Силабус освітнього компонента
Програма навчальної дисципліни

Нелінійні процеси та моделі

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
Спеціальна (фахова), обов'язкова

Семестр
1

Мова викладання
Українська

Викладачі, розробники

Ларін Олексій Олександрович (відповідальний лектор)

Oleksiy.Larin@khpi.edu.ua
Доктор технічних наук, професор, досвід роботи - 15 років

Фахівець в галузі обчислювальної механіки, ймовірнісного моделювання та прогнозуванні надійності. Основний фокус наукових робіт присвячено розробці моделей, методів, підходів та алгоритмів комп'ютерного моделювання та статистичного аналізу інженерних систем, зокрема із випадковими параметрами. Автор понад 150 наукових та методичних праць.
Детальніше про викладача на сайті кафедри

Грищенко Володимир Миколайович (асистент)

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-І», «Теорія динамічних процесів-ІІ», «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 основних понять, фундаментальних положень та підходів теорії нелінійних процесів. Курс фокусується на формування у студентів поглибленого розуміння особливостей динамічної поведінки нелінійних систем, а також супроводжуючих специфічних феноменів. Окремої уваги приділено наближеним аналітично-розрахунковим методам вивчення нелінійної динаміки, зокрема асимптотичним методам. Практична частина курсу передбачає

самостійне дослідження нелінійної механічної динамічної системи в консервативній постановці. Підсумковий контроль – іспит.

Мета та цілі дисципліни

Метою курсу є надання здобувачам освіти знань щодо основних явищ та особливостей поведінки нелінійних динамічних систем та методів їх дослідження; Студентам надаються знання та практичні навички щодо використання аналітично-розрахункових та асимптотичних методів аналізу проблем нелінійної динаміки в прикладних задачах механіки.

Формат занять

Лекції, практичні заняття, консультації, Обов'язкові індивідуальні розрахункові завдання. Підсумковий контроль - іспит.

Компетентності

ЗК7. Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу.
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.
СК3. Здатність розробляти методи й алгоритми побудови, дослідження та програмної реалізації математичних моделей у техніці, фізиці, біології, медицині та інших галузях та здійснювати їх аналіз.
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.
РН9. Вміти аналізувати та проектувати системи з великими обсягами даних, застосувати та адаптувати методи здобуття знань, методи оцінки та інтерпретації знайдених закономірностей.
РН16. Вміти розробляти математичні методи та алгоритми комп’ютерного моделювання нелінійних фізичних явищ та процесів в інноваційних технологічних системах.
РН17. Володіти знаннями математичного опису різноманітних динамічних процесів, що можуть відбуватись в системах об’єктів проектування.
РН18. Розуміти сутність науково-технічних проблем в професійній діяльності, застосовувати відповідні математичні моделі для дослідження механічних об’єктів та процесів.

Обсяг дисципліни

Загальний обсяг дисципліни 120 год.(4 кредити ECTS): лекцій – 36 год., практичних – 12 год., самостійна робота – 72 год; Контрольні розрахункові завдання. Підсумковий контроль-іспит.

Передумови вивчення дисципліни (пререквізити)

Базові поняття математичного аналізу, теорії диференціальних рівнянь, теоретичної механіки, теоретичних основ моделювання фізичних процесів, теорії динамічних процесів.
Додатково, рекомендується мати досвід у використанні математичного програмного забезпечення для числового моделювання та розв'язання диференціальних рівнянь. Знання мов програмування, таких як MATLAB/Octave, Python або інші, буде корисним для виконання практичних завдань та РГЗ у рамках курсу.

Особливості дисципліни, методи та технології навчання

Методи викладання та вивчення курсу включають традиційні лекції для теоретичних основ та практики. Для закріплення практичних навичок запропоновано виконання індивідуальних розрахункових завдань (РГЗ). При цьому практичні заняття побудовані наступним чином: є класичні практичні заняття з розв'язками відносно простих прикладів для закріплення базових теоретичних відомостей початкової частину курсу. Надалі пропонуються практики у формі занять семінарського типу де в межах консультацій розглядаються приклади вирішення студентами завдання заданого в РГЗ для віртуального варіанту. При цьому саме виконання РГЗ здійснюється в системі символьної математики або з використанням мови Python у середовищі PyCharm (на вибір більшості студентів у групі). Наступні практики відбуваються у вигляді консультацій щодо проблем з якими стикнувся студент при виконання РГЗ (в тому числі допомога і з програмною частиною) та захист результатів даного завдання. Важливим є відповіді на теоретичні питання щодо теми РГЗ, а також інтерпретація отриманих результатів та висновків.

