



Силабус освітнього компонента

Програма навчальної дисципліни



Математичні моделі композиційних матеріалів

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
Бакалавр

Тип дисципліни
Дисципліна вільного вибору студента профільної підготовки

Семестр
8

Мова викладання
Українська

Викладачі, розробники



Федоров Віктор Олександрович (відповідальний лектор)

Victor.Fedorov@khpі.edu.ua

Кандидат технічних наук, доцент

Автор більш як 40 наукових публікацій, основні курси «Обчислювальні методи», «Теорія пластичності та міцності», «Математичні моделі композиційних матеріалів»

[Детальніше про викладача на сайті кафедри](#)

Загальна інформація

Анотація

Композиційні матеріали мають найкращі механічні властивості і є важливим чинником технічного прогресу. Ця дисципліна надає знання з поведінки композиційних матеріалів та елементів конструкцій під дією навантажень, що дозволяє передбачити можливе руйнування конструкцій. Це є обов'язковою складовою проектування сучасної техніки.

Мета та цілі дисципліни

Метою вивчення дисципліни є надбання здатності досліджувати напружено-деформований стан (НДС) композиційних елементів конструкцій та передбачати можливе їх руйнування з урахуванням їх анізотропії та неоднорідності.

Цілі: засвоєння знань з теоретичних основ механіки анізотропних та неоднорідних матеріалів та елементів конструкцій, формулювання їх математичних моделей та вміння застосувати їх для дослідження НДС та умов руйнування композиційних елементів конструкцій.

Формат занять

Лекції, практичні заняття, самостійна робота, консультації, розрахункова робота. Підсумковий контроль – залік.

Компетентності

ФК01. Здатність використовувати й адаптувати математичні теорії, методи та прийоми для доведення математичних тверджень і теорем.

ФК02. Здатність виконувати завдання, сформульовані у математичній формі.

ФК03. Здатність обирати та застосовувати математичні методи для розв'язання прикладних задач, моделювання, аналізу, проектування, керування, прогнозування, прийняття рішень.

ФК09. Здатність до проведення математичного і комп'ютерного моделювання, аналізу та обробки даних, обчислювального експерименту, розв'язання формалізованих задач за допомогою спеціалізованих програмних засобів.

ФК14. Здатність сформулювати математичну постановку задачі, спираючись на постановку мовою предметної галузі, та обирати метод її розв'язання, що забезпечує потрібні точність і надійність результату.

ФКС1. Здатність створювати математичні моделі в контексті механіки твердого деформівного тіла.

ФКС2. Здатність створювати та аналізувати математичні моделі, що відтворюють поведінку складних динамічних систем, елементів конструкцій.

Результати навчання

РН01. Демонструвати знання й розуміння основних концепцій, принципів, теорій прикладної математики і використовувати їх на практиці.

РН03. Формалізувати задачі, сформульовані мовою певної предметної галузі; формулювати їх математичну постановку та обирати раціональний метод вирішення; розв'язувати отримані задачі аналітичними та чисельними методами, оцінювати точність та достовірність отриманих результатів.

РН05. Уміти розробляти та використовувати на практиці алгоритми, пов'язані з апроксимацією функціональних залежностей, чисельним диференціюванням та інтегруванням, розв'язанням систем алгебраїчних, диференціальних та інтегральних рівнянь, розв'язанням крайових задач, пошуком оптимальних рішень.

РН06. Володіти основними методами розробки дискретних і неперервних математичних моделей об'єктів та процесів, аналітичного дослідження цих моделей на предмет існування та єдиності їх розв'язку.

РНС1. Вміти створювати математичні моделі для механіки твердого деформівного тіла.

РНС2. Вміти створювати та аналізувати математичні моделі, що відтворюють поведінку складних динамічних систем, елементів конструкцій.

Обсяг дисципліни

Загальний обсяг курсу – 150 годин (5 кредити ECTS): лекції – 20 години, лабораторні заняття – 20 годин, самостійна робота – 110 години.

Передумови вивчення дисципліни (пререквізити)

Студент має володіти знаннями та вміннями у математичному аналізі, лінійній алгебрі, теорії диференціальних рівнянь, математичній фізиці та теоретичних основах моделювання фізичних процесів.

Особливості дисципліни, методи та технології навчання

Викладення теоретичного матеріалу на лекціях доповнюється лабораторними заняттями, на яких студенти розв'язують практичні задачі доступними їм обчислювальними засобами. Результати оформлюються у вигляді звітів, які мають містити умови задачі, її математичну модель, послідовність розрахунків і результати в числовому та (або) графічному вигляді. Всі дії мають супроводжуватися короткими коментарями. Відповідна робота зараховується після короткого опитування за цією темою.

Програма навчальної дисципліни

Теми лекційних занять

Тема 1. Введення в композиційні матеріали

Загальна історія. Опис композитного матеріалу. Види композиційних матеріалів. Складова. Властивості. Виробництво, виготовлення та обробка композитів. Використання композиційних матеріалів. Проектування та аналіз із композитними матеріалами. Журнали.

Тема 2. Анізотропна пружність і теорія композитного ламінату

Анізотропні пружні матриці жорсткості та податливості. Фізичний зміст складових ортотропного тензора пружності. Методи отримання пружних властивостей композиту з властивостей волокна та матриці. Термічні та гіротермічні міркування. Температурно-часовий вплив на композиційні матеріали. Вплив високої швидкості деформації на властивості матеріалу. Пластини з композиційних матеріалів. Аналіз ламінату. П'єзоелектричні ефекти..

