



# Моделювання аварійних ситуацій в середовищі ANSYS

## Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

### Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	<i>Перший (бакалаврський)</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>Зкурс, весняний семестр</i>
Обсяг дисципліни	<i>4 кредити ЕКТС/120 годин, 36 год. лекцій, 36 год. Комп'ютерних практикумів</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>Залік</i>
Розклад занять	<i>У відповідності до розкладу занять розміщеному на сайті <a href="http://rozklad.kpi.ua/">http://rozklad.kpi.ua/</a></i>
Мова викладання	<i>Українська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор: к.т.н., доцент Гришанова Ірина Аркадіївна, <a href="mailto:irgryshanova@gmail.com">irgryshanova@gmail.com</a> Лабораторні: к.т.н., доцент Гришанова Ірина Аркадіївна, <a href="mailto:irgryshanova@gmail.com">irgryshanova@gmail.com</a>
Розміщення курсу	<a href="https://classroom.google.com/c/NTQxMDk1MTU2MDI2?cjc=bmhjstl">https://classroom.google.com/c/NTQxMDk1MTU2MDI2?cjc=bmhjstl</a>

### Програма навчальної дисципліни

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

Іntenсивні обчислення для моделювання та оптимізації стали важливою діяльністю при проектуванні та експлуатації складних систем в інженерії. У той час як обчислювальна наука є дисципліною сама по собі, вона служить для розвитку всієї науки та техніки. Незважаючи на вже значний рівень прогресу, очікується, що в наступні десятиліття буде стрімке зростання попиту на точне та надійне чисельне моделювання та оптимізацію складних систем. Важливо усвідомити різницю між інформатикою та обчислювальними технологіями типу ANSYS, перша відноситься до науки і техніки, що стосуються комп'ютера, тоді як друга група стосується розробки технологій моделювання та оптимізації і програмного забезпечення для конкретних системних додатків, зокрема моделювання аварійних ситуацій в певних модулях середовища ANSYS. Цьому і присвячена дисципліна.

*Компетентності, які студент отримає під час вивчення дисципліни*

Здатність практично вирішувати питання, пов'язані з моделюванням аварійних ситуацій та аналізом їхніх наслідків.

Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях, коли не є можливим змоделювати таку ситуацію в реальних умовах заздалегідь.

Здатність проектування технічних засобів або систем з врахуванням сценарію розгортання аварійної ситуації.

*Програмні результати навчання*

Вміти оцінювати вплив конструктивних параметрів елементів авіаційної та ракетно-космічної техніки на її льотно-технічні характеристики. Мати уявлення про методи забезпечення стійкості та керованості авіаційної та ракетно-космічної техніки.

Вміти впроваджувати сучасні технології, які використовуються у космічній інженерії, вносити зміни та пропозиції у конструкторську та технологічну документацію з урахуванням результатів моделювання можливих аварійних ситуацій.

Вміти пов'язувати набуті знання і уміння в рамках системного підходу до комплексного забезпечення високого науково-технічного рівня розробки систем космічної інженерії

## **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 аварійних ситуацій в ANSYS Mechanical Application*

*Тема 7. Статичний конструкційний аналіз.*

*Тема 8. Модальний аналіз*

*Тема 9. Термоаналіз*

*Тема 10. Продукти Explicit Dynamics*

*Розділ 4. Постпроцесінг і оптимізація*

*Тема 11. Результати і постпроцесінг*

## **4. Навчальні матеріали та ресурси**

### **Базові**

- 1. Гришанова, І.А. Розв'язок задач проектування приладів та систем з використанням ANSYS і MATHCAD [Текст]: підручник / І. А. Гришанова, Л. П. Згуровська, Ю. В. Киричук. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, Вид-во «Політехніка», 2022. – 180 с.*
- 2. Гришанова, І.А. Системи CAD/CAE. ANSYS FLUENT [Текст]: підруч. для вузів / І. А. Гришанова, І. В. Коробко. – К.: Дія ЛТД, 2012. – 208 с.*
- 3. Сайт компанії ANSYS, Inc. [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://www.ansys.com/>. – Назва з екрана. – Мова англ.*

### **Додаткові**

- 4. ANSYS Workbench 2021 R1: A Tutorial Approach / Prof. Sham Tickoo Purdue Univ. and CAD/CIM Technologies. - CAD/CIM Technologies, 2021. – 496 p.*

5. Huei-Huang Lee *Finite Element Simulations with ANSYS Workbench 2019* / Lee Huei-Huang. - SDC Publications, 2019. – 614 p.

6. Kent Lawrence *ANSYS Tutorial Release 2020* / Lawrence Kent. - SDC Publications, 2020. - 190 p.

7. Saeed Moaveni *Finite Element Analysis: Theory and Application with ANSYS* / Moaveni Saeed. - Pearson, 2014. - 936 p.

## 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 проєкту 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 аварійних ситуацій 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. Розгляд і аналіз можливих аварійних ситуацій.

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. Розгляд і аналіз можливих аварійних ситуацій.

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. Розгляд і аналіз можливих аварійних ситуацій.

Тема 10. Продукти Explicit Dynamics

Лекція 15. Вступ до ANSYS AUTODYN

Лагранжеві солвери, Ейлерові солвери, безсіткові солвери. Порівняння солверів. AUTODYN та Workbench. Розгляд і аналіз можливих аварійних ситуацій. Імпульсне навантаження на структури різної конфігурації. Моделювання зіткнення зграї птахів з крилом літака. Моделювання підриву міни під днищем рухомого складу. Проходження кулі через сталеву конструкцію. Детонація в жорсткій циліндричній конструкції.

