usystematyzowanie wiedzy ze studiów magisterskich. Wybrane zagadnienia mechaniki, wymiany ciepła, podstawowe pojęcia elektrodynamiki. Bryła sztywne, ciało stałe odkształcalne, płyn (ciecz, gaz) i równania je opisujące. Drgania i ruch falowy. Jednolite spojrzenie na wykorzystywanie narzędzi symulacyjnych (pakiety oprogramowania), głównie z zakresu obliczeniowej termomechaniki ciał stałych i płynów. Zagadnienia różniczkowe zwyczajne i cząstkowe spotykane w praktyce inżynierskiej oraz typowe warunki graniczne (początkowe, brzegowe).

#### 1.2. Przegląd istotnych metod numerycznych

W ramach wykładu przedstawione zostaną podstawowe pojęcia i zagadnienia związane z tematyką metod numerycznych, takie jak: klasyfikacja błędów, interpolacja, aproksymacja, metody rozwiązywania równań nieliniowych (metoda bisekcji, metoda Newtona-Raphsona) jak również metody rozwiązywania układów równań, różniczkowanie i całkowanie numeryczne, szybka transformata Fouriera. Zaprezentowane zostaną także najpopularniejsze metody numeryczne wykorzystywane w działalności naukowej i inżynierskiej, wśród nich: metoda elementów skończonych (MES), elementów brzegowych (MEB), objętości skończonych (MOS).

#### 1.3. Podstawowe solwery strukturalne MES

Na przykładach praktycznych przedstawione zostaną zasady działania najczęściej obecnie stosowanych "solwerów" (algorytmów obliczeniowych stosowanych w programach MES), z podkreśleniem wyboru metodyki: "Implicit" vs "Explicit". W ramach solverów "Implicit" ukazany jest zasadniczy wybór między algorytmami bezpośrednimi (Sparse Direct) oraz iteracyjnymi (głównie PCG).

#### 1.4. Środowisko symulacji

Podstawy programowania równoległego. Zarządzanie RAM/EDD. Specyfika kart graficznych. Unix vs Windows. Typy licencjonowania (Flex, Stand-Alone etc.)

#### 1.5. Case-Studies - analiza wybranych projektów

Wybór i analiza krytyczna projektów symulacyjnych opisywanych w literaturze specjalistycznej oraz zaczerpniętych z praktyki firmy DES ART. Źródłem literaturowym są przede wszystkim opracowania wydawane przez NAFEMS, niedostępne publicznie.

#### 1.6. Zajęcia praktyczne z symulacji

Zajęcia są uzupełnieniem oraz ilustracją wykładów, zwłaszcza z punktu 1.2.

## 2. Właściwości materiałów

dr Leszek Piotrowski

### 2.1 Elementy mechaniki ośrodków ciągłych

Wykład ma na celu usystematyzowanie podstawowych wiadomości o zachowaniu ciała stałego poddanego działaniu zewnętrznych sił. Uogólnione prawo Hooke'a. Podstawowe postaci macierzy sztywności i podatności. Własności zredukowane oraz główne kryteria zniszczenia. Typy ustrojów ciągłych. Podstawowe teorie belek i powłok.

### 2.2. Modele materiałowe w MES

Laboratoria z elementami wykładu. Przewidziana m.in. symulacja procesów zmęczeniowych, a także sposoby modelowania laminatów. Także: modele plastyczności metali.

### 2.3. Dobór modeli i pozyskiwanie danych materiałowych

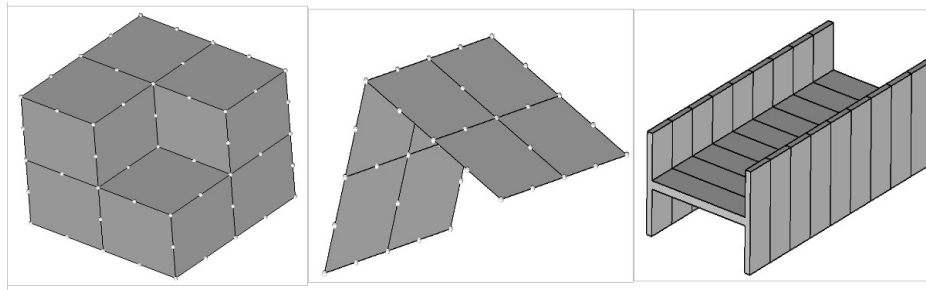
Pozyskiwanie parametrów materiałowych przez symulację. Dobór danych z baz internetowych. Wprowadzenie do modułu HyperStudy.

