

Міністерство освіти і науки України
Національний аерокосмічний університет
«Харківський авіаційний інститут»

Кафедра проектування літаків і вертольотів (№ 103)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Гарант освітньої програми

 Людмила КАПІТАНОВА
(підпис) (ініціали та прізвище)

« 01 » вересня 2025 р.

СИЛАБУС ВИБІРКОВОЇ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Інженерний аналіз елементів АТ

(назва навчальної дисципліни)

Мажор, дисципліна 1.3

(назва вибіркової категорії)

Галузь знань: G «Інженерія, виробництво та будівництво»
(шифр і найменування галузі знань)

Спеціальність: G12 «Авіаційна та ракетно-космічна техніка»
(код і найменування спеціальності)

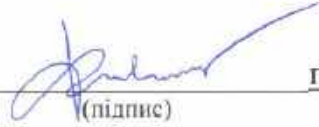
Освітня програма: «Проектування, виробництво та сертифікація авіаційної техніки»
(найменування освітньої програми)

Рівень вищої освіти: другий (магістерський)

Силабус введено в дію з 01.09.2025

Харків 2025 р.

Розробник:


(підпис)

проф. д.т.н., с.н.с. Сергій ФІЛІПКОВСЬКИЙ
(посада, ім'я та прізвище)

Силабус навчальної дисципліни розглянуто на засіданні кафедри № 103
Проектування літаків і вертольотів
(назва кафедри)

Протокол № 1 від « 29 » серпня 2025 р.

Завідувач кафедри

к.т.н., доцент


(підпис)

Сергій ТРУБАЄВ
(ім'я та прізвище)

Погоджено з представником здобувачів освіти:


(підпис)

Данило МАСЛО
(ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

1. Загальна інформація про викладача



ПІБ: Філіпковський Сергій Володимирович

Посада: професор кафедри проектування літаків і вертольотів

Науковий ступінь: доктор технічних наук

Вчене звання: професор

Перелік дисциплін, які викладає:

- Надійність та ресурс авіаційної та ракетно-космічної техніки;
- Інженерний аналіз елементів АТ;
- Fundamentals of Airplanes and Helicopters Designing;
- Science and Engineering History.

Напрями наукових досліджень:

аеропружність; ресурс авіаційної та ракетно-космічної техніки; нелінійна динаміка механічних систем; розрахунки на міцність машинобудівних конструкцій.

Контактна
s.filipkovskij@khai.edu

інформація:

2. Опис навчальної дисципліни

Форма здобуття освіти	Денна, заочна
Семестр	1
Мова викладання	Українська
Тип дисципліни	Вибіркова
Обсяг дисципліни: кредити ЄКТС/ кількість годин	<u>денна</u> : 3 кредитів ЄКТС / 90 годин (32 аудиторних, з яких: лекції – 16, лабораторні – 16; СРЗ – 58); <u>заочна</u> : 3 кредитів ЄКТС / 90 годин (8 аудиторних, з яких: лекції – 4, лабораторні – 4; СРЗ – 82)
Види навчальної діяльності	Лекції, лабораторні заняття, самостійна робота здобувача
Види контролю	Поточний контроль, модульний контроль, семестровий контроль – іспит
Пререквізити	Фізика, Математика, Нарисна геометрія та інженерна графіка, Теоретична механіка, Теорія механізмів і машин, Деталі машин, Опір матеріалів, Матеріалознавство, Аерогідрогазодинаміка, Конструювання елементів та агрегатів АРКТ, Системи літального апарату, Комп'ютерна система КОМПАС-3D, Інтегроване проектування літаків та вертольотів та Проектування силових установок
Кореквізити	Проектування, випробування та сертифікація об'єктів АРКТ,
Постреквізити	Надійність та ресурс АРКТ, Проектування інженерного експерименту, дипломне проектування

3. Мета та завдання навчальної дисципліни, переліки компетентностей та очікуваних результатів навчання

Мета – 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.

Завдання – 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.

Компетентності, які набуваються:

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)

Після закінчення цієї програми здобувач освіти буде здатен:

- 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 (ФК)

Після закінчення цієї програми здобувач освіти буде здатен:

- 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.

4. Зміст навчальної дисципліни

МОДУЛЬ 1

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 скінченого 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 и 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 и ANSYS Workbench. Методи створення скінчено-елементних сіток в CAD/CAE системі ANSYS и ANSYS Workbench.

Призначення атрибутів об'єктам CAD моделі. Управління щільністю сітки. Опція SmartSizing. Глобальне управління розміром елемента. Розмір скінченого елемента за замовчуванням. Локальне управління розміром скінченого 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 шпінта. Створення скінчено-елементної сітки моделі колеса.

ТЕМА 5. Основи логічного вибору об'єктів в CAD/CAE системі ANSYS и ANSYS Workbench. Основи завдання граничних умов та прикладання навантаження до моделі для різних типів розв'язуваних задач в CAD/CAE системі ANSYS и 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 и ANSYS Workbench. Аналіз результатів рішення за допомогою модуля постпроцесору (POSTPROCESSOR) в CAD/CAE системі ANSYS и 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 силовій 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 коефіцієнту 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.

Модульний контроль 1.

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 стріловидного крила.

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

ТЕМА 13. Розрахунок вузла кріплення пасажирського крісла. Моделювання попередньої затяжки в болтовому з'єднанні.

Аналіз загального та локального НДС у вузлі кріплення пасажирського крісла.

