



Силабус освітнього компонента

Програма навчальної дисципліни



Чисельне моделювання задач аеропружності

Шифр та назва спеціальності
113 – Прикладна математика

Інститут
ННІ Комп'ютерного моделювання, прикладної фізики та математики

Освітня програма
Комп'ютерне та математичне моделювання

Кафедра
Математичне моделювання та інтелектуальні обчислення в інженерії (161)

Рівень освіти
Магістр-професіонал (1 рік 4 місяці)
Магістр-науковець (1 рік 9 місяців)

Тип дисципліни
Профільна, вибіркова

Семестр
2

Мова викладання
Українська

Викладачі, розробники



Розова Людмила Вікторівна
(відповідальний лектор та викладач лабораторного практикуму)
[Lyudmyla.Rozova @khp.edu.ua](mailto:Lyudmyla.Rozova@khp.edu.ua)

Кандидат технічних наук, доцент кафедри математичного моделювання та інтелектуальних обчислень в інженерії НТУ «ХПІ».

[Детальніше про викладача на сайті кафедри](#)

Загальна інформація

Анотація

Дисципліна «Чисельне моделювання задач аеропружності» спрямована на вивчення основ аеропружності та підходів до моделювання зв'язаних задач аеропружності за допомогою сучасних багатоцільових програмних комплексів для проектування і аналізу з метою подальшого застосування у професійній діяльності. Дисципліна викладається у 2му семестрі та передбачає: 32 годин лекцій, 16 години лабораторних занять, 72 годин самостійної роботи. Підсумковий контроль – залік.

Мета та цілі дисципліни

Метою дисципліни є набуття знань з основ аеропружності, сучасних методів, підходів та засобів для чисельного моделювання при розв'язанні задач аеропружності, умінь та навичок застосування їх при розв'язанні практичних задач розрахунково-дослідницького характеру.

Цілями викладання дисципліни є надання студентам поглиблених знань про особливості застосування програмних засобів для розв'язання зв'язаних задач аеропружності, інтерпретації результатів розрахунку та їх подальшого використання. Набуття умінь та навичок для застосування отриманих знань відбувається при розв'язанні практичних задач за допомогою програмного комплексу ANSYS, з використанням його інтерактивної платформи ANSYS Workbench, спеціального модуля для моделювання течій ANSYS Fluent, та модулів структурного та модального аналізу, в їх реалізації для навчання в студентській версії у вільному доступу.

Формат занять

Лекції, лабораторні роботи. Підсумковий контроль - залік

Компетентності

СК1. Здатність розв'язувати задачі й проблеми, які можуть бути формалізовані, потребують оновлення й інтеграції знань, зокрема в умовах неповної інформації.

СК3. Здатність розробляти методи й алгоритми побудови, дослідження та програмної реалізації математичних моделей у техніці, фізиці, біології, медицині та інших галузях та здійснювати їх аналіз.

СК4. Здатність розробляти та досліджувати математичні та комп'ютерні моделі, проводити обчислювальний експеримент та розв'язувати формалізовані задачі за допомогою спеціалізованих програмних засобів.

СК9. Здатність математично формалізувати постановку наукових та практичних задач, обирати математичний аналітичний або чисельний метод її розв'язання, що забезпечує потрібні точність і надійність результату.

СК10. Здатність розробляти математичні методи та алгоритми комп'ютерного моделювання нелінійних фізичних явищ та процесів в інноваційних технологічних системах.

Результати навчання

РН4. Будувати математичні моделі складних систем і вибирати методи їх дослідження, реалізовувати побудовані моделі програмно та перевіряти їх адекватність за допомогою комп'ютерних технологій.

РН14. Мати знання математично формалізувати постановку наукових та практичних задач, обирати математичний аналітичний або чисельний метод її розв'язання, що забезпечує потрібні точність і надійність результату.

РН16. Вміти розробляти математичні методи та алгоритми комп'ютерного моделювання нелінійних фізичних явищ та процесів в інноваційних технологічних системах.

Обсяг дисципліни

Загальний обсяг дисципліни 120 год. (4 кредита ECTS): лекції – 32 год., лабораторні роботи – 16 год., самостійна робота – 72 год.

