



Силабус освітнього компонента Програма навчальної дисципліни



Теорія плинності та міцності

Шифр та назва спеціальності
113 – Прикладна математика

Інститут
ННІ Комп'ютерного моделювання, прикладної фізики та математики

Освітня програма
Прикладна математика. 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

Victor.Fedorov@khi.edu.ua

Кандидат технічних наук, доцент

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

Google Scholar:

<https://scholar.google.com/citations?user=xozYUyIAAAAJ&hl=uk>

SCOPUS: <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=56495691400>

Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-4814-6768>

[Детальніше про викладача на сайті кафедри](#)

Загальна інформація

Анотація

Ця дисципліна надає знання з поведінки матеріалів та елементів конструкцій за межами їх пружних властивостей, що відбувається під дією значних навантажень та температур. Це дозволяє передбачити можливе руйнування конструкцій, що є обов'язковою складовою проектування сучасної техніки.

Мета та цілі дисципліни

Метою вивчення дисципліни є надбання здатності досліджувати напружено-деформований стан (НДС) елементів конструкцій та передбачити можливе їх руйнування з урахуванням пластичного або повзучого деформування.

Цілі: засвоєння знань з теоретичних основ механіки пластичного та повзучого деформування матеріалів та елементів конструкцій, вивчення наближених методів розв'язання відповідних нелінійних рівнянь та вміння застосувати їх для дослідження НДС та умов руйнування 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. Вступ

Прикладна математика, обчислювальна математика, комп'ютерні технології та інженерна діяльність.

Тема 2. Пластичність матеріалу при однокомпонентних напружених станах

Поняття та математичні моделі наступних деформацій: пружної, пластичної, температурної. повзучості, радіаційного розпухання. Принципіальні схеми та засоби випробувань матеріалу на розтяг, стиск та зсув. Діаграми розтягу, стиску та зсуву та основні їх параметри. Основні види схематизації діаграм. Діаграма розтягу при значних деформаціях. Моделі поведінки матеріалу при немонотонному та знакозмінному навантаженні (ізотропне зміцнення та ідеальний ефект Баушингера).

Тема 3. Рівняння пластичності елементів конструкцій при однокомпонентних напружених станах та методи їх розв'язання

Розтяг стрижня та ілюстрація методів пружних розв'язків, змінних параметрів пружності, продовження за параметром та Ньютона-Рафсона. Рівняння напружено-деформованого стану (НДС) ферми та їх розв'язання. Рівняння НДС балки та їх розв'язання. Рівняння НДС круглого валу та їх розв'язання.

Тема 4. Умови початку пластичності або руйнування при складному напруженому стані

Інваріанти напружено-деформованого стану. Кульова та девіаторна складові тензорів напруження та деформацій. Концепція ефективного напруження. Критерій максимального нормального напруження. Критерій максимальної лінійної деформації. Критерій максимального дотичного напруження. Критерій потенційної енергії формозміни. Критерій Мора. Критерій Писаренка-Лебедева. Критерій

Тема 5. Рівняння і методи теорії пластичності

Простір напружень та поверхня пластичності. Просте та складне навантаження. Активне, пасивне та нейтральне навантаження. Фізичні гіпотези при простому навантаженні та теорія малих пружно-пластичних деформацій. Методи пружних розв'язань та змінних параметрів пружності. Теореми про просте навантаження та про розвантаження. Варіаційні принципи теорії пластичності. Постулат Друкера та асоційований закон плинину. Моделі ізотропного зміцнення та трансляційного зміцнення. Повна система рівнянь.

Тема 6. Інженерні задачі напружено-деформованого стану елементів конструкцій

Вигин балки. Товстостінний циліндр під дією внутрішнього тиску.

