



Автоматизація проектування РКА

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	<i>Другий (магістерський)</i>
Галузь знань	<i>13 Механічна інженерія</i>
Спеціальність	<i>134 Авіаційна та ракетно-космічна техніка</i>
Освітня програма	<i>Інженерія авіаційних та ракетно-космічних систем</i>
Статус дисципліни	<i>Вибіркова</i>
Форма навчання	<i>очна(денна)</i>
Рік підготовки, семестр	<i>5курс, весняний семестр</i>
Обсяг дисципліни	<i>6 кредитів ЕКТС/180 годин</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>Екзамен</i>
Розклад занять	<i>У відповідності до розкладу занять розміщеному на сайті http://rozklad.kpi.ua/</i>
Мова викладання	<i>Українська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор: к.т.н., доцент Гришанова Ірина Аркадіївна, irgryshanova@gmail.com Лабораторні: к.т.н., доцент Гришанова Ірина Аркадіївна, irgryshanova@gmail.com
Розміщення курсу	https://meet.google.com/ajq-mwgs-xqz

Програма навчальної дисципліни

1. Опис навчальної дисципліни, її мета, предмет вивчення та результати навчання

Автоматизація проектування ракетно-космічних апаратів (РКА) – це сукупність методів і засобів, призначених для реалізації системи або систем, що дозволяють здійснювати процес проектування без безпосередньої участі людини, або лишають за людиною право прийняття найбільш відповідальних рішень.

Основа автоматизації проектування полягає у перерозподілі матеріальних, енергетичних і інформаційних потоків у відповідності з прийнятим критерієм управління (оптимальності). Комп'ютерна система інженерного аналізу ANSYS дозволяє проводити складні міждисциплінарні розрахунки з урахуванням нелінійних і високошвидкісних процесів. Повний набір функцій і алгоритмів системи дозволяє користувачу подолати межі оціночних конструкторських розрахунків, даючи можливості моделювати численні варіанти РКА.

Саме тому в рамках даної дисципліни вивчатиметься система ANSYS і особливості її застосування як ключової технології сучасного проектування.

Основною метою даної дисципліни є вивчення теоретичних основ і здобуття практичних навичок автоматизації процесу проектування РКА.

Предмет дисципліни включає

- Ознайомлення з інтерфейсом ANSYS стосовно створення або імпорту геометричної моделі, накладання сітки, прикладення навантажень і зусиль, обробки і аналізу отриманих результатів
- Запровадження методики виконання симуляцій на базі методу кінцевих елементів, включаючи лінійний статичний, модальний, температурний і гідродинамічний аналізи;
- Проведення параметричного аналізу.

Загальні і фахові компетентності:

- Здатність проведення досліджень на відповідному рівні;
- Здатність спілкуватися з представниками інших професійних груп різного рівня (з експертами з інших галузей знань/видів економічної діяльності);
- Здатність генерувати нові ідеї (креативність);
- Здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями;
- Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел;
- Здатність працювати в міжнародному контексті;
- Здатність формулювати, ставити та вирішувати проблеми;
- Здатність використовувати інформаційні і комунікаційні технології;
- Здатність розробляти проекти та управляти ними;
- Здатність використовувати поглиблені знання спеціального математичного інструментарію для математичного моделювання та ідентифікації процесів, обладнання, засобів і систем автоматизації, контролю, діагностики, випробування та керування складними організаційно-технічними об'єктами та системами з використанням сучасних технологій проведення наукових досліджень.

Знання:

- Знання методів прийняття оптимальних проектних рішень;
- Знання інтелектуальних методів та систем підтримки прийняття проектних рішень;
- Знання технічних характеристик РКА, що застосовуються на виробництвах;
- Знання методів наукового аналізу і синтезу;
- Знання основ розробки елементів комп'ютерних технологій проектування РКА;
- Знання основ сучасних методів та технологій виробництва РКА.

Уміння:

- Вміти створювати високонадійні системи автоматизації на основі сучасних положень теорії надійності, функціональної безпеки програмних та технічних засобів, аналізу та зменшення ризиків в складних системах.

2. Пререквізити та постреквізити дисципліни (місце в структурно-логічній схемі навчання за відповідною освітньою програмою)

Вивчення дисципліни базується на знаннях та вміннях отриманих під час вивчення «Фізики», «Вищої математики», «Матеріалознавства» тощо.

Для успішного вивчення дисципліни здобувачі вищої освіти повинні володіти навичками використання інформаційних технологій, здатністю до пошуку, опрацюванню та аналізу інформації з різних джерел.

Знання, вміння та навички отримані під час вивчення даної дисципліни можуть бути використані під час вивчення наступних дисциплін: «Льотні випробування», «Аеродинаміка літальних апаратів», «Числові методи динаміки літальних апаратів» тощо.

