



Силабус освітнього компонента

Програма навчальної дисципліни



Моделювання течії рідини та газу

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 @khpі.edu.ua](mailto:Lyudmyla.Rozova@khpі.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 спрямована на вивчення основних закономірностей механіки рідини та газу та особливостей моделювання течії рідини та газу за допомогою сучасний багатоцільових програмних комплексів для проектування і аналізу з метою вирішення розрахунково-дослідницьких задач у подальшій 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 основних закономірностей механіки рідини та газу, сучасних методів, підходів та засобів в моделюванні течії рідини та газу, 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 моделювання течії, задання необхідних вхідних даних, побудови сітки, вибору розв'язувача, інтерпретації результатів розрахунку та їх подальшого використання. Набуття умінь та навичок для застосування отриманих знань відбувається при розв'язанні практичних задач при моделюванні течії для дослідження основних характеристик потоку рідини та газу за допомогою програмного комплексу ANSYS, з використанням його інтерактивної платформи ANSYS Workbench та спеціального модуля для моделювання течій ANSYS Fluent, в його реалізації для навчання в студентській версії у вільному доступу. А також з використанням автоматизації ANSYS Workbench

та ANSYS Fluent за допомогою програмної бібліотеки функцій та класів або набір компонентів PyFluent, що входить до складу PyAnsys – набору множини пакетів Python для використання продуктів ANSYS через Python.

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 та спеціальний модуль для моделювання течій ANSYS Fluent, в його реалізації для навчання в студентській версії, для автоматизації моделювання: бібліотека PyFluent, середовище Anaconda Jupyter Notebook, які є у вільному доступі. 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 1. Вступ в механіку рідини та газу. Основні фізичні властивості і параметри рідини

Моделювання течії рідини та газу



Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут»

Поняття щільності, стисливості, в'язкості рідини.

Сили, що діють на рідину. Основні рівняння гідростатики.

Тема 2. Основи кінематики рідини.

Сталий та несталий рух рідини. Лінії току та трубка току. Стікання. Вектор швидкості рідини. Вихровий та безвихровий рух. Основна теорема кінематики. Тензор швидкості деформацій.

Тема 3. Рівняння руху рідини та газу.

Рівняння нерозривності та стану. Система рівнянь руху в'язкої нестисливої рідини. Рівняння Стокса. Граничні умови. Перенос тепла. Кондукція. Конвективний теплообмін. Вимушена конвекція. Загальна кількість тепла. Закон збереження енергії.

Тема 4. Рівняння руху ідеальної і неідеальної рідини.

Напруження в ідеальній рідині. Рівняння Ейлера руху ідеальної рідини. Рівняння Ейлера у формі Громеко. Гідродинаміка в'язкої рідини. Модель в'язкої рідини. Гіпотеза лінійності, однорідності, ізотропності. Рівняння руху в'язкої рідини. Рівняння Нав'є-Стокса.

Тема 5. Класифікація течій рідини.

Ламінарний режим течії. Ламінарна течія в круглих трубах. Турбулентний режим течії. Загальні відомості. Моделі турбулентності. Введення в метод скінчених об'ємів для моделювання течії рідини та газу.

Тема 6. Введення в моделювання в CAE системах, зокрема в ANSYS Workbench.

Моделювання в CAE системах. Огляд інтерактивної платформи ANSYS Workbench. Можливості. Графічний інтерфейс користувача (GUI).

Тема 7. Моделювання течії рідини та газу в ANSYS Fluent. Введення.

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. Задання властивостей матеріалів. Вибір фізичної моделі течії. Задання початкових та граничних умов, робочих умов для течії. Завдання типу розв'язника та точності збіжності для розрахунку. Дослідження отриманих результатів (постпроцесінг). Висновки по розрахунку.

Тема 8. 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.

Тема 9. Створення сітки скінчених об'ємів. Створення Cell zones. Рідкі та тверді зони (fluid cell zones, solid cell zones). Створення граничних зон (boundary zones).

Тема 10. Завдання граничних умов.

Типи граничних умов. Внутрішні та зовнішні граничні умови. Вибір зони граничних умов. Вхід та вихід потоку. Зміна граничних умов. Задання пограничного шару. Умови симетрії.

Тема 11. Задання робочих умов течії.

Особливості задання робочого тиску (operating pressure), швидкості течії.

Тема 12. 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.

Тема 13. 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. Автоматизація розрахунків в ANSYS Fluent.

Автоматизація Fluent за допомогою Python. Огляд бібліотеки PyFluent. вимоги до встановлення, встановлення, використання команд PyFluent. Використання формату та синтаксису мови Python. Створення моделі за допомогою функцій бібліотеки PyFluent.

Тема 16. Постпроцесінг результатів за допомогою PyFluent.

Налаштування графічного відображення результатів, січна площина, діаграми. Подальше застосування та обробка результатів розрахунку. Висновки по курсу.

Теми лабораторних робіт

Тема 1. Лабораторна робота 1.

Моделювання 2D ламінарної течії в трубі

Тема 2. Лабораторна робота 2.

Моделювання 3D ламінарної течії в трубі

Тема 3. Лабораторна робота 3.

Моделювання потоку в синусоїдальній трубі

Тема 4. Лабораторна робота 4.

Моделювання турбулентного потоку в трубі

Тема 5. Лабораторна робота 5.

Аналіз потоку через міст

Тема 6. Лабораторна робота 6.

Моделювання обтікання крила 2D.

Тема 7. Лабораторна робота 7.

Моделювання обтікання крила 3D.

Тема 8. Лабораторна робота 8.

Моделювання 3D ламінарної течії в трубі (PyFluent)

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.° Науменко І.І. Технічна механіка рідини і газу / підручник. - Рівне, НУВГП, 2009. – 376 с.
- 2.° Константінов Ю.М. Технічна механіка рідини і газу / підручник. – К.: “Вища школа”, 2002
- 3.° Currie, I.G. Fundamental mechanics of fluids / I.G. Currie. –New York ; Basel: Marcel Dekker, Inc., 2003. – 525 p. (Mechanical Engineering A Series Of Textbooks And Reference Books)
- 4.° 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.
- 5.° 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>)
- 6.° 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
30.08.2023

Завідувач кафедри
Олексій ВОДКА

Дата погодження
30.08.2023

Гарант ОПП (1 рік 4 місяці)
Олексій ЛАРІН

Гарант ОНП (1 рік 9 місяців)
Геннадій МАРТИНЕНКО