## 3. Podstawy MES

dr inż. Grzegorz WIŚNIEWSKI

### 3.1. Wstęp do teorii MES

Wykład wprowadza w systematyczny sposób podstawowe pojęcia związane z Metodą Elementów Skończonych (węzeł, element, funkcja kształtu, macierz sztywności, warunki brzegowe etc.). Prowadzony niezmiennie przez dr Wiśniewskiego, kierownika projektów R&D (głównie obliczeniowych) w ALSTOM a następnie DES ART.



### 3.2. Sztuka dyskretyzacji

Warsztaty z elementami wykładu pomagają w odpowiedzi na jedno z podstawowych pytań: jak stworzyć akceptowalną dla danego zagadnienia siatkę elementów skończonych? Omawiany będzie m.in. dobór wymiarowości modelu a także niewidoczne na pierwszy rzut oka charakterystyki elementów: rząd, punkty całkowania, założenia upraszczające teorii powłok.

### 3.3. Projekt - Faza 1

Samodzielne (w grupach 2- lub 3-osobowych) opracowanie projektu dotyczącego relatywnie prostego zagadnienia symulacji komputerowej metodą elementów skończonych. Kursanci sami definiują cel i zakres pracy, na bazie własnych modeli CAD. Faza pierwsza polega na rozważnym określeniu założeń i rozpoznaniu możliwości software w danej dziedzinie. Podczas Projektów na sali obecnych jest 3 lub 4 inżynierów z DES ART, służących radą i pomocą poszczególnych podgrupom. W latach ubiegłych Kursanci obliczali m.in. rozmaite zagadnienia mechaniczne (zmęczenie szyny kolejowej, poszycie jachtu, upadek kontenera, wytrzymałość maski do kick-boxingu), mechaniczno-ciepłne oraz przepływowe (np. działanie zaworu kulowego). Inwencja ograniczona jest głównie koniecznością ukończenia całego Projektu w ramach dwóch semestrów SKDI.

## 4. Techniki MES

dr inż. Marek Augustyniak

*Blok "wiodący" SKDI.*

*Wyłącznie zajęcia przy komputerach, prowadzone przez praktyków z DES ART.*

### 4.1. Strukturalne problemy liniowe

Warsztaty pozwalające na uniknięcie poważnych błędów w pozornie trywialnych analizach. Zilustrowany będzie m.in. problem koncentracji naprężeń, wpływ tzw. nieliniowości geometrycznej na wyniki analiz powłokowych a także problem szóstego stopnia swobody w typowych elementach powłokowych.

### 4.2. Wymiana ciepła

Warsztaty zwracają uwagę na problemy modelowania konstrukcji poddanych działaniu ciepła. Dylatacja cieplna konstrukcji. Przewodzenie ciepła, konwekcja swobodna i wymuszona. Pominięty jest złożony temat obliczeń promieniowania.

### 4.3. Problemy nieliniowości

Klasyfikacja nieliniowości. Rozumienie wykresów zbieżności w algorytmach "Implicit". Podstawowe pojęcia: podział na kroki, zbieżność, bisekcja. Modelowanie uplastycznienia. Sposoby stabilizacji obliczeń.

### 4.4. Drgania konstrukcji

Warsztaty dotyczą specyficznych zagadnień drgań własnych i wymuszonych konstrukcji.