3. Зміст навчальної дисципліни

Розділ 1. Вступ до курсу. Основи роботи з ANSYS

Тема 1. Вступ до курсу. Знайомство з ANSYS Workbench.

Тема 2. Основи Mechanical Application.

Розділ 2. Підготовка задачі до розв'язання. Препроцесінг

Тема 3. Основні етапи препроцесінгу.

Тема 4. Методи побудови сітки

Тема 5. Поєднання при моделюванні.

Тема 6. Віддалені граничні умови та рівняння зв'язку.

Розділ 3. Різні види аналізу в ANSYS Mechanical Application

Тема 7. Статичний конструкційний аналіз.

Тема 8. Модальний аналіз

Тема 9. Термоаналіз

Тема 10. Гідродинамічний аналіз

Розділ 4. Постпроцесінг і оптимізація

Тема 11. Результати і постпроцесінг

Тема 12. CAD і параметри

4. Навчальні матеріали та ресурси

Базові

1. Системи CAD/CAE. ANSYS FLUENT: навч. посіб./ І.А. Гришанова, І.В. Коробко. – К.: «ДІЯ ЛТД», 2012. – 208 с.
2. Федорова Н. Н., Вальгер С. А., Данилов М. Н., Захарова Ю. В. Основы работы в ANSYS 17. – М.: ДМК Пресс, 2017..
3. Басов К.А. Графический интерфейс комплекса ANSYS. – М.: ДМК Пресс, 2006. – 248 с.
4. Каплун А.Б., Морозов Е.М., Олферьева М.А. Ansys в руках инженера. Практическое руководство. - М.: Либроком, 2015.- 269 с.
5. Tadeusz Stolarski; Y Nakasone; S Yoshimoto Engineering analysis with ANSYS software.- Oxford : Butterworth-Heinemann, 2018. – 551р.

Додаткова література

5. Електронний ресурс : www.ansys.com

6. Чигарев А.В., Кравчук А.С., Смалюк А.Ф. Ansys для инженеров. Справочное пособие. - М: Машиностроение-1, 2004. — 512 с.

7. Басов К.А. Ansys в примерах и задачах. - М: КомпьютерПресс, 2002. —224 с.

Навчальний контент

5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Розділ 1. Вступ до курсу. Основи роботи з ANSYS

Тема 1. Вступ до курсу. Знайомство з ANSYS Workbench

Лекція 1. Концепції та ідеї курсу

Мета і завдання дисципліни. Короткий огляд різних аналізів, які містить ANSYS. Роль ANSYS при моделюванні аварійних ситуацій. Зміст і місце дисципліни у навчальному процесі. Джерела інформації, які рекомендуються для успішного вивчення дисципліни.

Тема 2. Основи Mechanical Application

Лекція 2. Основи Mechanical Application як одного з модулів ANSYS

Підхід до базового аналізу. Mechanical Interface. Меню. Інструментарій. Дерево проекту і деталі. Графічне вікно. Загальні навантаження і опорні елементи.

Лекція 3. Основи Mechanical Application (Продовження)

Демонстрація відеоприкладів. The Engineering Data application. Призначення властивостей матеріалів

Розділ 2. Підготовка задачі до розв'язання. Препроцесінг

Тема 3. Основні етапи препроцесінгу

Лекція 4. Основні етапи препроцесінгу

Що таке препроцесінг. Геометрія. Контактна взаємодія. Координатні системи. Найменовані виділення (Named Selections). Генератор об'єктів. Інформація про виділені об'єкти.

Тема 4. Методи побудови сітки

Лекція 5. Глобальні параметри сітки

Генерація сітки. Щільність сітки, її змінення. Опції змінення щільності сітки. Контроль форми елементів.

Лекція 6. Локальні параметри сітки

Локальне змінення сітки. Генерація сітки за розміткою. Сітка на подібних поверхнях. Зміна сітки в збірці. Сітка в тонких деталях. Гексагональна сітка.

