



Силабус освітнього компонента Програма навчальної дисципліни



Теорія динамічних процесів-I

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
Спеціальна (фахова), Обов'язкова

Семестр
6

Мова викладання
Українська

Викладачі, розробники



Грищенко Володимир Миколайович

Volodimir.grishchenko@khpі.edu.ua

Кандидат технічних наук, доцент кафедри ММІ НТУ "ХПІ"

Автор понад 90 наукових та методичних публікацій.

Провідний лектор дисциплін: «Теорія динамічних процесів-I», «Теорія динамічних процесів-II», «Метод скінченних елементів», «Математичні методи аналізу динаміки машин», «Нелінійні процеси та моделі», «Моделювання динамічних процесів»

[Детальніше про викладача на сайті кафедри](#)

Загальна інформація

Анотація

Важко назвати таку область техніки, в якій не була б актуальною проблема вивчення та застосування коливальних процесів. Вібрації супроводжують роботу всіх машин та в багатьох випадках стають небезпечними. В I частині курсу викладається теорія коливань спрощених (приведених) моделей систем зі скінченним числом ступенів свободи. Більш розширений об'єм цієї частини пояснюється тим значенням, яке мають розрахунки приведених систем в практичному моделюванні процесів. Дисципліна спрямована на оволодіння основних понять, методів моделювання динаміки систем зі скінченним числом ступенів свободи (СЧСС), які дозволяють сформулювати постановки задач, побудувати розрахункові та математичні моделі поведінки машинобудівних конструкцій під дією динамічних навантажень. Визначити особливості поведінки машин та споруд, що працюють в полі вібраційних навантажень. Дисципліна викладається у 6-му семестрі та передбачає: 48 годин лекцій, 32 години практичних занять, 70 годин самостійної роботи; Контрольні розрахункові завдання. Колоквіум. Підсумковий контроль – іспит

Мета та цілі дисципліни

У формуванні основних понять, термінології, фундаментальних положень та підходів теорії коливань систем зі СЧСС, які дозволяють формувати постановки задач, будувати розрахункові та математичні моделі поведінки машинобудівних конструкцій під дією динамічних навантажень. Встановлювати характерні особливості поведінки машин та споруд, що працюють в полі вібраційних навантажень. Навчити студентів основним інженерним (розрахунковим) методам визначення динамічних навантажень в ланках машини зі СЧСС, які орієнтовані на використання сучасних обчислювальних засобів (ЕОМ) та здатних сформулювати рекомендації по запобіганню інтенсивних вібрацій машин та механізмів.

Формат занять

Лекції, практичні заняття, консультації. Обов'язкові контрольні завдання по вузловим розділам. Колоквіум. Підсумковий контроль - іспит

Компетентності

ЗК06. Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу.

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, зокрема для CAD/CAE моделювання.

ФК13. Здатність зрозуміти постановку завдання, сформульовану мовою певної предметної галузі, здійснювати пошук та збір необхідних вихідних даних.

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.

Результати навчання

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

РН02. Володіти основними положеннями та методами математичного, комплексного та функціонального аналізу, лінійної алгебри та теорії чисел, аналітичної геометрії, теорії диференціальних рівнянь, зокрема рівнянь у частинних похідних, теорії ймовірностей, математичної статистики та випадкових процесів, чисельними методами

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.

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.

РН12. Розв'язувати окремі інженерні задачі та/або задачі, що виникають принаймні в одній предметній галузі: в соціології, економіці, екології та медицині.

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 дисципліни: у 6-му семестрі 150 год (5 кредитів ECTS): 48 годин лекцій, 32 години практичних занять, 70 годин самостійної роботи; Контрольні розрахункові завдання. Підсумковий контроль – іспит

Передумови вивчення дисципліни (пререквізити)

Математичний аналіз, диференціальні рівняння, теоретична та аналітична механіка, теоретичні основи моделювання фізичних процесів.