Тема 7. Основи теорії повзучості та тривалої міцності

Деформація повзучості. Испити на повзучість. Крива повзучості та її параметри. Математичні моделі вторинної повзучості. Теорії повзучості. Релаксація напружень. Тривала міцність матеріалів. Крива тривалої міцності. Тривала міцність при складному напруженому стані. Тривала міцність при змінному напруженні (правило Пальмгрена-Майнера). Залежність тривалої міцності від температури. Модель пошкодженості матеріалу та її побудова явним методом. Повзучість стрижневої системи. Нестала та стала повзучість. Повзучість балки. Рівняння повзучості при складному напруженому стані та їх розв'язання.

Теми практичних занять

Тема 1. Інтерполяція діаграми розтягу за моделями лінійного та степеневого зміцнення

Тема 2. Застосування методів теорії пластичності при розтязі стрижня

Тема 3. Складання рівнянь НДС ферми

Тема 4. Розв'язання задачі НДС ферми (матеріал – з лінійним зміцненням) до її руйнування

Тема 5. Розв'язання задачі залишкового НДС ферми

Тема 6. Розв'язання задачі НДС ферми наближеним ітераційним методом

Тема 7. Дослідження напруженого стану та інваріантів

Тема 8. Оцінка напруженого стану та коефіцієнту запасу міцності за теоріями міцності

Тема 9. Рівняння несталої та сталої повзучості ферми

Самостійна робота складається з наступних компонентів

Опрацювання лекційного матеріалу.

Підготовка до практичних занять.

Самостійне вивчення тем та питань, які не викладаються на лекційних заняттях.

Виконання індивідуальних розрахункових робіт.

Література та навчальні матеріали

1. Можаровський М. С. Теорія пружності, пластичності і повзучості: підручник / М. С. Можаровський. – Київ : Вища школа, 2002. – 308 с.
2. Писаренко Г. С. Опір матеріалів; підручник / Г. С. Писаренко, О. Л. Квітка, Е. С. Уманський. – Київ : Вища школа, 1993. – 655 с.
3. Божидарник В. В. Елементи теорії пластичності та міцності. Т. 1. / В. В. Божидарник, В. В. Сулим. – Львів : Світ, 1999. – 532 с.
4. Лебедєв А. О. Механіка матеріалів для інженерів: навчальний посібник / А. О. Лебедєв, М. І. Бобир, В. П. Ламашевський. – Київ : НТУУ «КПІ», 2006. – 288 с.
5. Механіка матеріалів: навчальний посібник / Чаусов М. Г., Пилипенко А. П., Куценко А. Г., Бондар М. М. – Ніжин : ТОВ «Видавництво «АспектПоліграф»», 2018. – 560 с.
6. Fedorov V. Theory and methods of constructing equations for the evolutionary damageability of materials. International Journal of Damage Mechanics. Vol. 32, Iss. 10, pp. 1144–1163. DOI: 10.1177/10567895231191149.
7. Bansal R. K. Strength of Materials / R. K. Bansal. – Laxmi Publications, 2010. – 1106 p.
8. Case J. Strength of Materials and Structures / J. Case, C. T. F. Ross. – Butterworth-Heinemann, 1999. – 720 p.
9. Методичні вказівки до виконання індивідуальних завдань «Методи розв'язання задач нелінійної механіки» з курсу «Математичні моделі нелінійних середовищ» для студентів спеціальності 113 «Прикладна математика» / уклад. В.О. Федоров. – Харків : НТУ «ХПІ». – 6 с.
11. Методичні вказівки до розрахункових завдань «Математичні моделі та розрахунки міцності матеріалів та конструкцій» з курсу «Теорія плинності та міцності» для студентів спеціальностей 113 «Прикладна математика», 122 «Комп'ютерні науки» / уклад. В. О. Федоров. – Харків : НТУ «ХПІ». – 24 с. <https://repository.kpi.kharkov.ua/handle/KhPI-Press/72169>

Система оцінювання

Критерії оцінювання успішності студента та розподіл балів

Своєчасне та успішне виконання та складання кожної задачі оцінюється у 10 балів ($9 * 10 = 90$ 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