

Міністерство освіти і науки, молоді та спорту України  
Національний технічний університет  
"Харківський політехнічний інститут"

**НАВЧАЛЬНА ПРОГРАМА**  
**З ДИСЦИПЛІНИ "МОДЕЛЮВАННЯ НЕЛІНІЙНИХ СИСТЕМ В**  
**САПР "**

для підготовки спеціаліста  
за напрямком **6.050101 «Комп'ютерні науки»**  
для спеціальності 7.05010102 «Інформаційні технології проектування»

РОЗГЛЯНУТО

на засіданні кафедри  
теорії і систем автоматизованого  
проектування механізмів і машин  
Протокол № \_\_\_\_,  
«\_\_»\_\_\_\_\_.2011 р.  
Завідувач кафедри  
\_\_\_\_\_ проф. Ткачук М. А.  
"\_\_\_\_" \_\_\_\_\_ 2011р.

ЗАТВЕРДЖЕНО

Вченою радою  
факультету  
транспортного машинобудування  
Протокол № \_\_\_\_,  
«\_\_»\_\_\_\_\_.2011 р.  
Декан  
\_\_\_\_\_ проф. Єпіфанов В. В.  
"\_\_\_\_" \_\_\_\_\_ 2011 р.

# ЛИСТ ПОГОДЖЕННЯ

Навчальної дисципліни

“Моделювання нелінійних систем в САПР”

УЗГОДЖЕНО

УЗГОДЖЕНО

6.050101 «Інформаційні технології  
проектування»

\_\_\_\_\_  
(найменування спеціальності)

«Кафедра теорії і систем  
автоматизованого проектування  
механізмів і машин»

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
проф. Ткачук М. А.

\_\_\_\_\_  
(підпис завідувача кафедрою)

“ \_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 20 р.

“ \_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 20 р.

## I. ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ.

В рамках курсу «Моделювання нелінійних систем в САПР» (МНСвСАПР) планується викладати поглиблені види аналізу в системі ANSYS. Ця система моделювання є лідером серед конкуруючих продуктів на ринку САЕ як по розповсюдженню, так і по можливостях. Спочатку закладені в основу даної системи ідеї, поняття і математична база дозволяють оперативно і з високою ефективністю проводити роботи із створення моделей нових виробів, модифікації створених, забезпечуючи спільну паралельну роботу над проектом конструкторів, технологів, випробувачів і менеджерів в різних частинах миру.

Розглядаються методи розрахунку просторових параметричних моделей елементів машинобудівних конструкцій будь-якої складності, проведення температурних розрахунків, у тому числі нелінійних та перехідних, виконання різних нелінійних типів аналізів та дослідження аерогідродинаміки складних машинобудівних об'єктів.

МНСвСАПР є однією з головних дисциплін в комп'ютерній підготовці спеціалістів і магістрів по спеціальності «Інформаційні технології проектування» (7.080402). Дана дисципліна має деякий зв'язок з курсами «Вища математика», «Нарисна геометрія», «Числові методи в техніці» «Прикладна теорія пружності», «Коливання механічних систем», «Механіка суцільного середовища», «Моделювання систем», «Геометричне моделювання інженерних об'єктів», «Основи системного аналізу», «Основи методу скінченних елементів», «Моделювання об'єктів і процесів в комп'ютерних системах».

## II. РОЗПОДІЛ НАВЧАЛЬНОГО ЧАСУ.

Курс 5 Семестр	Всього	Розподіл по видах занять				Семестрова атестація
		Лекц	Лаб	Пр	КР	
10	96	48	48	–	–	Екзамен

## III. МЕТА І ЗАВДАННЯ ДИСЦИПЛІНИ.

Мета дисципліни полягає в тому, щоб дати студентам поглиблені знання про способи і методи практичного застосування за допомогою комп'ютерних систем методів і методик виконання температурних розрахунків, у тому числі в нелінійній та нестационарній постановці, виконання високо нелінійного дослідження напружено-деформованого стану машинобудівних конструкцій, у тому числі дослідження пластичних деформацій, та гіперпружного матеріалу. Також в рамках даної дисципліни слухачі знайомлять з методиками виконання розрахунків аерогідродинаміки. Усі розрахунки базуються на методі скінченних елементів, який реалізован у програмному продукті ANSYS.

При вирішенні більшості цих завдань основну трудомісткість займає підготовка моделі, постановка задачі та виконання аналізу результатів, тому цим моментам приділяється підвищена увага. При цьому розглядаються методи пониження розмірності завдань за допомогою використання різних типів скінченних елементів, а також за рахунок застосування зосереджених чинників, суперелементного підходу, обліку осьової і циклічної симетрії систем і навантажень. Перераховані методи і прийоми дослідження параметрів механічних систем демонструються на вирішенні конкретних завдань, що часто зустрічаються на практиці.

