

Міністерство освіти і науки України  
Національний аерокосмічний університет ім. М.Є. Жуковського  
«Харківський авіаційний інститут»

Кафедра проектування літаків і вертольотів (№ 103)

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Гарант освітньої програми

 Людмила КАПІТАНОВА  
(підпис) (ініціали та прізвище)

« 01 » вересня 2024 р.

## **РОБОЧА ПРОГРАМА ВИБІРКОВОЇ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

### **Інженерний аналіз елементів АТ**

(назва навчальної дисципліни)

#### **Вибіркова дисципліна. Major. 1.3**

Галузі знань: 13 «Механічна інженерія»  
(шифр і найменування галузі знань)

Спеціальність: 134 «Авіаційна та ракетно-космічна техніка»  
(код та найменування спеціальності)

Освітня програма: «Проектування, виробництво та сертифікація авіаційної техніки»  
(найменування спеціалізації)

**Форма навчання: денна**

**Рівень вищої освіти: другий (магістерський)**

**Харків 2024 рік**

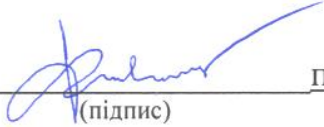
Робоча програма Інженерний аналіз елементів АТ

(назва дисципліни)

для студентів за спеціальністю 134 «Авіаційна та ракетно-космічна техніка»  
освітньою програмою «Проектування, виробництво та сертифікація авіаційної техніки»

«27»    серпня    2024 р., - 12 с.

Розробник: \_\_\_\_\_



(підпис)

проф. д.т.н., с.н.с. Сергій ФІЛПКОВСЬКИЙ

(посада, ім'я та прізвище)

Робочу програму розглянуто на засіданні кафедри 103 Проектування літаків і вертольотів

(назва кафедри)

Протокол №   1   від «  27  »    серпня    2024 р.

Завідувач кафедри

к.т.н., доцент \_\_\_\_\_



(підпис)

Сергій ТРУБАЄВ

(ім'я та прізвище)

## 1. Опис навчальної дисципліни

Найменування показників	Галузь знань, напрям підготовки, освітньо-кваліфікаційний рівень	Характеристика навчальної дисципліни
		денна форма навчання
Кількість кредитів – 7	Галузь знань: <u>13 «Механічна інженерія»</u> (шифр і назва)	Вибіркова Мажор. Дисципліна 1.3
	Спеціальність: <u>134«Авіаційна та ракетно-космічна техніка»</u> (шифр і назва)	
Модулів – 2	Освітня програма: <u>«Проектування, виробництво та сертифікація авіаційної техніки»</u> (шифр і назва)	<b>Навчальний рік</b>
Змістових модулів – 2		2024/2025
Індивідуальне завдання: <i>1. РГР «Аналіз загального НДС кесону стрілоподібного крила»</i> (назва)		<b>Семестр</b>
Загальна кількість годин – 90		1-й
Тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних –32 самостійної роботи студента – 58		<b>Рівень вищої освіти:</b> <u>Другий (магістрський)</u> (шифр і назва)
	16 год.	
	<b>Практичні, семінарські</b>	
	–	
	<b>Лабораторні</b>	
	16 год.	
	<b>Самостійна робота</b>	
	32 год.	
<b>Індивідуальні завдання:</b>		
26 год		
Вид контролю: Іспит		

### Примітка

Співвідношення кількості годин аудиторних занять до самостійної і індивідуальної роботи становить:

для денної форми навчання – 32/58.

## 2. Мета та завдання навчальної дисципліни

**Метою** викладання навчальної дисципліни «Інженерний аналіз елементів АТ» є надання базового уявлення про виконання інженерного аналізу НДС елементів конструкції авіаційної техніки при їх статичному навантаженні за допомогою методу скінчених елементів реалізованого в комп'ютерній інтегрованій CAD/CAE системі ANSYS і ANSYS Workbench

**Завданням** вивчення дисципліни «Інженерний аналіз елементів АТ» є отримання студентами знань про сучасне виконання інженерного аналізу НДС елементів конструкції авіаційної техніки за допомогою методу скінчених елементів реалізованого в комп'ютерній інтегрованій CAD/CAE системі ANSYS APDL і ANSYS Workbench

Згідно з вимогами освітньо-професійної програми студенти повинні досягти таких **компетентностей:**

### Інтегральна компетентність:

Здатність розв'язувати складні задачі і проблеми у галузі проектування літаків і вертольотів у процесі навчання, що передбачає проведення досліджень та/або здійснення інновацій та характеризується невизначеністю умов і вимог.

