



Силабус освітнього компонента Програма навчальної дисципліни



Сучасні методи моделювання механіки руйнування матеріалів та конструкцій

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



Федоров Віктор Олександрович (відповідальний лектор)

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

Основним завданням конструктора є створення такої конструкції, яка виконувала призначені їй функції протягом заданого терміну і при цьому була б конкурентоспроможною. Успішне створення конкурентоспроможних виробів, які б не руйнувалися передчасно, може бути здійснено лише за вміни передбачати й оцінювати можливі види руйнування, які становлять небезпеку для виробів, що створюються. Для цього необхідно мати уявлення про всі види руйнування, що зустрічаються на практиці, і про умови, за яких вони можуть відбуватися. Якщо конструктор бажає досягти успіху у запобіганні руйнуванню протягом заданого терміну експлуатації виробу, він повинен добре володіти аналітичними та (або) емпіричними методами оцінки можливості руйнувань..

Мета та цілі дисципліни

Метою вивчення дисципліни є надбання здатності аналізувати умови експлуатації матеріалів та конструкцій та передбачати можливе їх руйнування, що є необхідним при проектуванні нової техніки.

Цілі: засвоєння знань з теоретичних основ механіки руйнування матеріалів та елементів конструкцій, формулювання їх математичних моделей та вміння застосувати їх для прогнозування руйнування матеріалів та елементів конструкцій.

Формат занять

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

Компетентності

ЗК3. Здатність оволодівати сучасними знаннями, формулювати та вирішувати проблеми.

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

СК2. Здатність проводити наукові дослідження з розробки нових та адаптації існуючих математичних та комп'ютерних моделей для дослідження різноманітних процесів, явищ і систем, здійснювати відповідні експерименти та аналізувати одержані результати.

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 курсу – 120 годин (4 кредитів ECTS): лекції – 32 години, лабораторні заняття – 16 годин, самостійна робота – 72 години.

Передумови вивчення дисципліни (пререквізити)

Студент має володіти знаннями та вміннями у теорії пружності та теорії оболонок.

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. Роль досліджень руйнування під час проектування конструкції

Визначення проектування. Основна проблема. Деякі цілі проектування.

Тема 2. Види механічного руйнування

Визначення виду руйнування. Види, що спостерігаються, руйнування.

Тема 3. Міцність та деформація металів

Напружений стан у точці. Пружна та пластична деформації. Руйнування. Введення у теорію дислокацій. Введення у механіку лінійно-пружного руйнування. Використання механіки руйнування під час проектування. Механіка пружнопластичного руйнування.

Тема 4. Фізичні залежності

Залежності між умовними та справжніми напруженнями та деформаціями. Залежність між напруженнями та деформаціями у пружній області. Залежність між напруженнями та деформаціями у пластичній області.

Тема 5. Гіпотези руйнування при складному напруженому стані та їх використання у розрахунках

Гіпотеза максимальної нормального напруження (гіпотеза Ренкіна). Гіпотеза максимального дотичного напруження (гіпотеза Тріска - Геста). Гіпотеза максимальної лінійної деформації (гіпотеза Сен-Венана). Гіпотеза повної питомої енергії деформації (гіпотеза Бельтрамі). Гіпотеза питомої енергії формозміни (гіпотеза Губера - Мізеса - Генкі). Порівняння різних гіпотез руйнування при двовісному напруженому стані. Гіпотеза міцності Мора. Гіпотеза міцності Писаренка-Лебедева. Гіпотези руйнування при складному напруженому стані як проектування.

Тема 6. Багатоциклова втома

Природа втоми. Втомлене навантаження. Лабораторні втомні випробування. Криві втоми рівної ймовірності руйнування - основне джерело інформації, яка використовується в розрахунках. Чинники, що впливають на криві втоми рівної ймовірності руйнування. Врахування різних факторів при проектуванні. Вплив середнього напруження циклу. Втома при багатовісному напруженому стані. Застосування гіпотез втомного руйнування в умовах багатовісного напруженого.

Тема 7. Питання накопичення пошкоджень, оцінки довговічності та контролю руйнування

Гіпотеза лінійного накопичення ушкоджень. Гіпотези накопичення ушкоджень. Побудова рівнянь ушкоджуваності. Оцінка довговічності на основі аналізу локальної залежності напруг від деформацій та використання механіки руйнування. Дослідження розповсюдження тріщин методами механіки руйнування. Моделювання експлуатаційних навантажень та натурні втомні випробування. Ушкодження, що допускаються, і контроль руйнування.

Тема 8. Застосування статистики у дослідженнях втоми

Розподіл сукупностей. Вибіркові розподіли. Статистичні гіпотези. Довірчі межі. Властивості добрих оцінок. Розмір вибірки для необхідного рівня довіри. Імовірнісний папір. Порівняння середніх значень та дисперсій.

Тема 9. Методи втомних випробувань та статистична обробка результатів випробувань

Стандартний метод. Випробування з постійними амплітудами напруги циклу, метод подвійного результату або метод оцінки виживання. Метод ступінчастого навантаження. Метод Про. Метод «драбини». Метод граничних значень.

Тема 10. Малоциклова втома

Циклічне деформування. Крива залежності деформації від довговічності та співвідношення теорії малоциклової втоми. Вплив середньої деформації циклу та середньої напруги циклу. Накопичення пошкоджень при малоциклової втоми. Вплив багатосності напруженого стану. Зв'язок між термічною та малоцикловою втомою.

Тема 11. Концентрація напружень

Наслідки концентрації напружень. Коефіцієнт концентрації напружень у пружній області. Коефіцієнти концентрації напружень та деформацій у пластичній області. Коефіцієнти концентрації напружень для багаторазових вирізів. Коефіцієнти концентрації втомних напружень та показник чутливості до надрізів.

Тема 12. Повзучість, розрив при повзучості та втома

Прогнозування поведінки при тривалій повзучості. Залежності для передбачення поведінки при повзучості. Повзучість при одновісному напруженому стані. Повзучість за умов багатовісного напруженого стану. Накопичена деформація повзучості. Спільна дія повзучості та втоми.

Тема 13. Фреттинг, фреттинг-втома та фреттинг-знос

Чинники, що впливають на процес фреттингу. Фреттинг-втома. Фреттинг-знос. Фреттинг-корозія. Мінімізація або запобігання пошкодженням внаслідок фреттингу.

Тема 14. Зношування, корозія та інші види руйнування

Зношування. Емпірична модель нульового зношування. Корозія. Корозійне розтріскування під напругою.

Теми практичних занять

Тема 1. Напружений стан у точці

Тема 2. Механіка лінійно-пружного руйнування

Тема 3. Гіпотези руйнування при складному напруженому стані

Тема 4. Багатоциклова втома

Тема 5. Накопичення пошкоджень

Тема 6. Застосування статистики у дослідженнях втоми

Тема 7. Малоциклова втома

Тема 8. Повзучість, розрив при повзучості та втома

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. Collins J.A. Failure of materials in mechanical design. New York, John Wiley and Sons. 1993. – 672 p.
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. Лебедев А. О. Механіка матеріалів для інженерів: навчальний посібник / А. О. Лебедев, 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. 2023, 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 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 з дев'яти задач оцінюється у 10 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
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