



Силабус освітнього компонента Програма навчальної дисципліни



Математичні методи аналізу динаміки машин

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(1рік 4місяці)
Магістр-науковець (1рік 9місяців)

Тип дисципліни
Профільна, вибіркова

Семестр
1

Мова викладання
Українська

Викладачі, розробники



Грищенко Володимир Миколайович

Volodimir.grischenko@khpi.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

Дисципліна спрямована на оволодіння основами структурного аналізу механізмів, вміння формулювати постановки задач дослідження динамічної поведінки машин в умовах зовнішніх навантажень; на засвоєння основних інженерних способів побудови їх розрахункових, приведених моделей, теоретичному обґрунтуванні прикладних підходів в динаміці машин; ознайомленню з основами аналізу конструкцій в системі комп'ютерної механіки з прикладами в Ansys Workbench та Octave; набуття навичок комп'ютерного моделювання динамічних процесів в ланках машин (геометричне моделювання, створення ескізів, об'ємної моделі, генерація SE-сітки, чисельні рішення задач і т д).

Дисципліна викладається у 1-му семестрі та передбачає: 32 години лекцій, 16 годин лабораторних (практичних) занять, 72 години самостійної роботи. Контрольні розрахункові завдання. Колоквіум. Підсумковий контроль – залік.

Мета та цілі дисципліни

Метою курсу є засвоєння наукових основ аналізу структури механізмів, вміння формулювати постановки задач дослідження динамічної поведінки машин в режимах навантаження; у засвоєнні

основних інженерних способів побудови їх розрахункових, приведених розрахункових моделей, теоретичному обґрунтуванні прикладних підходів в динаміці машин; ознайомленні з основами аналізу конструкцій в системі комп'ютерної механіки з прикладами в Ansys Workbench та Octave; набутті навичок комп'ютерного моделювання динамічних процесів в ланках машин (геометричне моделювання, створення ескізів, об'ємної моделі, генерація SE-сітки, чисельні рішення задач і т д).

Формат занять

Лекції, лабораторні (практичні) заняття, консультації, контрольні завдання, Колоквіум.
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.
- 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.
- 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.
- СК11. Здатність до математичного опису різноманітних динамічних процесів, що можуть відбуватись в системах об'єктів проектування.

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.
- РН17. Володіти знаннями математичного опису різноманітних динамічних процесів, що можуть відбуватись в системах об'єктів проектування.

Обсяг дисципліни

Загальний обсяг дисципліни 120 год (4 кредити ECTS): лекцій – 32 год., лабораторних (практичних) – 16 год., самостійна робота – 72 год

Передумови вивчення дисципліни (пререквізити)

Базові поняття математичного аналізу, теорії диференціальних рівнянь, теоретичної механіки, теоретичних основ моделювання фізичних процесів, теорії динамічних процесів.

Особливості дисципліни, методи та технології навчання

Теоретичний матеріал закріплюється на лабораторних заняттях. Використовуються засоби комп'ютерного моделювання Ansys Workbench та інструменти математичних розрахунків Octave. Для оволодіння основами математичного аналізу динаміки машин необхідними умовами є виконання контрольних завдань. По результатам виконання КЗ проводиться Колоквіум з опитуванням теоретичних основ по темі. Їх результати є основою поточного та підсумкового контролю. Необхідно працювати з навчальною літературою та літературою на електронних носіях в Інтернеті