### Загальні компетентності (ЗК)

Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу

Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях

Здатність приймати обґрунтовані рішення

Здатність оцінювати та забезпечувати якість виконуваних робіт

Здатність проведення досліджень на відповідному рівні

Вміння виявляти, ставити та вирішувати проблеми

### Фахові компетентності спеціальності (ФК)

Здатність формулювати мету і завдання дослідження, виявляти пріоритети розв'язку завдань, вибирати й створювати критерії оцінки

Здатність застосовувати сучасні методи дослідження, оцінювати й представляти результати виконаної роботи

Знання і вміння використовувати досягнення науки і техніки в професійній діяльності

Здатність готувати огляди, публікації за результатами виконаних досліджень

Здатність до проведення технологічних розрахунків підприємства з метою визначення потреби в персоналі, виробничо-технічній базі, матеріалах, запасних частинах.

Здатність розробляти моделі, які дозволяють прогнозувати зміну технічного стану об'єктів авіаційної техніки, відслідковувати параметри ефективності її технічної експлуатації на базі сучасних аналітичних методів і складних моделей.

Здатність розробляти плани, програми й методики досліджень, практичні рекомендації з використання результатів досліджень.

### Програмні результати навчання

Формулювати мету і завдання дослідження, виявляти пріоритети розв'язку завдань, вибирати й створювати критерії оцінки.

Застосовувати сучасні методи дослідження, оцінювати й представляти результати виконаної роботи.

Використовувати закони й методи математики, природних, гуманітарних і економічних наук при розв'язку професійних завдань, у тому числі при розв'язку нестандартних завдань, що вимагають глибокого аналізу їх сутності з природничо-наукових позицій.

Використовувати досягнення науки і техніки в професійній діяльності.

Розробляти моделі, які дозволяють прогнозувати зміну технічного стану об'єктів авіаційної техніки, відслідковувати параметри ефективності її технічної експлуатації на базі сучасних аналітичних методів і складних моделей.

У результаті вивчення навчальної дисципліни студент повинен

### **знати:**

- базові положення методу скінчених елементів для виконання інженерного аналізу НДС елементів конструкції авіаційної техніки при їх статичному навантаженні;

- основи роботи в CAD/CAE системі ANSYS APDL і ANSYS Workbench;
- методи моделювання елементів авіаційної техніки в CAD/CAE системі ANSYS APDL і ANSYS Workbench;
- методи створення скінчено-елементних моделей об'єктів авіаційної техніки в CAD/CAE системі ANSYS APDL і ANSYS Workbench;
- методи аналізу НДС елементів конструкції авіаційної техніки при їх статичному навантаженні в CAD/CAE системі ANSYS APDL і ANSYS Workbench

**вміти:**

- працювати в комп'ютерній інтегрованій системі CAD/CAE ANSYS APDL і ANSYS Workbench
- створювати комп'ютерні моделі елементів конструкції авіаційної техніки;
- створювати скінчено-елементні моделі об'єктів авіаційної техніки;
- виконувати розрахунки НДС об'єктів авіаційної техніки при їх статичному навантаженні;
- проводити інженерний аналіз результатів, отриманих під час розрахунку НДС об'єктів авіаційної техніки при їх статичному навантаженні

**мати уявлення:**

- про сучасні комп'ютерні системи, які використовуються для виконання розрахунків НДС за допомогою методу скінчених елементів;
- про сучасні методи інженерного аналізу елементів авіаційної техніки.

