



Силабус освітнього компонента

Програма навчальної дисципліни



Комп'ютерне моделювання динаміки та вібраційний захист роторних 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 (1 рік 4 місяці)
Магістр-науковець (1 рік 9 місяців)

Тип дисципліни
Профільна, вибіркова

Семестр
1

Мова викладання
Українська

Викладачі, розробники



Грищенко Володимир Миколайович

Volodimir.grischenko@khp.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

Вібрації супроводжують роботу всіх машин та можуть стати небезпечними. Дисципліна спрямована на оволодіння знань з причин виникнення зовнішньої неврівноваженості машин, що мають в своєму складі рухомі ланки. Як наслідок робота таких агрегатів на робочих режимах може супроводжуватись значним підвищенням віброактивності. Викладаються теоретичні основи інженерних розрахунків пристроїв для усунення небезпечної вібрації цього типу. Серед комп'ютерних засобів для чисельних розрахунків рівня вібрації використовується математичний апарат платформи Octave та CAD моделювання з Ansys Workbench.

Дисципліна викладається у 1-му семестрі та передбачає: 32 години лекцій, 16 годин лабораторних занять, 72 години самостійної роботи. Контрольне розрахункове завдання. Колоквіум.

Підсумковий контроль – залік.

Мета та цілі дисципліни

Метою курсу є вивчення способів усунення або зниження небезпечної вібрації машин, обумовленої її зовнішньою неврівноваженістю. Для створення вібростійких конструкцій машин

та механізмів розглядаються такі напрямки як проведення динамічного балансування, використання таких пристроїв як антивібратори для динамічного поглинання коливань, використання демпферів, віброізоляції. В курсі наводяться приклади принципів схем проведення випробувань та теоретичних основ визначення параметрів таких пристроїв. Для набуття навичок комп'ютерного моделювання динамічних процесів в ланках машин використовуються засоби комп'ютерної механіки Ansys Workbench (геометричне моделювання, створення ескізів, об'ємних моделей, генерація SE-сітки) та пакет математичних розрахунків Octave.

Формат занять

Лекції, лабораторні заняття, самостійна робота, консультації, контрольне завдання та 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 – 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 комп'ютерного моделювання динаміки та вібраційного захисту машин 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. Необхідно працювати з навчальною літературою та літературою на електронних носіях в Інтернеті.

Програма навчальної дисципліни

Теми лекційних занять

1. Вступ. Віброактивність машин та їх віброзахист. Методи та засоби. Основні напрямки досліджень та задачі дисципліни.
 - 1.1. Поняття машини, класифікація. Роторні та поршневі машини.
 - 1.2. Типи розрахункових моделей (моделі кінестатики та моделі з пружними ланками).
 - 1.3. 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.
 - 1.4. Загальний принцип побудови приведених (еквівалентних) моделей машин по критерію еквівалентності енергій. Приведення мас, моментів інерції, жорсткостей та сил в машинах з зубчастими, пасовими та іншими передачами. Приклади побудови приведених моделей.
 - 1.5. Класифікація сил, що діють в машинах. Типові технологічні навантаження.
2. Рівняння руху дискретної моделі машини в узагальнених координатах.
 - 2.1. Енергетичні характеристики пружних механічних систем. Кінетична, потенціальна енергія, робота сил. Рівняння Лагранжа II роду.
3. Рішення лінійних диференціальних рівнянь руху механізмів зі скінченним числом ступенів свободи.
 - 3.1. Вільні та вимушені коливання системи з 1-им ступенем свободи. Амплітудно-частотна характеристика системи. Резонансна частота. Коефіцієнт динамічності.
 - 3.2. Коливання системи з N числом ступенів свободи. Спектр власних частот та форм коливань.
 - 3.3. Вступ в проведення математичних розрахунків з використанням систем символічної математики Octave та комп'ютерної механіки Ansys Workbench.
4. Поняття про зовнішнє врівноваження машини. Сили інерції і моменти сил інерції мас ланок механізмів.
 - 4.1. Загальні умови зовнішньої врівноваженості машин з жорсткими ланками.
 - 4.2. Теорема про зовнішню врівноваженість машини..
5. Умови зовнішньої врівноваженості роторних машин.
 - 5.1. Види неврівноваженості роторних машин та типи балансування. 2-х площинне балансування роторів.
 - 5.2. Статичне балансування, устаткування та методи.
6. Динамічне балансування. Метод пружних опор, що використовується у виробництві.
 - 6.1. Балансувальні станки, їх теорія, класифікація та принцип роботи..
 - 6.2. Балансування жорстких роторів в машинах з балансувальними апаратами.
 - 6.3. Балансування ротора в самій машині.
 - 6.4. Автоматичні балансувальні пристрої.
7. Усунення небезпечних коливань в механічних системах. Класифікація засобів усунення небезпечних коливань в машинах.
 - 7.1. Лінійний антивібратор в одномасовій системі, схема та принцип роботи.
 - 7.2. Лінійний антивібратор в багатомасовій системі. Ефект дії лінійного антивібратора на систему.
8. Демпфери коливань. Класифікація демпферів коливань. Принцип дії демпфера коливань. Демпфер в'язкого тертя.