Програма навчальної дисципліни

Теми лекційних занять

1. Вступ. Предмет динаміки машин та задачі дисципліни. Основні напрямки досліджень та прикладні аспекти використання динамічних процесів в машинах. Класифікація задач динаміки машинних агрегатів.
 - 1.1. Поняття про структурну класифікацію механізмів.
 - 1.2. Деталі, ланки. Кінематичні ланцюги, пари. Класи кінематичних пар.
 - 1.3. Структурний аналіз механізмів. Структурні формули механізмів Малишева та Чебишева.
 - 1.4. Приклади класифікації механізмів приводів машин.
2. Поняття машини, класифікація. Роторні та поршневі машини. Типи розрахункових моделей (моделі кінетостатики та моделі з пружними ланками).
 - 2.1. Загальні принципи побудови розрахункових моделей машин зі скінченим числом ступенів свободи. Інерційні, пружні, дисипативні та силові елементи моделей машин.
 - 2.2. Загальний принцип побудови приведених (еквівалентних) моделей машин за критерієм еквівалентності енергій. Приведення мас, моментів інерції, жорсткостей та сил в машинах; з зубчастими, пасовими та іншими передачами. Приклади побудови приведених моделей
 - 2.3. Класифікація сил, що діють в машинах. Типові технологічні навантаження. Привідні двигуни.
 - 2.4. Статичні механічні характеристики двигунів. Експериментальні силові характеристики роботи ДВЗ (механічна характеристика та індикаторна діаграма). Механічна характеристика асинхронного двигуна 3-х фазного струму з короткозамкненим ротором. Основи розрахунку електроприводу.
3. Теорія роботи машин.
 - 3.1. Енергетичні характеристики пружних механічних систем. Кінетична, потенціальна енергія та робота сил. Рівняння руху системи матеріальних точок в узагальнених координатах. Рівняння Лагранжа II роду. Рівняння руху дискретної моделі машини загального виду в матричній формі (рівняння Лагранжа-Даламбера).
 - 3.2. Особливості конструкції та принципи роботи трансмісійних машин з ДВЗ. Рівняння руху рядного багатоциліндрового ДВЗ з центральним КШМ.
 - 3.3. Рівняння руху машини з жорсткими ланками (з одним ступенем свободи). Характеристика приведених характеристик машини. Роторні та поршневі машини. Перший інтеграл рівняння руху машини з жорсткими ланками з одним ступенем свободи.
 - 3.4. Вступ в проведення математичних розрахунків з використанням систем символічної математики Octave та комп'ютерної механіки Ansys Workbench.
 - 3.5. Методи дослідження. Перехідні режими в машинах з жорсткими ланками для випадку різних видів двигунів. Чисельне моделювання динаміки руху машинних агрегатів при різних режимах роботи з використанням системи Octave.
 - 3.6. Енергетичний аналіз руху машини при різних співвідношеннях сил двигуна та технологічного навантаження. Теорія роботи машини.
 - 3.7. Основні напрямки досліджень в динаміці машин. Поняття усталеного руху машини з жорсткими ланками з двигуном обмеженої потужності. Поняття про небезпечні коливання в машинах. Загальна задача віброзахисту машин та механізмів. Усунення резонансних та критичних режимів в машинах.
4. Комп'ютерне моделювання динамічних процесів в машинах

Теми практичних занять

Немає..

Теми лабораторних робіт

1. Повторення основних положень теорії лінійних коливань. Приклад розв'язання задачі вільних коливань в системі зі скінченим числом ступенів свободи. Резонанс в механічних системах.
2. Структурний аналіз механізмів і машин. Деталі, ланки. Кінематичні пари, кінематичні ланцюги. Структурні формули Малишева та Чебишева. Приклади структурних схем механізмів. Приклади простих механізмів.

- 2.1. Моделювання динамічних процесів в механізмах засобами комп'ютерних технологій. Основи аналізу конструкцій в системі комп'ютерної механіки на прикладі Ansys Workbench. Геометричне моделювання в Ansys Workbench (модуль Desing Modeler).
- 2.2. Моделювання динамічних процесів в механізмах засобами комп'ютерних технологій. Основи аналізу конструкцій в системі символічної математики Octave.
3. Загальні принципи побудови дискретних розрахункових моделей машин зі скінченним числом ступенів свободи. Масові, пружні, дисипативні та силові елементи моделей машин. Побудова приведених моделей дорожніх та транспортних машин зі скінченним числом ступенів свободи. Приклади побудови приведених моделей механізму підйому крана, еквівалентних моделей в поршневих машинах.
- 3.1. Моделювання засобами комп'ютерної механіки Ansys Workbench (створення ескізів інструментами Draw, Modify, Construction тощо; робота з операціями об'ємної моделі Extrude, Revolve, Pattern та іншими; генерація SE-сітки; чисельне рішення задач).
4. Рівняння руху системи матеріальних точок в узагальнених координатах. Енергетичні характеристики пружних механічних систем. Кінетична, потенціальна енергія та робота сил. Рівняння Лагранжа II роду. Поведінка системи з 1-им ступенем свободи під дією миттєвого навантаження (режим роботи "підйом з підхватом"). Схематизація механічної характеристики асинхронного ЕД 3-х фазного току. Ідеалізація формули Клосса в прикладних розрахунках.
- 4.1. Моделювання засобами комп'ютерної механіки Ansys Workbench (Графічні інструменти постпроцесінгу. Переміщення. Деформації. Напруження. Напруження по Мізесу.).
5. Вимушені коливання в моделі технологічної машини з одним ступенем свободи при дії періодичного навантаження. Використання в чисельних алгоритмах першого інтегралу рівняння руху машини з жорсткими ланками з одним ступенем свободи. Динаміка механізму підйому мостового крану з двигуном обмеженої потужності.
6. Приклади моделювання засобами комп'ютерної механіки Ansys WB. Комп'ютерне моделювання з'єднання ланок механізму кінематичними парами V-го класу (обертальна КП), IV-го класу (циліндрична КП), III-го класу(сферичний шарнір).
7. Розрахунок динаміки нестационарних та стационарних режимів роботи машини з жорсткими ланками під дією заданого навантаження (теорія роботи машин).