**Міждисциплінарні зв'язки:** дисципліна базується на знаннях, одержаних при вивченні Фізики, Математики, Нарисної геометрії та інженерної графіки, Теоретичної механіки, Теорії механізмів і машин, Деталей машин, Опору матеріалів, Матеріалознавства, Аерогідрогазодинаміки, Конструювання елементів та агрегатів АРКТ, Систем літального апарату, Комп'ютерної системи КОМПАС-3D, Інженерного проектування літаків та вертольотів та Проектування силових установок.

### 3. Програма навчальної дисципліни

#### Змістовий модуль 1.

**Створення CAD моделей елементів конструкції літаків та скінчено-елементної сітки на їх основі. Проведення аналізу результатів розрахунків індивідуальних моделей**

#### **ВСТУП**

Мета та задачі курсу. Короткий зміст курсу. Перелік рекомендованої літератури. Основи методу скінчених елементів. Огляд комп'ютерних інтегрованих CAD/CAE систем та їх можливостей для проведення розрахунків задач в різних областях науки.

#### **ТЕМА 1. Загальні відомості про CAD/CAE систему ANSYS APDL і ANSYS Workbench. Основи роботи в CAD/CAE системі ANSYS APDL і ANSYS Workbench**

Загальні відомості про CAD/CAE систему ANSYS. Структура та основні модулі. Призначення основних модулів. Короткий опис можливостей програми для проведення усіх типів аналізу: структурного, теплового, електромагнітного, CFD та різних типів зв'язаних задач. Запуск системи ANSYS. Опис структури діалогового вікна *ANSYS Product Launcher*. Вхід у систему. Графічний інтерфейс користувача. Графіка та вибір об'єктів. Призначення клавіш маніпулятора “миші”. Структура бази даних в системі ANSYS. Перелік та опис типів робочих файлів системи ANSYS.

#### **ТЕМА 2. Основні етапи виконання структурного аналізу в CAD/CAE системі ANSYS APDL і ANSYS Workbench. Етап попередніх рішень**

Опис етапів для виконання лінійного структурного аналізу елементів авіаційних конструкцій. Препроцесор (PREPROCESSOR). Рішення (SOLUTION). Постпроцесор (POSTPROCESSOR). Аналіз результатів рішення. Вибір типу аналізу. Деталізація розрахункової моделі.

Властивості симетрії розрахункової моделі. Вибір типу елемента. Порядок скінченного елемента. Щільність скінчено-елементної сітки.

**ТЕМА 3. *Імпорт геометричних об'єктів в CAD/CAE систему ANSYS APDL і ANSYS Workbench. Основи моделювання в CAD/CAE системі ANSYS у ANSYS Workbench***

Опис основних типів файлів, які можна використовувати для імпорту геометричних моделей. Налаштування параметрів імпорту в системі ANSYS. Опис ієрархічної структури геометричних елементів в системі ANSYS. Опис методів моделювання: “зверху-вниз” та “знизу-вгору”. Примітиви. Робоча площина. Булеві операції. Типи координатних систем. Побудова точок, лінії, поверхонь, об'ємів. Операції трансформації геометричних об'єктів. Побудова CAD моделі опори підшипника. Побудова CAD моделі шатуна.

**ТЕМА 4. *Основи створення скінчено-елементної сітки в CAD/CAE системі ANSYS у ANSYS Workbench. Методи створення скінчено-елементних сіток в CAD/CAE системі ANSYS у ANSYS Workbench***

Призначення атрибутів об'єктам CAD моделі. Управління щільністю сітки. Опція SmartSizing. Глобальне управління розміром елемента. Розмір скінченного елемента за замовчуванням. Локальне управління розміром скінченного елемента. Зміна та видалення скінчено елементної сітки. Опис моделей матеріалів. Метод вільного створення сітки. Метод упорядкованого створення сітки. Метод створення сітки Hex-to-tet. Створення сітки методом екструзії. Створення сітки методом Sweep. Створення скінчено-елементної сітки моделі опори підшипника. Створення скінчено-елементної сітки моделі шатуна. Створення скінчено-елементної сітки моделі шплінта. Створення скінчено-елементної сітки моделі колеса.