Тема 3. Плити та панелі з композиційних матеріалів

Рівняння рівноваги пластини. Згинання ламінованих пластин композиційного матеріалу: класична теорія. Граничні умови класичної теорії пластин. Рішення Navier для прямокутних композитних пластин. Рішення Нав'є для рівномірно навантаженої пластини з простими опорами – приклад проблеми. Рішення Леві для плит з композиційних матеріалів. Статичний аналіз панелей з композиційних матеріалів, включаючи ефект деформації поперечного зсуву. Граничні умови для пластини з використанням уточненої теорії пластин, яка включає поперечну деформацію зсуву. Рішення для пластин з композиційних матеріалів, у тому числі поперечно-зрізних. Динамічні впливи на панелі з композитних матеріалів. Власні згинальні коливання прямокутних пластин: класична теорія. Власні згинальні коливання пластини з композитного матеріалу, включаючи ефекти деформації поперечного зсуву. Прогинання прямокутної пластини з композитного матеріалу – класична теорія. Прогинання пластини з композитного матеріалу, включаючи ефекти деформації поперечного зсуву. Методи аналізу сендвіч-панелей з композитним матеріалом. Основні рівняння для пластини з композитного матеріалу з асиметрією середньої площини. Основні рівняння для пластини з композиційного матеріалу зі зв'язком згину та скручування.

Тема 4. Балки, колони і стрижні з композитних матеріалів

Розвиток класичної теорії балок. Композитні балки з різкими змінами геометрії або навантаження. Розв'язки за функціями Гріна. Композитні балки зі стрижнів безперервного перерізу. Вібрація композитних балок. Балки з асиметрією середньої площини. Удосконалена теорія балки для динамічного навантаження, включаючи асиметрію середньої площини. Розширена теорія балок, включаючи ефекти поперечної деформації зсуву. Прогинання композитних колон.

Тема 5. Оболонки з композитних матеріалів

Аналіз круглих циліндричних оболонок з композиційного матеріалу. Деяке крайове навантаження та окремі рішення. Загальне рішення для композиційних циліндричних оболонок при осесиметричних навантаженнях. Реакція довгої осесиметричної шаруватої композитної оболонки на зміщення краю. Зразки розв'язків. Середньоплощинні асиметричні круглі циліндричні оболонки. Прогинання круглих циліндричних оболонок з композиційних матеріалів, що піддаються різним навантаженням. Вібрації композитних оболонок.

Тема 6. Енергетичні методи конструкцій з композиційних матеріалів

Теорема про мінімум потенціальної енергії. Аналіз балки з використанням теореми про мінімум потенціальної енергії. Мінімальна потенціальна енергія для прямокутних пластин. Варіаційна теорема Рейснера та її застосування. Статична деформація балок середньої товщини. Згинальні коливання балок середньої товщини.

Тема 7. Теорії міцності та руйнування

Руйнування монолітних ізотропних матеріалів. Анізотропна теорія міцності та руйнування. Теорії міцності пластинки. Аналіз міцності ламінату.

Теми практичних занять

Тема 1. Анізотропні пружні матриці жорсткості та податливості

Тема 2. Методи отримання пружних властивостей композиту з властивостей волокна та матриці

Тема 3. Дослідження НДС пластин з композиційних матеріалів

Тема 4. Власні згинальні коливання пластини з композитного матеріалу

Тема 5. Дослідження НДС балок

Тема 6. Дослідження НДС осесиметричної оболонки

Тема 7. Аналіз міцності композиційних елементів конструкцій

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 розрахункових робіт.

Література та навчальні матеріали

1. Vinson J. R., Sierakowski R. L. The Behavior of Structures Composed of Composite Materials. New York, Boston, Dordrecht, London: Kluwer Academic Publishers, 2011. 435 p.
2. Altenbach H., Altenbach J., Kissing W. Mechanics of Composite Structural Elements. Singapore: Springer, 2018. 503 p.
3. Low I. M., Dong Y. Composite Materials: Manufacturing, Properties and Applications. Elsevier Science, 2021. 688 p.
4. Jones R. M. Mechanics Of Composite Materials. – Boca Raton: CRC Press, 2018. – 538 p.
5. Christensen R. M. Mechanics of Composite Materials. New York: John Wiley and Sons, Inc., 1979.
6. Kaw A. K. Mechanics of composite materials. Boca Raton : CRC Pres, Taylor & Francis Group, 2006. – 457 p. https://sarrami.iut.ac.ir/sites/sarrami.iut.ac.ir/files/files_course/01-mechanics_of_composite_materials_sbookfi.org.pdf
7. Методичні вказівки до практичних занять з курсу "Механіка композиційних матеріалів" для студентів спеціальностей «Динаміка і міцність», «Комп'ютерна механіка», / Уклад. Федоров В.О. – Х.: НТУ «ХПІ», 2010. –

Система оцінювання

Критерії оцінювання успішності студента та розподіл балів

Своєчасне та успішне виконання та складання кожної з дев'яти задач оцінюється у 10 балів (9 задач по 10 балів = 90 балів).

Результати опитування з теоретичних знань оцінюються у 10 балів, що в сумі може дати 100 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
29.08.2023

Завідувач кафедри
Олексій ВОДКА

Дата погодження, підпис
29.08.2023

Гарант ОП
Генадій ЛЬВОВ