Теми практичних занять

Немає.

Теми лабораторних робіт

1. Побудова розрахункових моделей машин зі скінченним числом ступенів свободи. Обчислення інерційних, пружних, дисипативних та силових елементів моделей машин. Кінетична та потенціальна енергії системи. Рівняння руху системи матеріальних точок в узагальнених

- координатах. Рівняння Лагранжа II роду. Рівняння руху моделі при поздовжніх, крутильних та згинальних деформаціях.
2. Рішення для коливальних процесів в моделі машини з одним ступенем свободи. Вільні, вимушені коливання, нестационарні процеси. Поведінка системи з 1-им ступенем свободи під дією миттєвого навантаження (режим роботи "підйом з підхватом"). Резонансні режими. Амплітудно-частотна та фазово-частотна характеристики системи.
 3. Моделювання динамічних процесів в механізмах засобами комп'ютерних технологій. Основи аналізу конструкцій в системі комп'ютерної механіки на прикладі Ansys Workbench. Геометричне моделювання з використанням модуля Desing Modeler. (Створення ескізів інструментами Draw, Modify, Construction та іншими; генерація SE-сітки; чисельне рішення задач). Комп'ютерне моделювання з'єднання ланок механізму кінематичними парами V-го класу (обертальна КП), IV-го класу (циліндрична КП), III-го класу(сферичний шарнір).
 4. Моделювання динамічних процесів в моделях машин з використанням систем символічної математики Octave. Приклади розв'язання задач для типових видів навантажень. Резонансний стан в машинах при дії періодичних збуджень. Усунення резонансних та критичних режимів.
 - 5 Небезпечні коливання в машинах. Поняття про зовнішнє врівноваження машини. Загальні умови зовнішньої врівноваженості машин з жорсткими ланками. Умови зовнішньої врівноваженості роторних машин.
 6. Види неврівноваженості роторних машин та типи балансування. 2-х площинне балансування роторів. Статичне балансування, устаткування та методи.
 7. Динамічне балансування. Метод пружних опор, що використовується у виробництві. Балансувальні станки, їх теорія, класифікація та принцип роботи..
 8. Лінійний антивібратор в одномасовій системі, схема, принцип роботи та ефект дії лінійного антивібратора на систему.
 9. Проведення Колоквіуму

Самостійна робота

1. Опрацювання лекційного матеріалу та підготовка до лабораторних занять.
2. Для закріплення матеріалу курсу обов'язковим є виконання КЗ:
Кз1 "Динамічне балансування ротора з неврівноваженими масами".
3. Підготовка до Колоквіуму. По результатам виконання КЗ проводиться Колоквіум з опитуванням теоретичних основ по темі.
4. Для поглибленого знайомства з проблемами віброзахисту 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.
 - Напрямки досліджень та прикладні аспекти використання динамічних процесів в машинах

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.вказ. для провед.практич.занять для студ. II (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 В. Theory of Machines, Pearson Education,1986.
3. В.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 Колоквіуму 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