**ТЕМА 5. *Основи логічного вибору об'єктів в CAD/CAE системі ANSYS у ANSYS Workbench. Основи завдання граничних умов та прикладання навантаження до моделі для різних типів розв'язуваних задач в CAD/CAE системі ANSYS у ANSYS Workbench***

Структура логічного вибору об'єктів в системі ANSYS. Методи логічного вибору об'єктів в системі ANSYS. Опис доступних у системі граничних умов для різних типів розв'язуваних задач. Завдання граничних умов. Симетричні та асиметричні граничні умови. Зосереджене навантаження. Навантаження на поверхні. Масове (об'ємне) навантаження. Інерційні навантаження. Навантаження для зв'язаних задач.

**ТЕМА 6. *Основні відомості про модуль Solution (Рішення) в CAD/CAE системі ANSYS у ANSYS Workbench. Аналіз результатів рішення за допомогою модуля постпроцесору (POSTPROCESSOR) в CAD/CAE системі ANSYS у ANSYS Workbench***

Опис модулю SOLUTION. Налаштування опцій решателя. Етапи навантаження, підшаги та кількість ітерацій. Опції управління виводом результатів. Отримання рішення. Опис головного постпроцесору. Зчитування результатів рішення. Графічне уявлення результатів. Представлення результатів у вигляді таблиць. Представлення результатів на вибраному шляху. Робота з елементними таблицями.

**ТЕМА 7. *Розрахунок НДС кронштейну навіски агрегату. Розрахунок НДС шатуна***  
 Прикладання зовнішнього навантаження до конструкції кронштейну та завдання граничних умов. Аналіз НДС кронштейну навантаженого розподіленим навантаженням. Прикладання зовнішнього навантаження до конструкції шатуна та завдання граничних умов за умов геометричної та силової симетрії моделі шатуна. Аналіз НДС шатуна навантаженого розподіленим навантаженням.

**ТЕМА 8. *Визначення коефіцієнту концентрації напружень в пластині з отвором.***

Аналіз пластини з отвором навантаженої розтягуючим зусиллям. Визначення коефіцієнт концентрації напружень на основі аналізу отриманих результатів НДС пластини з отвором.

**ТЕМА 9. Розрахунок НДС товстостінного циліндру**

Аналіз класичної задачі розрахунку товстостінного циліндру навантаженого внутрішнім тиском та температурою.

**ТЕМА 10. Розрахунок НДС плоскої ферми.**

Аналіз НДС конструкції плоскої ферми.

**Змістовий модуль 2.**

**Аналіз НДС типових елементів авіаційної техніки**

**ТЕМА 11. Аналіз загального НДС носової стійки шасі**

Розрахунок та аналіз загального НДС носової стійки фермово-балочної конструктивно силової схеми, навантаженої зосередженими зусиллями.

**ТЕМА 12. Аналіз загального НДС кесону стрілоподібного крила**

Аналіз загального НДС в силових елементах кесонного стрілоподібного крила навантаженого поперечним зусиллям.

**ТЕМА 13. Розрахунок вузла кріплення пасажирського крісла. Моделювання поперечної зтяжки в болтовому з'єднанні**

Аналіз загального та локального НДС у вузлі кріплення пасажирського крісла. Приводяться методи моделювання поперечної зтяжки в болтовому з'єднанні

**ТЕМА 14. Задача Герца. Контакт циліндра з площиною. Випробування матеріалів на розтягування**

Проводиться рішення задачі Герца.

Демонструється можливість нелінійної задачі на прикладі розтягування циліндричного зразка

**ТЕМА 15. Параметричне дослідження аеродинамічних характеристик крила**

Демонструється можливість параметричного дослідження аеродинамічних характеристик крила

**ТЕМА 16. Розрахунок загального НДС крила з урахуванням розподілу аеродинамічного навантаження**

Розглянута задача розрахунку загального НДС крила з урахуванням розподілу аеродинамічного навантаження.