Особливості дисципліни, методи та технології навчання

Теоретичний матеріал закріплюється на практичних заняттях. Студентам необхідно вести записи. Для якісного оволодіння основ теорії динамічних процесів необхідними умовами є повне та правильне виконання контрольних завдань. По результатам виконання КЗ проводиться Колоквіум з опитуванням теоретичних основ по темі. Їх результати є основою поточного та підсумкового контролю.

Програма навчальної дисципліни

Теми лекційних занять

1. Вступ. Значення і задачі курсу. Області застосування динамічних процесів в техніці.
 - 1.1. Ідеалізація фізичних явищ та властивостей, характеристик матеріалів. Схематизація властивостей механічної системи та побудова розрахункової моделі.
 - 1.2. Інерційні, пружні, дисипативні та силові елементи. Кінетична, потенціальна енергія та робота сил.
 - 1.3. Рівняння руху системи матеріальних точок в узагальнених координатах. Рівняння Лагранжа II роду
2. Коливання систем з одним ступенем свободи.
 - 2.1. Рівняння руху та вільні гармонічні коливання системи з 1-им ступенем свободи. Характеристики коливального процесу. Загальний випадок дії вимушеної сили. Інтеграл Дюамеля. Дія поштовху, імпульсу, лінійно наростаючої сили.
3. Коливання систем зі скінченним числом ступенів свободи.
 - 3.1. Кінетична та потенціальна енергії малих коливань системи. Диференціальні рівняння коливань системи навколо стану стійкої рівноваги. Рівняння Лагранжа II роду.
 - 3.2. Нормальні координати та головні (власні) коливання системи. Частинні рішення диференціальних рівнянь вільних лінійних коливань консервативної системи. Рівняння власних частот. Поняття про додатні значення та розділення коренів вікового рівняння.
 - 3.3. Власні форми коливань та їх властивості. Умови ортогональності. Загальний інтеграл диференціальних рівнянь вільних лінійних коливань.
 - 3.4. Поняття про змінення власних частот коливань системи при накладанні на неї лінійних зв'язків.
 - 3.5. Функція Релея. Теорема про екстремальні властивості власних частот.
4. Поняття про операційне обчислення при рішенні диференціальних рівнянь. Зображення функції по Карсону. Побудова оригіналу по даному зображенню. Теорема зворотності.
 - 4.1. Імпульсивні функції першого та другого роду
5. Вільні та вимушені лінійні коливання систем з N ступенями свободи.
 - 5.1. Поняття про внутрішній не пружний опір матеріалу. Спосіб Е.С. Сорокіна. Загальний інтеграл рівнянь лінійних коливань з в'язким тертям.
 - 5.2. Вимушені коливання систем без тертя. Вільні та вимушені коливання систем з N ступенями свободи з урахуванням ефектів поглинання енергії.
6. Поняття про наближені методи визначення власних частот. Визначення основної частоти. Метод Релея.
7. Критичні швидкості обертання прямих валів. Пряма та обернена прецесія. Обчислення критичних швидкостей валу з N дисками Гіроскопічний момент та його вплив на критичні швидкості.

Теми практичних занять

1. Схематизація властивостей механічної системи. Побудова розрахункових моделей пружних механічних систем.

1.1. Інерційні, пружні, дисипативні та силові елементи. Кінетична, потенціальна енергія та робота сил.

2. Побудова еквівалентних (приведених) розрахункових моделей пружних механічних систем. Рівняння руху системи матеріальних точок в узагальнених координатах. Рівняння Лагранжа II роду. Поздовжні, крутильні та згинальні коливання стержневих систем.

3. Коливання систем з одним ступенем свободи. Вільні та вимушені коливання. Резонансний стан. Коефіцієнт динамічності. Приклади дії вимушеної сили різного характеру (поштовх, імпульс, лінійно наростаюча сила та інші).

3.1. Використання інструментів комп'ютерних технологій в обчисленнях вібраційних процесів. Приклади аналізу динамічних процесів засобами системи символічної математики Octave.

4. Рівняння Лагранжа II роду. Поздовжні, крутильні, згинальні коливання системи зі скінченним числом ступенів свободи.