### **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.

## **Комп'ютерний практикум**

Основні завдання циклу комп'ютерного практикуму полягають в тому, щоб навчити студентів основам застосування технологій програмного середовища ANSYS для моделювання і аналізу різноманітних аварійних ситуацій, як невід'ємної частини процесів, які виникають в техніці.

### **Розділ 1. Вступ до курсу. Основи роботи з ANSYS**

#### **Тема 2. Основи Mechanical Application**

Практикум 1. Вступ до ANSYS Mechanical. Використовуючи інструмент Stress Wizard, зробити постановку задачі і її розв'язок на предмет отримання напружень в моделі, відхилень, а також оцінки запасу міцності.

### **Розділ 2. Підготовка задачі до розв'язання. Препроцесінг**

#### **Тема 3. Основні етапи препроцесінгу**

Практикум 2. Аналіз контактної взаємодії деталей.

Проаналізувати умови закріплення моделі, в якій присутня контактна взаємодія деталей, і оцінити за яких умов відбудеться деформація і чи призведе вона до руйнувань.

#### **Тема 4. Методи побудови сітки**

Практикум 3. Контроль за побудовою сітки

Навчитися використовувати техніки побудови сітки на збірці.

### **Розділ 3. Різні види аналізу аварійних ситуацій в ANSYS Mechanical Application**

#### **Тема 8. Модальний аналіз**

Практикум 4. Аналіз вільних вібрацій

Дослідити вібраційні характеристики машинної рами, використати модальний аналіз, змінюючи точки закріплення рамки. Дослідити чи матиме місце аварійна ситуація за певних умов закріплення рами.

#### **Тема 10. Продукти Explicit Dynamics**

Практикум 5. Моделювання ударного навантаження і розбиття наповненої ємності

Практикум 6. Зіткнення зграї птахів з крилом літака (альтернативний)

## **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 заліку відбувається до 2 разів, дедлайн для передостанньої і останньої спроб складання заліку 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:

#### *виконання комп'ютерних практикумів*

Комп'ютерний практикум оцінюється в 15 балів, причому максимально 5 балів можна отримати за правильно підготовлений звіт по роботі у вигляді протоколу, і максимально 10 балів надається за захист роботи, причому:

Вимоги щодо оформлення звіту

- повне та вчасне виконання звіту без помилок – 5 балів;
- повне та вчасне виконання звіту з незначними помилками або без помилок, але з примітивним висновком, що не містить конкретних результатів роботи – 4 бали;
- є певні недоліки у підготовці та/або виконанні протоколу, відсутній висновок по роботі – 3 бали;
- є суттєві недоліки у підготовці звіту, не всі питання висвітлені – 2 бали;
- за порушення термінів здачі практикуму знімається 1 бал;
- робота не виконана – 0 балів;

Вимоги щодо захисту роботи

- захист роботи без помилок, коли відповіді є вичерпними дає 10 балів;
- Є незначні помилки, але сутність відповідей є вірною – 8-9 балів;
- Є помилки, не розуміння певних етапів роботи – 5-7 балів;
- Виявлено, що студент не повністю самостійно виконував роботу, але розуміє хід виконання – 3-4 бали;
- Виявлено, що студент не повністю самостійно виконував роботу, є суттєві помилки в трактуванні процесів моделювання і аналізу результатів – 1-2 бали.

#### *виконання модульної контрольної роботи*

Вона оцінюється 25 балами і складається з завдань теоретично-практичного характеру.

### Календарний контроль

Проводиться двічі на семестр як моніторинг поточного стану виконання вимог силабусу.

Умовою позитивного першого календарного контролю є отримання не менше 27 балів, другого – отримання не менше 45 балів.

### Семестровий контроль - залік

Максимальна сума балів яку може отримати студент за семестр складає **100** балів.

Умовою допуску до семестрового контролю є виконання всіх комп'ютерних практикумів та модульної контрольної роботи.

Здобувачі, які виконали всі умови допуску до заліку та мають рейтингову оцінку 60 і більше балів, отримують відповідну до набраного рейтингу оцінку без додаткових випробувань.

Зі здобувачами, які виконали всі умови допуску до заліку та мають рейтингову оцінку менше



60 балів, а також з тими здобувачами, хто бажає підвищити свою рейтингову оцінку, на останньому за розкладом занятті з дисципліни в семестрі викладач проводить семестровий контроль у вигляді співбесіди.

Залікова співбесіда оцінюється 100 балами. Питань на співбесіді 5.

Кожне питання оцінюється 20 балами і складається з 4 підпитань, які, в свою чергу, оцінюються за такими критеріями:

- «відмінно» - повна відповідь (не менше 90% потрібної інформації), студент володіє інформацією в повному або практично повному обсязі;
- «добре» - достатньо повна відповідь (не менше 75% потрібної інформації);
- «задовільно» - неповна відповідь (не менше 60% потрібної інформації);
- «незадовільно» - незадовільна відповідь – 0 балів.

Після співбесіди, якщо оцінка за залікову співбесіду більша ніж за рейтингом, здобувач отримує оцінку за результатами залікової співбесіди.

Якщо оцінка за залікову співбесіду менша ніж за рейтингом, студент отримує оцінку відповідну до набраного рейтингу впродовж семестру.

До відомості семестрового контролю викладач заносить рейтингові бали, отримані здобувачем у семестрі або за результатами залікової співбесіди, та оцінку відповідно до цих 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

**Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):**

**Складено: доцент кафедри космічної інженерії, к.т.н., с.н.с. Гришанова Ірина Аркадіївна,**

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

**Погоджено Методичною комісією ІАТ (протокол № 4 від 30.06.2023 р)**