**4. Структура навчальної дисципліни**

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин					
	денна форма					
	усього	у тому числі				
л		п	лаб	інд	с.р.	
1	2	3	4	5	6	7
<b>Змістовий модуль 1.</b>						
<b>Створення CAD моделей елементів конструкції літаків та скінчено-елементної сітки на їх основі. Проведення аналізу результатів розрахунків індивідуальних моделей.</b>						
1. Вступ. Мета та задачі курсу. Короткий зміст курсу. Перелік рекомендованої літератури. Загальні відомості про CAD/CAE систему ANSYS Основи роботи в CAD/CAE системі ANSYS	4	1		1		2

1	2	3	4	5	6	7
2. Основні етапи виконання структурного аналізу в CAD/CAE системі ANSYS. Етап попередніх рішень	4	1		1		2
3. Імпорт геометричних об'єктів в CAD/CAE систему ANSYS. Основи моделювання в CAD/CAE системі ANSYS	4	1		1		2
4. Основи створення скінчено-елементної сітки в CAD/CAE системі ANSYS. Методи створення скінчено-елементних сіток в CAD/CAE системі ANSYS	4	1		1		2
5. Основи логічного вибору об'єктів в CAD/CAE системі ANSYS. Основи завдання граничних умов та прикладання навантаження до моделі для різних типів розв'язуваних задач в CAD/CAE системі ANSYS	4	1		1		2
6. Основні відомості про модуль Solution (Рішення) в CAD/CAE системі ANSYS. Аналіз результатів рішення за допомогою модуля постпроцесору (Postprocessor) в CAD/CAE системі ANSYS и ANSYS Workbench	4	1		1		2
7. Розрахунок НДС кронштейну навіски агрегату. Розрахунок НДС шатуна	4	1		1		2
8. Визначення коефіцієнту концентрації напружень в пластині з отвором	4	1		1		2
9. Розрахунок НДС товстостінного циліндру	4	1		1		2
10. Розрахунок НДС плоскої ферми	4	1		1		2
<b>Разом за змістовим модулем 1</b>	<b>40</b>	<b>10</b>	<b>–</b>	<b>10</b>		<b>20</b>
<b>Змістовий модуль 2.</b> <i>Аналіз НДС типових елементів авіаційної техніки.</i>						
11. Аналіз загального НДС носового стояка шасі	4	1		1		2
12. Аналіз загального НДС кесону стрілоподібного крила	30	1		1	26	2
13. Розрахунок вузла кріплення пасажирського крісла. Моделювання попередньої затяжки в болтовому з'єднанні	4	1		1		2
14. Задача Герца. Контакт циліндра з площиною. Випробування матеріалів на розтягування	4	1		1		2
15. Параметричне дослідження аеродинамічних характеристик крила	4	1		1		2
16. Розрахунок загального НДС крила з урахуванням розподілу аеродинамічного навантаження	4	1		1		2
<b>Разом за змістовим модулем 2</b>	<b>50</b>	<b>6</b>		<b>6</b>	<b>26</b>	<b>12</b>
<b>Усього годин</b>	<b>90</b>	<b>16</b>		<b>16</b>	<b>26</b>	<b>32</b>

## 5. Теми семінарських занять



№ з/п	Назва теми	Кількість годин
	<i>Не передбачено програмою</i>	

### 6. Теми практичних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
	<i>Не передбачено програмою</i>	

### 7. Теми лабораторних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1.	Основи роботи в CAD/CAE системі ANSYS і ANSYS Workbench. Підготовка геометричних моделей.	2
2.	Створення скінчено-елементних моделей в ANSYS і ANSYS Workbench	1
3.	Розрахунок загального НДС ферменної конструкції	2
4.	Розрахунок локального НДС елементів конструкції	1
5.	Визначення коефіцієнту концентрації напружень в пластині з отвором	1
6.	Розрахунок НДС з урахуванням контактної взаємодії. Задача Герца.	1
7.	Розрахунок НДС з урахуванням нелінійних властивостей матеріалу	2
8.	Розрахунок НДС з урахуванням температурних напружень	2
9.	Параметричне дослідження аеродинамічних характеристик крила	2
10.	Розрахунок загального НДС крила з урахуванням розподілу аеродинамічного навантаження	2
	<b>Разом</b>	<b>16</b>