Передумови вивчення дисципліни (пререквізити)

Методи математичного моделювання та аналізу даних, Моделювання в CAE системах, Нелінійні процеси та моделі

Особливості дисципліни, методи та технології навчання

Заняття проводяться інтерактивно, з використанням мультимедійних технологій. Для опанування практичних навичок застосовується наступні програмні компоненти: програмний комплекс ANSYS, його інтерактивна платформа ANSYS Workbench, спеціальний модуль для моделювання течій ANSYS Fluent, модулі структурного та модального аналізу, в їх реалізації для навчання в студентській версії у вільному доступу. Студент зобов'язаний відвідувати всі заняття згідно розкладу, виконувати лабораторні роботи. Дотримуватися етики поведінки. З метою оволодіння необхідною якістю освіти з дисципліни потрібно відвідуваність і регулярна підготовленість до занять.

Програма навчальної дисципліни

Теми лекційних занять

Тема^о1. Введення в теорію аеропружності.

Визначення аеродинамічних сил, які діють на поверхні, що деформуються. Рівняння потенційного потоку. Коливання крила в двовимірному потоці нестисливої рідини. Визначення аеродинамічних сил у випадку великих надзвукових швидкостей. Закон плоских перетинів.

Тема². Статична аеропружність.

Характеристика профілів. Дивергенція пружньо закріпленого крила. Дивергенція крила, жорстко закріпленого з одного кінця.

Тема³. Згинально-крутильний флатер стрижнів та пластин.

Рівняння малих згинально-крутильних коливань крила в потоці газу. Визначення критичної швидкості флатера. Флатер простої одномасової системи з двома ступенями свободи. Згинально-крутильний флатер пластини. Коливання циліндру в потоці газу. Такомський міст та його руйнування.

Тема⁴. Панельний флатер.

Постановка задачі. Флатер прямокутної пластини, яка вільно оперта за двома краями, що паралельні потоку. Дивергенція і флатер циліндричної панелі.

Тема⁵. Введення в моделювання в програмному комплексі ANSYS Workbench.

Основні підходи та особливості. Графічний інтерфейс користувача (GUI) ANSYS Workbench. Модулі ANSYS Workbench. Підходи для побудови геометрії моделі.

Тема⁶. Динамічний аналіз конструкцій в ANSYS Workbench.

Модальний аналіз в ANSYS Workbench. Основні етапи, граничні умови та налаштування розв'язувача, оцінка результатів.

Тема⁷. Введення в моделювання течії рідини та газу в ANSYS Fluent .

Особливості моделювання течії рідини та газу. Введення в метод скінчених об'ємів для моделювання течії рідини та газу. Графічний інтерфейс користувача (GUI) ANSYS Fluent.

Тема⁸. Етапи моделювання в ANSYS Fluent.

Особливості та етапи моделювання в ANSYS Fluent. Виділення області моделювання. 2D або 3D підхід до моделювання. Особливості створення геометрії течії. Створення сітки. Вибір типу елемента. Особливості. Задання властивостей матеріалів. Вибір фізичної моделі течії. Задання початкових та граничних умов, робочих умов для течії. Задання типу розв'язника та точності збіжності для розрахунку. Дослідження отриманих результатів (постпроцесінг). Висновки по розрахунку.

Тема⁹. Задання властивостей матеріалу.

Використання існуючих бібліотек матеріалів ANSYS. База даних матеріалів. Властивості матеріалів, задані користувачем. Властивості матеріалів в залежності від фізичної моделі. Особливості задання властивостей матеріалів, як функцій температури, масової частки, тиску.

Тема¹⁰. Створення сітки скінчених об'ємів. Створення Cell zones. Рідкі та тверді зони (fluid cell zones, solid cell zones). Створення граничних зон (boundary zones).

Тема¹¹. Задання граничних та робочих умов для течії.

Типи граничних умов. Внутрішні та зовнішні граничні умови. Вибір зони граничних умов. Вхід та вихід потоку. Зміна граничних умов. Задання пограничного шару. Умови симетрії. Особливості задання робочого тиску (operating pressure), швидкості течії.

Тема¹². Постпроцесінг в ANSYS Fluent .

Можливості представлення результатів аналізу. Вид результатів. Ізоповерхні, ізолінії, вектори величин. Створення анімації течії. Отримання результатів для величин, визначених користувачем. Створення звіту.

Тема¹³. Розв'язувачі (Solvers) ANSYS Fluent. Pressure-based solver. Density-based solver. Вибір та особливості розв'язувача. Алгоритми, що застосовуються у розв'язувачах. Збіжність розрахунку. Прискорення збіжності.

Тема 14 . Турбулентність течії.

Особливості задання турбулентності в моделі течії. Моделі турбулентності, що застосовуються в ANSYS Fluent.

Тема 15. Особливості розв'язання зв'язаних задач аеропружності в ANSYS Workbench.