Лекція 7. Проблеми при побудові сітки

Відмови при генеруванні сітки. Віртуальна топологія Безпосереднє нанесення сітки. Критерії якості сітки

Тема 5. Поєднання при моделюванні

Лекція 8. Поєднання при моделюванні

Контакт. Параметри контакту. Результати контакту. Контакт твердих тіл. Контактні елементи. Візуалізація контакту. Перегляд контактів. Контактні поверхні. Вибір скритих поверхонь. Перевизначення контактів. Перейменування контактів. Редагування контактів. Контакт: розширені можливості. Пошук контакту. Контакт деталей 2D. Контакт складових деталей. Контакт оболонок

Лекція 9. Поєднання при моделюванні (продовження)

Місця зварювання. Поєднання сіток. Відомість поєднань

Тема 6. Віддалені граничні умови та рівняння зв'язку

Лекція 10. Віддалені граничні умови та рівняння зв'язку

Визначення. Віддалені точки. Контроль за поведінкою. Pinball Control. Розподіл віддаленої точки. Опції відображення

Розділ 3. Різні види аналізу в ANSYS Mechanical Application

Тема 7. Статичний конструкційний аналіз

Лекція 11. Статичний конструкційний аналіз

Основи лінійного статичного аналізу. Геометрія. Властивості матеріалів. Контакт. Установки, характерні для даного аналізу. Навантаження. Закріплення. Відображення навантажень і закріплень. Контактна взаємодія при закріпленнях. Розрахунок моделі.

Лекція 12. Статичний конструкційний аналіз (продовження)

Результати і постпроцесінг. Лінійний аналіз проти нелінійного.

Аналіз перехідних процесів. Часові кроки. Постпроцесінг кроків. Направлення навантаження. Швидкість обертання. Сили і тиск. Тиск опори. Момент. Віддалене навантаження. Болтовий натяг. Обмеження зміщення. Закріплення твердих тіл. Закріплення лінійних і поверхневих тіл. Переміщення. Напруження і деформації. Головні нормальні напруження. Еквівалентні напруження. Максимальне напруження зсуву.

Тема 8. Модальний аналіз

Лекція 13. Модальний аналіз

Модальний аналіз. Вільні механічні коливання. Власна частота коливань. Послідовність модального аналізу. Геометрична модель. Властивості матеріалів. Контактні умови. Опції контакту. Опції розрахунку. Навантаження і закріплення.

Тема 9. Термоаналіз

Лекція 14. Задачі і модель термоаналізу.

Задачі термоаналізу. Стаціонарна теплопередача. Фізична модель. Фізичний фільтр. Геометричні моделі. Оболонки і балки. Властивості матеріалів. Збірка – контакт твердих тіл. Модель контакту. Види теплових навантажень. Адіабатичні умови. Теплові граничні умови. Конвекція. Температурно-залежна конвекція. Коефіцієнт тепловіддання.

Тема 10. Гідродинамічний аналіз

Лекція 15. Вступ до ANSYS CFX

Домен. Типи і завдання граничних умов. Моделі турбулентності. Порівняння CFX з FLUENT

Розділ 4. Постпроцесінг і оптимізація

Тема 11. Результати і постпроцесінг

Лекція 16. Огляд і аналіз отриманих результатів моделювання

Розрахункові параметри. Розрахункові моди. Опції солвера. Створення сітки і розв'язок. Перегляд результатів. Розгляд прикладу.

Лекція 17. Постпроцесінг

Поперечні перерізи, інструментарій для отримання значень різних параметрів в будь-якій точці обчислювального домену, можливі результати розрахунку та їхня обробка, функції користувача. Оцінка похибки розрахунків, збіжність, вплив на швидкість досягнення збіжності. Контури, вектори, табличні параметри, - як форми постпроцесінгу.

Тема 12. CAD і параметри

Лекція 18. Оптимізація в ANSYS

CAD імпортування. Визначення параметрів в Workbench. Використання параметричного простору. Оновлення CAD параметрів.

Комп'ютерний практикум

Основні завдання циклу комп'ютерного практикуму полягають в тому, щоб навчити студентів основам застосування технологій програмного середовища ANSYS для автоматизації проєктування РКА.

Розділ 1. Вступ до курсу. Основи роботи з Mechanical Application

Тема 2. Основи Mechanical Application

Практикум 1. Вступ до ANSYS Mechanical

Мета: Використовуючи інструмент Stress Wizard, зробити постановку задачі і її розв'язок на предмет отримання напружень в моделі, відхилень, а також оцінки запасу міцності.

Тема 8. Модальний аналіз

Практикум 2. Аналіз вільних вібрацій

Мета: дослідити вібраційні характеристики машинної рамки, використати модальний аналіз, змінюючи точки закріплення рамки

Тема 9. Термоаналіз

Практикум 3. Стаціонарний термоаналіз

Мета: проаналізувати кожух насоса на предмет характеристик теплопередачі за умови виготовлення кожуха з алюмінію і пластмаси та порівняти результати.

Тема 10. Гідродинамічний аналіз

Практикум 4. Обтікання профілю крила

Мета: визначити коефіцієнти підйому і гальмування.