Самостійна робота

1. Опрацювання лекційного матеріалу та підготовка до лабораторних занять.
2. Для закріплення матеріалу курсу обов'язковим є виконання КЗ:
 - Кз1 "Структурний аналіз схеми просторового механізму маніпулятора промислового робота".
 - Кз2 "Комп'ютерне моделювання з'єднання ланок механізму кінематичними парами V-го класу (обертальна КП), IV-го класу (циліндрична КП).
 - Кз3 "Побудова приведеної динамічної моделі руху машинного агрегату з пружними та жорсткими ланками на основі принципу еквівалентності енергій".
3. Підготовка до Колоквіуму. По результатам виконання КЗ проводиться Колоквіум з опитуванням теоретичних основ по темі.
4. Для поглибленого знайомства з проблемами динаміки машин можна розглядати теми:
 - Класифікація машин за їх конструкцією та структурна класифікація механізмів.
 - Небезпечні коливання в машинах та засоби боротьби з ними.
 - CAD/CAE системи в задачах проектування.
 - Інструменти Octave в дослідженнях прикладної динаміки машин.
 - Напрямки досліджень та прикладні аспекти використання динамічних процесів в машинах.
 - Типи привідних двигунів.

Література та навчальні матеріали

Основна література

1. Ловейкін В С, Ромасевич Ю О. Динаміка машин: навч посіб. К.: ЦК КОМПРИНТ, 2013р. 227с.
2. Заховайло О П. Теорія механізмів і машин. Курс лекцій для студентів спеціальності "Динаміка і міцність машин". К.: НТУУ "КПІ", 2010. 243с.
3. Грищенко В М, Свіргун О А, Калінін Є І, Савченко В Б. Основи ANSYS. Лабораторний практикум: навч. посіб. Харків: ХНТУСГ, 2020. 168с.

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

Додаткова література

1. Розрахунки при проектуванні машин. Побудова моделей деталей трансмісії та ДВЗ:метод.вказівки для провед.практич.занять для студ.ІІ (магістерського) рівня вищої освіти. Галузеве машинобудування/ХНТУСГ:Уклад.:В М Грищенко, О А.Свіргун, Є.І.Калінін, В Б Савченко, Харків,2019. 28с.
2. Tomas B. Theory of Machines, Pearson Education,1986.
3. B.V.R.Gupta. Theory of Machines:Kinematics and Dynamics. I.K.International Publishing House Pvt.Ltd,2010.
4. S.S.Rao. Mechanical Vibrations. (5-th ed.),Pearson Education,2010.
5. S.P.Timoshenko,D.H.Joung,W.Weaver,Jr.Vibration Problems in Engineering. (4-th ed.),Wiley,New York,1974.
6. Поточні методичні матеріали.

Система оцінювання

Критерії оцінювання успішності студента та розподіл балів

100% підсумкової оцінки складаються з результатів здачі Колоквіумів по виконанню Кз, лабораторних (60%) , результатів активності студента на лк/пз (10%) та оцінювання на заліку (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
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