### 8. Самостійна робота

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
	<b>Змістовий модуль 1.</b>	
1	Вивчення основних меню інтерактивного інтерфейсу системи ANSYS	2
2	Налаштування візуалізації та орієнтації моделі в системі ANSYS	2
3	Освоєння графічного вибору об'єктів моделі	2
4	Вивчення основних можливостей модуля PREPROCESSOR	2
5	Вивчення основних можливостей модуля SOLUTION	2
6	Вивчення моделей матеріалів, доступних в системі ANSYS	2
7	Вивчення основних можливостей модуля POSTPROCESSOR	4
	<b>Змістовий модуль 2.</b>	
8	Вивчення основних меню інтерактивного інтерфейсу системи ANSYS Workbench	4
9	Освоєння графічного вибору об'єктів моделі ANSYS Workbench	4
10	Вивчення моделей матеріалів, доступних в системі ANSYS Workbench	4
11	Вивчення основних можливостей модуля Static Structural	4
	<b>Разом</b>	<b>32</b>

### 9. Індивідуальні завдання

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	<i>Аналіз загального НДС кесону стрілоподібного крила</i>	26

## 10. Методи навчання

Проведення практичних занять, індивідуальні консультації (при необхідності), самостійна робота студентів за матеріалами, опублікованими кафедрою (методичні посібники) та ведучими авіаційними організаціями, користування матеріалами мережі Internet та електронними матеріалами розміщеними на сайті кафедри.

## 11. Методи контролю

Проведення поточного контролю, письмового модульного контролю, фінальний контроль у вигляді заліку.

### 11. Розподіл балів, які отримують студенти

#### 12.1. Розподіл балів, які отримують студенти (кількісні критерії оцінювання)

Поточне тестування та самостійна робота			Підсумковий тест (іспит) у випадку відмови від балів поточного тестування та допуску до заліку	Сума
Змістовий модуль 1	Змістовий модуль 2	Виконання лабораторних робіт		
T1 – T10	T1 – T16			
25	25	50	100	100

T1, T2 ... T12 – теми змістових модулів.

#### 12.2. Якісні критерії оцінювання

Необхідний обсяг знань для одержання позитивної оцінки:

**Задовільно (60-74).** Показати встановлений мінімум знань. Захистити всі індивідуальні завдання та здати тестування.

**Добре (75-89).** Твердо знати мінімум, захистити всі індивідуальні завдання, виконати всі КР.

**Відмінно (90-100).** Здати всі контрольні точки з оцінкою «відмінно». Досконально знати всі теми.

Необхідний обсяг вмінь для одержання позитивної оцінки:

**Задовільно (60-74).** Показати встановлений мінімум знань та умінь. Захистити всі індивідуальні завдання та здати тестування.

**Добре (75-89).** Твердо знати мінімум, захистити всі індивідуальні завдання, виконати всі КР.

**Відмінно (90-100).** Здати всі контрольні точки з оцінкою «відмінно». Досконально знати всі теми та уміти застосовувати їх.

#### 12.3 Критерії оцінювання роботи студента протягом семестру

**Задовільно (60-74).** Мати мінімум знань та умінь. Відпрацювати та захистити всі лабораторні роботи та домашні завдання.

**Добре (75 - 89).** Твердо знати мінімум знань, виконати усі завдання. Показати вміння виконувати та захищати всі лабораторні роботи в обумовлений викладачем строк з обґрунтуванням рішень та заходів, які запропоновано у роботах.

**Відмінно (90 - 100).** Повно знати основний та додатковий матеріал. Знати усі теми. Орієнтуватися у підручниках та посібниках. Безпомилково виконувати та захищати всі лабораторні роботи в обумовлений викладачем строк з докладним обґрунтуванням рішень та заходів, які запропоновано у роботах.