Зв'язаний аналіз в ANSYS Workbench. Зв'язування аеродинамічного та модального аналізів. Покроковий алгоритм. Особливості передачі вхідних та вихідних даних. Основні результати.

Тема 16. Особливості моделювання зв'язаної задачі для моделювання флатера.

Побудова геометрії. Створення модулів розрахунку. Зв'язування модулів. Передача результатів. Аналіз результатів. Висновки по курсу.

Теми лабораторних робіт

Тема 1. Побудова 3D моделі крила з використанням аеропрофілю.

Тема 2. Моделювання статичного та модального аналізу крила.

Тема 3. Моделювання потоку рідини в трубі.

Тема 4. Моделювання потоку вітру через міст.

Тема 5. Моделювання обтікання крила.

Тема 6. Розв'язання статичного та аеродинамічного аналізу для крила.

Тема 7. Моделювання флатеру крила на основі зв'язаного модального та аеродинамічного аналізу. Ч.1.

Тема 8. Моделювання флатеру крила на основі зв'язаного модального та аеродинамічного аналізу. Ч.2.

Самостійна робота складається з наступних компонентів

Опрацювання лекційного матеріалу. Підготовка до лабораторних занять. Самостійне вивчення тем та питань, які не викладаються на лекційних заняттях. Виконання індивідуальних завдань.

Література та навчальні матеріали

1.°Мартиненко Г.Ю., Розова Л.В. Комп'ютерне моделювання елементів конструкцій та визначення їх міцності при статичних навантаженнях: навч. посіб. Харків: НТУ «ХПІ», ТОВ «Естет Принт», 2021. 242 с. (<http://repository.kpi.kharkov.ua/handle/KhPI-Press/54247>)

2.°Lee H.H. Finite Element Simulations with ANSYS Workbench 2021.-SDC Publications, 2021. (<https://www.sdcpublications.com/Textbooks/Finite-Element-Simulations-ANSYS-Workbench/ISBN/978-1-63057-456-7/>)

3.°Науменко І.І. Технічна механіка рідини і газу /підручник. - Рівне, НУВГП, 2009. 376 с.

4.°Currie, I.G. Fundamental mechanics of fluids / I.G. Currie. –New York ; Basel: Marcel Dekker, Inc., 2003. – 525 p.

5.°Shaughnessy, Edward J., Jr. Introduction to fluid mechanics / Edward J. Shaughnessy, Jr., Ira M. Katz, James P. Schaffer. – New York ; Oxford: Oxford University Press, 2005. 1018 p.

6.°Т.Н.Г. Megson. Aircraft Structures for Engineering Students. – Butterworth-Heinemann, 2021. <https://doi.org/10.1016/C2019-0-03113-5>

7.°Balakrishnan A.V. Aeroelasticity. – New York: Springer, 2012. 400 p.

8.°Hodges D.H., Pierce G.A. Introduction to structural dynamics and aeroelasticity. – NY: Cambridge, 2012. 320 p.

9.°Ansys Student - Free Software Download. ANSYS, Inc., 2023.

URL: <https://www.ansys.com/academic/students>

Система оцінювання

Критерії оцінювання успішності студента та розподіл балів

Бали за залік нараховуються за рейтингом:

Виконання лабораторних робіт – 80 балів

Теоретичне опитування – 20 балів

Шкала оцінювання

Сума балів	Національна оцінка	ECTS
90–100	Відмінно	A
82–89	Добре	B
75–81	Добре	C
64–74	Задовільно	D
60–63	Задовільно	E
35–59	Незадовільно (потрібне додаткове вивчення)	FX
1–34	Незадовільно (потрібне повторне вивчення)	F

Норми академічної етики і політика курсу

Студент повинен дотримуватися «Кодексу етики академічних взаємовідносин та доброчесності НТУ «ХПІ»: виявляти дисциплінованість, вихованість, доброзичливість, чесність, відповідальність.

Конфліктні ситуації повинні відкрито обговорюватися в навчальних групах з викладачем, а при неможливості вирішення конфлікту – доводитися до відома співробітників дирекції інституту. Нормативно-правове забезпечення впровадження принципів академічної доброчесності НТУ «ХПІ» розміщено на сайті: <http://blogs.kpi.kharkov.ua/v2/nv/akademichna-dobrochesnist/>

Погодження

Силабус погоджено

Дата погодження, підпис
30.08.2023

Завідувач кафедри
Олексій ВОДКА

Дата погодження, підпис
30.08.2023

Гарант ОПП (1 рік 4 місяці)
Олексій ЛАРІН

Гарант ОНП (1 рік 9 місяців)
Геннадій МАРТИНЕНКО