## IV. ТЕМАТИЧНИЙ ПЛАН

### IV.1 РОЗПОДІЛ НАВЧАЛЬНОГО ЧАСУ ЗА ТЕМАМИ

Розділи, теми, модулі	Види занять						Курсова робота	Залік	Іспит	Самостійна робота	
	Всього		лекції	практичні заняття	лабораторні роботи	контрольна робота				розрахунково-графічна робота	самостійна робота
	годин	кредитів									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
<b>Модуль 1. ANSYS Mechanical Heat Transfer. Теплопередача</b>	32	2	16		16						49
Тема 1			2		2						7
Тема 2			2		2						7
Тема 3			3		2						7
Тема 4			3		2						7
Тема 5			3		3						7
Тема 6			3		3						14
Модульна контрольна робота №1.					2	8 тиж.					

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
<b>Модуль 2. ANSYS Mechanical Structural Nonlinearities. Нелінійний аналіз.</b>	32	2	16		16						49
Тема 7			2		2						7
Тема 8			2		2						7
Тема 9			2		2						7
Тема 10			2		2						7
Тема 11			3		2						7
Тема 12			3		2						7
Тема 13			2		2						7
Модульна контрольна робота №2.					2	9 тиж.					
<b>Модуль 3. ANSYS CFX. Рішення задач газогідродинаміки</b>	32	2	16		16						49
Тема 14			2		2						6
Тема 15			2		2						6
Тема 16			2		2						6
Тема 17			2		2						6
Тема 18			2		2						6
Тема 19			2		2						6
Тема 20			2		2						6
Тема 21			2		2						7
Модульна контрольна робота №3.						15 тиж.					
<b>РАЗОМ ЗА СЕМЕСТР</b>	96	6	48		48	6	+	-	+	-	

## IV.2 ЛЕКЦІЇ

- Тема 1. ANSYS Mechanical Heat Transfer. Основи теплопередачі.
- Тема 2. ANSYS Mechanical Heat Transfer. Підходи в программі ANSYS Mechanical
- Тема 3. ANSYS Mechanical Heat Transfer. Стационарний теплообмен
- Тема 4. ANSYS Mechanical Heat Transfer. Нелінійний температурний аналіз
- Тема 5. ANSYS Mechanical Heat Transfer. Перехідний температурний аналіз
- Тема 6. ANSYS Mechanical Heat Transfer. Додаткова тема по теплообміну
- Тема 7. ANSYS Mechanical Structural Nonlinearities. Огляд
- Тема 8. ANSYS Mechanical Structural Nonlinearities. Загальна процедура
- Тема 9. ANSYS Mechanical Structural Nonlinearities. Основи контактних задач
- Тема 10. ANSYS Mechanical Structural Nonlinearities. Рішення просунутих контактних
- Тема 11. ANSYS Mechanical Structural Nonlinearities. Пластичність металу
- Тема 12. ANSYS Mechanical Structural Nonlinearities. Гіпереластичність
- Тема 13. ANSYS Mechanical Structural Nonlinearities. Діагностика
- Тема 14. ANSYS CFX. Введення в CFD
- Тема 15. ANSYS CFX. Введення в Workbench та CFX Workflow
- Тема 16. ANSYS CFX. Domains та Boundary Conditions
- Тема 17. ANSYS CFX. Налаштування вирішувача
- Тема 18. ANSYS CFX. CFD Post
- Тема 19. ANSYS CFX. Interfaces, Sources та Additional Variables
- Тема 20. ANSYS CFX. Турбулентність
- Тема 21. ANSYS CFX. Heat Transfer

## VI.3. ПРАКТИЧНІ ЗАНЯТТЯ

Не передбачені навчальним планом.

## IV.4. СЕМІНАРСЬКІ ЗАНЯТТЯ.

Не передбачені навчальним планом.

## IV.5. ЛАБОРАТОРНІ РОБОТИ.

- 1.1 ANSYS Mechanical Heat Transfer. Нагрівання стрижня
- 2.1 ANSYS Mechanical Heat Transfer. Теплопередача
- 3.1 ANSYS Mechanical Heat Transfer. Температурний контакт
- 4.1 ANSYS Mechanical Heat Transfer. Дослідження теплообмінника
- 5.1 ANSYS Mechanical Heat Transfer. Перехідна теплопередача
- 6.1 ANSYS Mechanical Heat Transfer. Фазовий перехід
- 8.1 ANSYS Mechanical Structural Nonlinearities. Маленькі та великі деформації
- 8.2 ANSYS Mechanical Structural Nonlinearities. Контакт в зборці
- 9.1 ANSYS Mechanical Structural Nonlinearities. Дослідження контактної жорсткості
- 9.2 ANSYS Mechanical Structural Nonlinearities. Симетрія та антисиметрія
- 10.1 ANSYS Mechanical Structural Nonlinearities. Використання контактного інтерфейсу
- 10.2 ANSYS Mechanical Structural Nonlinearities. Контакт з тертям
- 11.1 ANSYS Mechanical Structural Nonlinearities. Пластичність металу
- 11.2 ANSYS Mechanical Structural Nonlinearities. Локалізована пластичність
- 12.1 ANSYS Mechanical Structural Nonlinearities. Налаштування гіперупругої кривої