#### Шкала оцінювання: національна та ECTS

Сума балів за всі види навчальної діяльності	Оцінка ECTS	Оцінка за національною шкалою	
		для екзамену, курсового проекту (роботи), практики	для заліку

90 – 100	<b>A</b>	відмінно	зараховано
82-89	<b>B</b>	добре	
74-81	<b>C</b>		
64-73	<b>D</b>	задовільно	
60-63	<b>E</b>		
35-59	<b>FX</b>	незадовільно з можливістю повторного складання	не зараховано з можливістю повторного складання
0-34	<b>F</b>	незадовільно з обов'язковим повторним вивченням дисципліни	не зараховано з обов'язковим повторним вивченням дисципліни

### 13. Методичне забезпечення

Конспекти лекцій та література, котра знаходиться в бібліотеці, методичному кабінеті та в електронному вигляді на сервері кафедри проектування літаків та вертольотів (перелік приводиться нижче у розділі 14 даної програми).

### 14. Рекомендована література

#### Базова:

1. Crawford, John. Guidelines for good Analysis: A step-by-step process for obtaining meaningful results // ANSYS Solutions. – Fall 2003. – p. 69-74.
2. Crawford, John. Interpreting Your Analysis Results: Spend time reviewing the answers to understand what they really mean // ANSYS Solutions. – Spring 2004. – P. 36-38.
3. Release 14.0 Documentation for ANSYS. Element Reference. Element Library, ANSYS Inc., 2011.
4. Release 14.0 Documentation for ANSYS. Basic Analysis Guide. Loading. Defining Pretension in a Joint Fastener, ANSYS Inc., 2011.
5. Release 14.0 Documentation for ANSYS. Basic Analysis Guide. The General Postprocessor (POST1). Reading Result Data into the Database. 5.1.3. Creating an Element Table

#### Допоміжна:

1. Аналіз напружено-деформованого стану авіаційних конструкцій за допомогою системи ANSYS [текст]/В.М. Анпілов, А.Г. Гребеніков, Д.Ю. Дмитренко та ін. – Х. Нац. Аерокосм. Ун-т "ХАІ", АНТО "КНК", ANSYS INC., 2008. - 410 с.
2. Методологія інтегрованого проектування та моделювання збірних літакових конструкцій [текст] / О.Г. Гребеніков. - Х.: Нац. аерокосм. ун-т "ХАІ", 2006. - 532 с.
3. Аналіз напружено-деформованого стану авіаційних конструкцій за допомогою системи ANSYS: Навч. посібник о 2 год. [текст] / А.Г. Гребеніков, С.П. Світличний, В.М. Король, В.М. Анпілов - Х.: Нац. аерокосм. ун-т "ХАІ", CADFEM GmbH, АНТО "КНК", 2002. - Ч.1 - 310 с.
4. Проектування вертольотів [текст]/В.С. Кривцов, Я.С. Карпов, Л.І. Лосев. - Підручник. – Харків: Нац. аерокосм. ун-т "Харк. авіац. ін-т", 2003. – 344 с.
5. Основи загального проектування літаків із газотурбінними двигунами: Навч. посібник у 2 ч. [текст] / Балабуєв П.В., Бичков С.А., Гребеніков А.Г., Желдоченко В.М., Кобилянський А.А., М'ялиця А.К., Рябков В. І., Цепляєва Т.П. - Х.: Нац. аерокосм. ун-т "ХАІ", 2003. - Ч. 1 - 454 с. - Ч. 2 - 390 с.
6. Довідник з опору матеріалів [текст]/Писаренко Г.С., Яковлєв А.П., Матвєєв В.В. - 2-ге вид., перероб. та дод. - К.: Наук. думка, 1988. - 736с.
7. Коефіцієнти концентрації напруги. Графіки і формули розрахунку конструктивних елементів на міцність [текст] / Петерсон Р. – М.: Мир, 1977. – 302 з.
8. Матеріали конференції користувачів ANSYS. - М., 2005
9. Довідник з концентрації напруг [текст]/Савін Г.М., Тульчий В.І. - К.: Вища школа, 1976. - 412 с

### **15. Інформаційні ресурси**

1. Сайт кафедри проектування літаків та вертольотів [k103.khai.edu](http://k103.khai.edu).
2. Сервер кафедри проектування літаків та вертольотів.
3. Ресурси мережі Internet