Програма навчальної дисципліни

Теми лекційних занять

Тема 1. Основні поняття та визначення теорії нелінійних динамічних систем.
Основні питання та визначення. Співвідношення між лінійним та нелінійним. Нелінійні та лінійні характеристики систем – фізичні приклади.
Тема 2. Класифікації нелінійних систем. Фундаментальні явища
Неізохронність, Ангармонічність, Біфуркації, Мільтистабільність, Автоколивання, Динамічний хаос.
Тема 3. Автономні системи.
Фазова площина. Система загального виду на площині. Особливі точки, їх класифікація. Фазові портрети.
Тема 4. Консервативні автономні системи.
Потенціал системи. Трансформації потенціальної енергії при зміні параметрів. Зв’язок між потенціальною функцією та фазовим портретом.
Тема 5. Перший інтеграл руху консервативних автономних нелінійних систем.
Визначення періоду коливань. Скелетна крива. Жорсткі та м’які характеристики.
Тема 6. Складна динамічна поведінка нелінійних систем.
Особливості вивчення динамічної поведінки неавтономних динамічних систем. Фазовий циліндр. Поняття про стробоскопічне відображення Пуанкаре.
Тема 7. Асимптотичні методи теорії нелінійних коливань.
Класифікація та межі застосувань. Метод безпосереднього розкладання в ряд по малому параметру.
Тема 8. Дослідження нелінійних коливань консервативної автономної динамічної системи з кубічною нелінійністю (осцилятор Дуфінга).
Виникнення секулярних членів в асимптотичних кривих основної та субгармонік.
Тема 9. Особливості дисипативних систем.
Основні типи та їхні характеристики. Моделі дисипації.
Тема 10. Методи усереднення.
Метод Ван-дер-Поля. Застосування до випадку осцилятора Дуфінга з малою дисипацією.
Тема 11. Вивчення динаміки системи з моделлю "сухого тертя" .
Застосування метод Ван-дер-Поля. Аналіз ізохронності
Тема 11. Дослідження автоколивань нелінійної системи.
Застосування метод Ван-дер-Поля.
Тема 12. Метод розділення рухів
Дослідження систем з сильною дисипацією.
Тема 13. Метод багатьох масштабів
Вирішення неконсервативної автономної динамічної системи з кубічною нелінійністю випадок малої дисипації
Тема 14. Вивчення нелінійних коливань неконсервативної неавтономної динамічної системи.
Дослідження осоновного нелінійного резонансу (використання методу Ван-дер-Поля)

Тема 15. Вивчення нелінійних коливань неконсервативної неавтономної динамічної системи.
Дослідження нелінійного резонансу (використання методу багатьох масштабів). Аналіз суб- та ультра резонансів
Тема 16. Методи дослідження суттєво нелінійних систем
Методи прямої лінеаризації;
Тема 17. Методи дослідження суттєво нелінійних систем (продовження)
Метод гармонічного балансу;
Тема 18. Методи дослідження суттєво нелінійних систем (продовження 2)
Метод Гальоркіна
Тема 19. Нелінійні коливання систем з кінцевою кількістю ступенів волі.
Нелінійні нормальні форми коливань.

Теми практичних занять

Практичне заняття 1.
Дослідження особливих точок різних нелінійних систем. Побудова фазових портретів.
Практичне заняття 2.
Дослідження консервативних нелінійних систем з кусково-лінійними характеристиками. Побудова скелетних кривих
Практичне заняття 3.
Приклад РГЗ №1. Вирішення задачі оцінки нелінійної консервативної системи щодо побудови фахового портрету, визначення топологічних варіантів руху.
Практичне заняття 4.
Консультація та/або захист результатів РГЗ №1.
Практичне заняття 5.
Консультація та/або захист результатів РГЗ №2.
Практичне заняття 6
Консультація та/або захист результатів РГЗ №3.

Теми лабораторних робіт

Самостійна робота

Опрацювання лекційного матеріалу.
Виконання індивідуальних завдань:
Розрахункове завдання (РГЗ) №1: Вирішення задачі оцінки нелінійної консервативної системи щодо побудови фахового портрету, визначення топологічних варіантів руху.
Розрахункове завдання (РГЗ) №2 Вирішення задачі побудови скелетної кривої для нелінійної консервативної системи
Розрахункове завдання (РГЗ) №3 Застосування асимптотичних методів до вирішення задачі вільних коливань нелінійної системи в несонсервативній постановці. Приведення нелінійної моделі до види, який передбачає застосування асимптотичних методів (виділення малого параметру) та порівняння консервативних та некосервативних розвозів з чисельними симуляціями

Література та навчальні матеріали

1. Василенко М.В.,Алексейчук О.М. Теорія коливань і стійкість руху. К.:Вища школа,2004.
2. S.S.Rao. Mechanical Vibrations. (5-th ed.),Pearson Education,2010.
3. 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.
4. W.Thomson,M.D.Dahleh. Theory of Vibration with Applications.Pearson, 2013. 544p.
5. При вивченні дисципліни можуть використовуватись фізичні лабораторні установки

Система оцінювання

Критерії оцінювання успішності студента та розподіл балів

Теоретична частина: 36 балів

у формі усного екзамену (2 питання у білеті по 12 балів та додаткові усні запитання 12 балів)

Практична частина курсу: 64 балів

3 індивідуальних розрахункових завдання (РГЗ): РГЗ1 20 балів; РГЗ2 24 балів; РГЗ3 20 балів; Оцінюються відповіді на запитання щодо тема РГЗ, коректність тлумачення результатів, а також якість оформлення звіту (до 5 балів).

Виконання та захист РГЗ є допуском до екзамену.

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 (1рік 4 місяці) Олексій ЛАРІН
		Гарант ОНП (1рік 9 місяців) Геннадій МАРТИНЕНКО