- 13.1 ANSYS Mechanical Structural Nonlinearities. Diagnostics Tools для контакту поверхневих тіл
- 13.2 ANSYS Mechanical Structural Nonlinearities. Сингулярність.
- 14.1 ANSYS CFX. T-образний змішувач
- 15.1 ANSYS CFX. Дослідження профілю крила
- 16.1 ANSYS CFX. Визначення температури в кімнаті
- 17.1 ANSYS CFX. Пористий матеріал
- 18.1 ANSYS CFX. Центробіжний насос
- 19.1 ANSYS CFX. Електричний вентилятор з природнім конвекційним і радіаційним
- 20.1 ANSYS CFX. Дослідження перетікання рідини в резервуарі
- 21.1 ANSYS CFX. Перехідні процеси в роторі гальмування

## V. ЗРАЗКОВИЙ ПЕРЕЛІК ТЕМ ДЛЯ КУРСОВОГО ПРОЕКТУВАННЯ

### **I. Варіанти індивідуальних завдань:**

1. Дослідження контактного тиску між тілами з малим радіусом;
2. Дослідження параметрів цепі шахтного конвеєра;
3. Моделювання процесів теплопровідності і термопружності;
4. Моделювання конструктивних нелінійностей (нелінійності поведінки матеріалу, геометричні нелінійності, нелінійні елементи) при рішенні задачі міцності;

### **II. Курсовий проект повинен містити наступні розділи:**

#### **Введення**

1. Постановка завдання
2. Опис об'єкту дослідження
3. Основні теоретичні положення
4. Етапи рішення задачі
  - Побудова фізичної моделі об'єкту досліджень (напр., геометрія, вантаження, матеріал, класифікація);
  - Вибір методу рішення (напр., методу кінцевих елементів)
  - Розрахункові дослідження (напр., прочностные і/або динамічні розрахунки)
  - Аналіз результатів розрахункових досліджень, виводи, рекомендації

#### **Виводи**

### **III. Етапи курсової роботи і їх віддзеркалення в курсовому проекті:**

**Введення і постановка завдання** оформляються згідно загальним правилам по оформленню курсових робіт.

#### **3. Основні теоретичні положення**

У основних теоретичних положеннях повинні бути описані:

- 1) використовувані типи геометричного моделювання (2-х, 3-х мірне, каркасне, поверхневе, твердотільне);
- 2) особливості інструментальних засобів використовуваного пакету САПР;
- 3) особливості використовуваних геометричних примітивів;
- 4) використовувані типи елементів і способи побудови звичайно-елементної моделі;
- 5) способи моделювання різних типів навантажень;
- 6) методи моделювання різних процесів;
- 7) методи оцінки достовірності отриманих результатів.

#### **4. Етапи рішення задачі.**

У цій частині приводиться опис розробки, а саме побудова фізичної моделі об'єкту досліджень і створеною на підставі цієї моделі геометричної і звичайно-елементної моделей, вибір методу рішення задачі:

- 1) побудована фізична модель;
- 2) показана структура об'єкту і її розбиття на елементи геометричної моделі;
- 3) обгрунтовано створення окремих видів, креслень, проєкцій;
- 4) обгрунтований вибір методів побудови звичайно-елементної моделі, вантаження і рішення задачі;
- 5) проведені розрахункові дослідження;
- 6) виконаний аналіз результатів розрахункових досліджень;
- 7) рекомендації;

**У виводах** повинні бути стисло, за пунктами викладені результати курсової роботи.



## 1.1 VI. НАВЧАЛЬНО – МЕТОДИЧНІ МАТЕРІАЛИ.

### Основна література

1. Хокс Б. Автоматизированное проектирование и производство. -М.: Мир, 1991. –296 с.
2. А.Н. Туренко, В.А. Богомолов, А.С. Степченко, О.В. Кедровская і ін. Комп'ютерне моделювання і розрахунок на міцність автомобіля (навчальний посібник). – Харьков: ХНАДУ, 2003. –336 с.
3. А.П. Каплун, Е.М. Морозів, М.А. Олферова ANSYS в руках інженера: практичне керівництво. – М.: Едіторіал УУРС, 2003. –272 с.
4. Зенкевіч О.К. Метод кінцевих елементів в техніці. -М.: Мир, 1980. –420 с.
5. Сегерлінд Л. Прімененіє методу кінцевих елементів. -М.: Мир, 1979. –392 с.

### Додаткова література

6. Биків В.П. Методичне забезпечення САПР в машинобудуванні. – Л.: Машинобудування, 1989. –225 с.
7. К.А. Басів ANSYS в прикладах і завданнях. -М.: Компьютерпресс, 2002. –224 с.
8. Офіціальні навчальні курси компанії ANSYS

Програму склав

\_\_\_\_\_ Грабовський А.В.