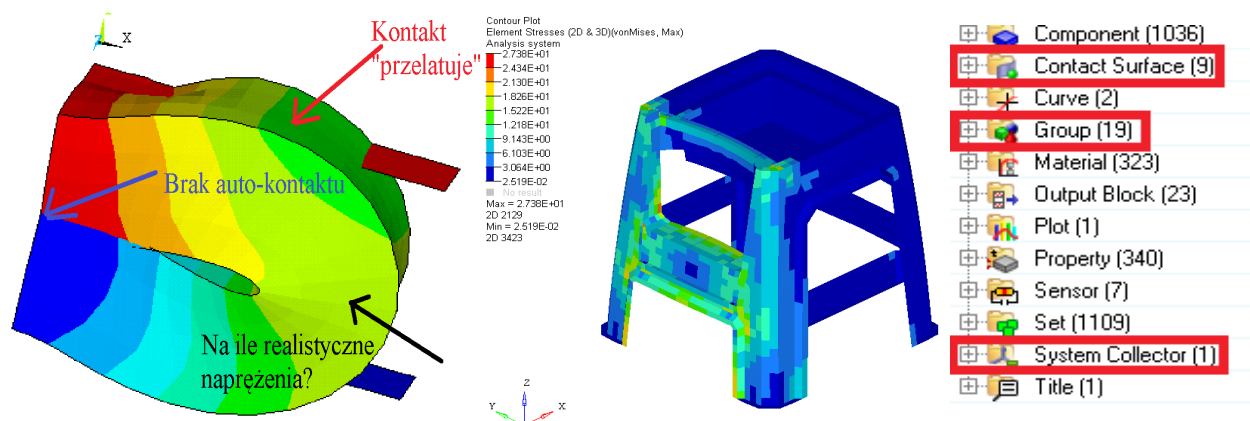
Opis drgań elementów konstrukcji. Stany ustalone i nieustalone drgań. Tłumienie drgań. Rezonans.

### 4.5. Optymalizacja konstrukcji

Algorytmy optymalizacji topologicznej, topograficznej oraz skalarnej (size). Minimalizacja masy konstrukcji. Dobór częstości własnych drgań.

### 4.6. Projekt - faza 2

Projekt wymaga wykorzystania we własnym zakresie dowolnego środowiska MES dla wykonania analizy mechanicznej lub mechaniczno-termicznej wybranego zagadnienia modelowania techniką MES. W tej fazie wymagane jest wykonanie symulacji i post-procesu wg założeń i rozpoznania wykonanego w pierwszym semestrze. W dalszym ciągu zajęcia odbywają się metodą konsultacji inżynierskich, "dwa na jeden" lub "trzy na jeden", co pozwala na bardzo owocne czerpanie z wiedzy i doświadczenia praktyków nadzorujących poszczególne projekty.



## 5. Układy wielomasowe

dr hab. Krzysztof LIPIŃSKI

### 5.1. Dynamika brył sztywnych (Multi-Body Simulation, MBS)

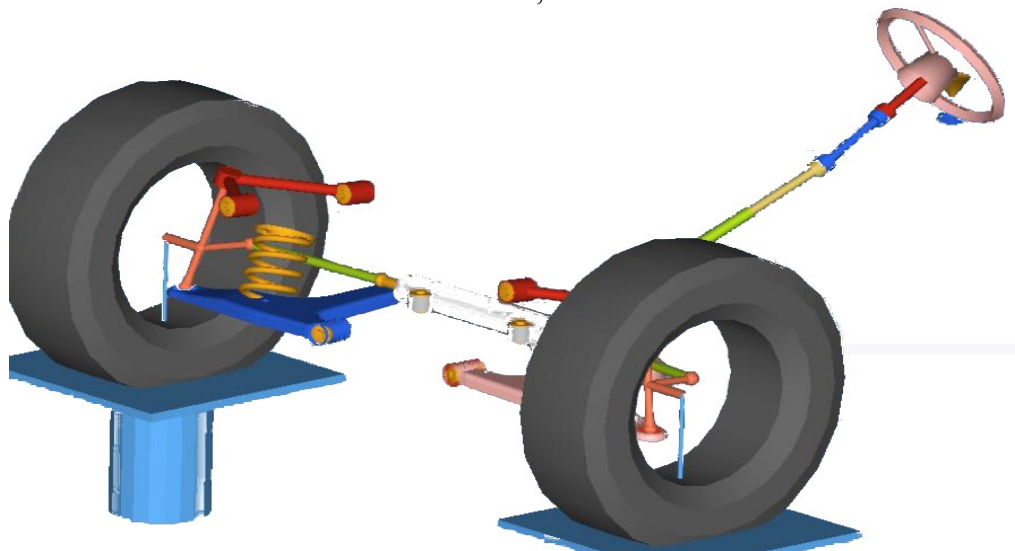
Wykład z przykładami ze świata inżynierskiego.