Приводяться методи моделювання попередньої затяжки 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.

Модульний контроль 2.

Структура навчальної дисципліни

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин				
	денна форма				
	усього	у тому числі			
		л	п	лаб	с.р.
1	2	3	4	5	7
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
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 Worcbenh	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
Разом за змістовим модулем 1	40	10	–	10	20
11. Аналіз загального НДС носового стояка шасі	4	1		1	2
12. Аналіз загального НДС кесону стрілоподібного крила	30	1		1	28
13. Розрахунок вузла кріплення пасажирського крісла. Моделювання попередньої затяжки в болтовому з'єднанні	4	1		1	2
14. Задача Герца. Контакт циліндра з	4	1		1	2

1	2	3	4	5	7
площиною. Випробування матеріалів на розтягування					
15. Параметричне дослідження аеродинамічних характеристик крила	4	1		1	2
16. Розрахунок загального НДС крила з урахуванням розподілу аеродинамічного навантаження	4	1		1	2
Разом за змістовим модулем 2	50	6		6	38
Усього годин	90	16		16	58

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
	Разом	16

Самостійна робота

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
	Змістовий модуль 1.	
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
	Змістовий модуль 2.	
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
	Разом	32

5. Індивідуальні завдання

РГР на тему «Аналіз загального НДС кесону стрілоподібного крила».

6. 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.

7. Методи контролю

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

8. Критерії оцінювання та розподіл балів, які отримують здобувачі освіти

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

Складові навчальної роботи	Бали за одне заняття (завдання)	Кількість занять (завдань)	Сумарна кількість балів
Модуль 1			
Виконання і захист лабораторних (практичних) робіт	0...5	7	0...35
Модульний контроль	0...25	1	0...25
Модуль 2			
Виконання і захист лабораторних (практичних) робіт	0...5	3	0...15
Модульний контроль	0...20	1	0...20
Виконання і захист РГР (РР, РК)	0...5	1	0...5
Усього за семестр			0...100

Семестровий контроль (іспит) проводиться у разі відмови студента від балів поточного тестування й за наявності допуску до іспиту. Під час складання семестрового іспиту студент має можливість отримати максимум 100 балів.

Білет для іспиту складається з 3-х (трьох) запитань, наведених в темах програми навчальної дисципліни з максимальною кількістю балів за кожне питання (100/3).

8.2. Якісні критерії оцінювання:

– необхідний обсяг знань для одержання позитивної оцінки згідно тем програми навчальної дисципліни;

– необхідний обсяг вмінь для одержання позитивної оцінки згідно з уміннями виконувати розрахунки згідно тем лабораторних занять.

8.3. 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: бальна і традиційна

Сума балів	Оцінка за традиційною шкалою	
	Іспит, диференційований залік	Залік
90 – 100	Відмінно	Зараховано
75 – 89	Добре	
60 – 74	Задовільно	
0 – 59	Незадовільно	Не зараховано

9. Політика навчального курсу

Відвідування занять. Відвідування занять є обов'язковим компонентом оцінювання. Високо оцінюється прагнення здобувачів вищої освіти планомірно та систематично засвоювати навчальний матеріал, активно працювати на практичних заняттях, брати участь в обговоренні дискусійних питань, повною мірою долучатися до активних форм навчання, відпрацьовувати пропущені практичні заняття. За об'єктивних причин (наприклад, хвороба, міжнародне

стажування) навчання може відбуватись в дистанційній формі за погодженням із керівником курсу.

Дотримання вимог академічної доброчесності здобувачами освіти під час вивчення навчальної дисципліни. Під час вивчення навчальної дисципліни здобувачі освіти мають дотримуватися загальноприйнятих морально-етичних норм і правил поведінки, вимог академічної доброчесності, передбачених Положенням про академічну доброчесність Національного аерокосмічного університету «Харківський авіаційний інститут». Очікується, що роботи здобувачів освіти будуть їх оригінальними дослідженнями або міркуваннями. Відсутність посилань на використані джерела, фабрикавання джерел, списування, втручання в роботу інших здобувачів освіти становлять, але не обмежують, приклади можливої академічної недоброчесності. Виявлення ознак академічної недоброчесності в письмовій роботі здобувача освіти є підставою для її незарахування викладачем незалежно від масштабів плагіату чи обману.

Вирішення конфліктів. Порядок і процедури врегулювання конфліктів, пов'язаних із корупційними діями, зіткненням інтересів, різними формами дискримінації, міжособистісними стосунками та іншими ситуаціями, що можуть виникнути під час навчання.

10. 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 11 даної програми).

Сторінка дисципліни знаходиться у системі дистанційного навчання Ментор за посиланням:

<https://mentor.khai.edu/course/view.php?id=2485>.

11. 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 "КНХ", 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 "КНХ", 2002. - Ч.1 – 310 с.

4. Проектування вертольотів [текст] / В.С. Кривцов, Я.С. Карпов, Л.І. Лосєв. - 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., Яковлев А.П., Матвеев В.В. - 2-ге вид., перероб. та дод. – К.: Наук. думка, 1988. – 736с.

7. Довідник з концентрації напруг [Текст] / Савін Г.М., Тульчий В.І. - К.: Вища школа, 1976. – 412 с.

12. Інформаційні ресурси

1. Сайт кафедри проектування літаків та вертольотів k103.khai.edu.
2. Сервер кафедри проектування літаків та вертольотів.