Практикум 5. Моделювання перехідних процесів в гідравлічній системі

Мета: ознайомитися з моделюванням процесів, змінних в часі, та створенням мультифазних середовищ

Тема 12. CAD і параметри

Практикум 6. Параметризація

Мета: знайти оптимальний кут атаки крила при обтіканні його повітрям, щоб досягти найбільшого коефіцієнту підйому і найменшого коефіцієнту гальмування.

6. Самостійна робота студента/аспіранта

Самостійна робота студентів містить в собі підготовку до аудиторних занять, модульної контрольної роботи.

Політика та контроль

7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Форми організації освітнього процесу, види навчальних занять і оцінювання результатів навчання регламентуються Положенням про організацію освітнього процесу в Національному технічному університеті України «Київському політехнічному інституті імені Ігоря Сікорського».

Система вимог, які висуваються до студентів:

- Відвідування занять (як лекцій, так і практичних) є обов'язковим; в разі дистанційного навчання студент має бути постійно на зв'язку з викладачем, звітувати про виконані практикуми, а також брати активну участь в лекційних заняттях, якщо вони проводяться в синхронному режимі.
- Правила поведінки на заняттях передбачають активну творчу роботу студента, вітається доповідь на актуальні теми і ознайомлення інших студентів групи з новинками в межах предмету навчальної дисципліни.
- В кінці практичного заняття студент повинен показати викладачу результати своєї роботи і дочекатися відмітки у відомості про виконання комп'ютерного практикуму;
- Заохочувальні бали призначатимуться за цікаву і змістовну доповідь щодо новітніх розробок в галузі комп'ютерного моделювання на базі ANSYS (до 5 балів), а також за виконання комп'ютерних практикумів раніше зазначених викладачем термінів (по 1 балу);
- В разі невідвідування студентом занять заборгованість по комп'ютерним практикумам можна ліквідувати під час консультацій викладача, але лише впродовж семестру. Перескладання екзамену відбувається до 2 разів, дедлайн для передостанньої і останньої спроб складання екзамену йде у відповідності з розкладом, наданим деканатом.
- Політика щодо академічної доброчесності відповідає політиці академічної доброчесності по НТУУ «КПІ ім. І. Сікорського».

8. Види контролю та рейтингова система оцінювання результатів навчання (PCO)

Поточний контроль: *опитування за темою заняття, МКР.*

Календарний контроль: *провадиться двічі на семестр як моніторинг поточного стану виконання вимог силабусу.*

Семестровий контроль: *екзамен.*

Умови допуску до семестрового контролю: *семестровий рейтинг більше 20 балів.*

Рейтинг студента з дисципліни складається з балів, що він отримує за:

- 1) виконання та захист робіт комп'ютерного практикуму;
- 2) відповіді на модульній контрольній роботі;
- 3) відповіді на екзамені.

Практичні роботи – сума 60 балів.

Модульна контрольна робота – 10 балів.

Семестровий екзамен – 30 балів.

Сума вагових балів контрольних заходів протягом семестру складає $RC = 70$ балів.

Екзамен – $RE = 30$ балів.

Таким чином, рейтингова шкала з дисципліни складає

$R = RC + RE = 100$ балів.

Студенти, які набрали протягом семестру необхідну кількість балів ($RD \geq 0,9R$), тобто більше 63 балів мають можливість:

- отримати залікову оцінку так званим “автоматом” відповідно до набраного рейтингу;
- виконувати атестаційну екзаменаційну контрольну роботу з метою підвищення

оцінки;

Екзаменаційна письмова робота містить три питання.

Кожне запитання оцінюється в 10 балів за такими критеріями:

- «відмінно» – повна відповідь (не менше 90% потрібної інформації), надані відповідні обґрунтування та особистий погляд – 10 - 8 балів;
- «добре» – достатньо повна відповідь (не менше 75% потрібної інформації), що виконана згідно з вимогами до рівня «умінь», або незначні неточності – 7...5 балів;
- «задовільно» – неповна відповідь (не менше 60% потрібної інформації), що виконана згідно з вимогами до «стереотипного» рівня та деякі помилки – 4...2 бали;
- «незадовільно» – незадовільна відповідь – 0 балів.

Таблиця відповідності рейтингових балів оцінкам за університетською шкалою:

<i>Кількість балів</i>	<i>Оцінка</i>
100-95	Відмінно
94-85	Дуже добре
84-75	Добре
74-65	Задовільно
64-60	Достатньо
Менше 60	Незадовільно
Не виконані умови допуску	Не допущено

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено доцент кафедри автоматизації та систем неруйнівного контролю , к.т.н., с.н.с Гришанова Ірина Аркадіївна,

Ухвалено кафедрою космічної інженерії (протокол № 15 від 07.06.2023 р.)

Погоджено Методичною комісією **НН ІАТ** (протокол № 6 від 22.06.2023 р.)