Główne pojęcie wykorzystywane w opisie układów wielomasowych. Otwarty łańcuch kinematyczny brył - pozycja i orientacja elementów łańcucha kinematycznego. Zamknięty łańcuch kinematyczny - najważniejsze typy równań więzów holonomicznych. Równania kinematyki otwartego układu wielomasowego. Zasada mocy przygotowanej do modelowania dynamiki układu typu otwarty łańcuch kinematyczny. Proste i odwrotne zagadnienie kinematyki mechanizmu typu ramię robota. Prezentacja rozwiązań przykładowych zagadnień dynamiki zamkniętego łańcucha kinematycznego.



### 5.2. Symulacje strukturalne MBS

Laboratoria ilustrujące sposób definiowania i obliczania problemów MultiBody Simulation. Użyty będzie moduł MotionView i MotionSolve. Ciekawe, złożone modele.



### 5.3. Symulacje w biomechanice

Rozwiązywanie wybranych zagadnień Biomechaniki za pomocą MES:

1. Wprowadzenie do podstawowych problemów biomechaniki.
2. Podejście do zamodelowania tkanek twardych.
3. Podejście do zamodelowania tkanek miękkich.

## 6. Symulacje w mechanice płynów

prof. Jacek Pozorski

### 6.1. Wstęp do symulacji mechaniki płynów

Domknięte układy równań rządzących przepływami dla przypadków ściśliwych i nieściśliwych. Liczby kryterialne. Przepływy laminarne i turbulenty. Podstawy modelowania turbulencji. Warunki brzegowe i początkowe. Zagadnienia przepływowe z wymianą ciepła. Akustyka liniowa. Przepływy wieloskładnikowe. Przepływy nienewtonowskie.

### 6.2. Warsztaty z mechaniki płynów

Warsztaty polegać będą na demonstracji możliwości komercyjnych kodów obliczeniowych typu Ansys CFX do rozwiązywania wybranych problemów mechaniki płynów.

## 7. Symulacje w nanotechnologii

mgr inż. Szymon WINCZEWSKI

### 7.1 Podstawy symulacji w skali atomowej

Symulacje zjawisk fizycznych a fizyka obliczeniowa. Ogólna charakterystyka metody cząstek. Podstawy metody dynamiki molekularnej: wprowadzenie, symulacje przy stałej energii całkowitej układu, symulacje przy stałej temperaturze i/lub ciśnieniu, obliczenia właściwości termomechanicznych materiałów, analiza strukturalna.

### 7.2. Symulacje wybranych zagadnień z nanotechnologii

Obliczenia mezoskalowe i międzyskalowe: model dyslokacyjny plastyczności, modele nielokalne, algorytmy łączenia skal makro-, mezo- i mikroskopowych. Zastosowania do symulacji procesów pęknięcia materiałów, zmęczenia materiałowego i dynamiki wybranych nanoukładów. Wybrane rozszerzenia i warianty klasycznej metody cząstek oraz ich typowe zastosowania do rozwiązywania zagadnień przepływowych i transportowych.

## 8. Diagnostyka konstrukcji i jej modelowanie,

dr inż. Marek Augustyniak

### 8.1. Metody diagnostyki konstrukcji (NDT)

Wiedza wzięta z praktyki wdrożeniowej i badawczej Grupy Badań Nieniszczących przy wydz. FTiMS. Zasady modelowania zjawisk elektromagne-tycznych. Modelowanie stanu namagnesowania w warunkach pola stałego i zmiennego oraz wpływu naprężeń. Modelowanie magnetycznego pola rozproszonego. Modelowanie efektu prądów wirowych. Inne metody diagnostyczne (np. metoda Mathara) i ich modelowanie Metodą Elementów Skończonych.

### 8.2. Symulacja wybranych zagadnień NDT

Metody badań nieniszczących - obliczenia typowych praktycznych zagadnień.

## 9 Suplement: "Wartość dodana"

Osoba odpowiedzialna: dr inż. AUGUSTYNIAK Marek

Przewidziane jest regularne umieszczanie na platformie Moodle materiałów dydaktycznych, najczęściej w formie PDF + kilku pytań odnoszących się do zawartej treści. Chodzi o możliwość przekazania różnorodnej wiedzy, na przekazanie której nie starczy miejsca podczas wykładów.