5. Власні коливання, частоти, форми. Особливі випадки власних коливань системи зі скінченним числом ступенів свободи. Нульові, кратні частоти коливань.

6. Основи використання операційного обчислення для рішення задач теорії коливань. Приклади використання Імпульсивних функцій I та II роду в рішенні задач теорії коливань.

7. Вільні та вимушені коливання систем з N ступенями свободи з урахуванням ефектів поглинання енергії.

8. Наближені методи визначення власних частот. Приклади визначення основної частоти.. Метод Релея. Врахування розподілених параметрів системи.

9. Критичні швидкості обертання прямих валів. Обчислення критичних швидкостей обертання валу з урахуванням гіроскопічного моменту

Теми лабораторних робіт

Самостійна робота

1. Опрацювання лекційного матеріалу та підготовка до практичних занять.

2. Для закріплення матеріалу курсу обов'язковим є виконання КЗ:

Кз1. "Побудова розрахункових та математичних моделей механізмів зі скінченним числом ступенів свободи.

Кз2. "Дослідження коливань системи з 1-им ступенем свободи (гармонічний осцилятор)"

Кз3. "Вільні коливання системи зі скінченним числом ступенів свободи".

3. Підготовка до Колоквіуму. По результатам виконання КЗ оформляється Звіт та захищається на Колоквіумі з опитуванням теоретичних основ по темі.

4. Для поглибленого знайомства з проблемами вібрації систем можна розглядати теми:

- Технічні застосування теорії вимушених коливань.
- Використання платформи Octave в обчисленнях вібрації систем.
- Загальний випадок дії вимушеної сили. Інтеграл Дюамеля.
- Імпульсивні функції першого та другого роду.
- Теорема про змінення власних частот коливань системи при накладанні на неї лінійних зв'язків. Функція Релея. Теорема про екстремальні властивості власних частот.
- Критичні числа обертання прямих валів. Пряма та обернена прецесії. Гіроскопічний момент та його вплив на критичні швидкості.
- Небезпечні коливання в машинах та засоби боротьби з ними.

Література та навчальні матеріали

Основна література

1. Василенко М.В.,Алексеичук О.М. Теорія коливань і стійкість руху.К.:Вища школа,2004.

2. S.P.Timoshenko,D.H.Joung,W.Weaver,Jr.Vibration Problems in Engineering. (4-th ed.), Wiley,New York,1974.

3. Кожушко А.П. Коливання механічних систем в автомобілі-та тракторобудуванні: навч. посіб., Харків: ФОРМ, 2018.
4. S.S.Rao. Mechanical Vibrations. (5-th ed.), Pearson Education, 2010.
5. Грищенко В.М. Коливання систем зі скінченним числом ступенів свободи: Метод вказівки для студентів спеціальностей 113-Прикладна математика, 122 -Комп'ютерні науки / Уклад. В.М. Грищенко - Х.: НТУ «ХПІ», 2023. 31 с.
6. Поточні методичні матеріали

Додаткова література

1. W.Thomson, M.D.Dahleh. Theory of Vibration with Applications. Pearson, 2013. 544p.
2. J.O.Den Hartog. Mechanical Vibrations, Dover Publications, New York, 1985.
3. Грищенко В.М., Шелковий С.К. Побудова розрахункових та математичних моделей механізмів зі скінченним числом ступенів вільності: Методичні вказівки до контрольних завдань з курсу "Теорія коливань", Х.: НТУ «ХПІ», Харків, 2013. с.32.
4. При вивченні дисципліни можуть використовуватись фізичні лабораторні установки, РС.

Система оцінювання

Критерії оцінювання успішності студента та розподіл балів

100% підсумкової оцінки складаються з результатів здачі Колоквіума по виконанню Кз (60%), результатів активності студента на лк/пз (10%) та оцінювання на Екзамені (30%).

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

Завідувач кафедри
Олексій Водка

29 серпня 2023 р

Дата погодження, підпис

Гарант ОП
Геннадій ЛЬВОВ