



Регулярна та хаотична динаміка маятникових і електропружних систем

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

1. Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	<i>Третій (освітньо-науковий)</i>
Галузь знань	<i>11 Математика та статистика</i>
Спеціальність	<i>111 Математика</i>
Освітня програма	<i>Математика</i>
Статус дисципліни	<i>Вибіркова</i>
Форма навчання	<i>Очна (денна)</i>
Рік підготовки, семестр	<i>2 курс, весняний семестр</i>
Обсяг дисципліни	<i>4 кредити ЄКТС</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>Екзамен</i>
Розклад занять	<i>rozklad.kpi.ua</i>
Мова викладання	<i>Українська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	<i>Д. ф.-м. н. професор Швець О.Ю.</i>
Розміщення курсу	<i>Сайт ФМФ chaos.kpi.ua</i>

2. Програма навчальної дисципліни

3. Опис навчальної дисципліни, її мета, предмет вивчення та результати навчання

Цілі дисципліни	<i>Метою дисципліни є ознайомлення майбутніх фахівців-математиків з сучасним станом вивчення динамічної поведінки маятникових та електропружних систем. Такі системи займають чільне місце у теорії динамічних систем та мають багато застосувань при математичному моделюванні функціонування реальних машин, механізмів та технічних пристроїв. Набуті знання дозволять аспірантам розв'язувати комплексні проблеми в галузі професійної та дослідницької діяльності</i>
Компетентності	<i>ФК1: здатність самостійно виконувати науково-дослідну діяльність у галузі математики та статистики з використанням сучасних теорій, методів та інформаційно-комунікаційних технологій; ФК2: здатність адаптувати і узагальнювати результати сучасних досліджень в галузі математики та статистики для вирішення наукових і практичних проблем; ФК5: здатність застосовувати аналітичні та комп'ютерні методи теорії динамічних систем та теорії детермінованого хаосу для дослідження теоретичних і прикладних проблем сучасної математики.</i>
Програмні результати навчання	<i>РН2 Володіти найбільш передовими концептуальними та методологічними знаннями в галузі науково-дослідної та професійної діяльності і на межі предметних галузей РН12 Уміти формулювати і перевіряти гіпотези; використовувати для обґрунтування висновків належні докази, зокрема, результати теоретичного аналізу, експериментальних досліджень і математичного та/або комп'ютерного моделювання, наявні літературні дані РН13 Уміти організовувати і проводити науково-дослідну, інноваційну та освітню діяльність в обраній науковій спеціальності – математиці та статистиці РН14 Уміти розв'язувати теоретичні та прикладні математичні проблеми з використанням базових знань математики та статистики та базових загальних знань з різних природничих та соціальних наук РН17 Уміти адаптувати, інтерпретувати та узагальнювати результати сучасних математичних та статистичних досліджень для розв'язання теоретичних та прикладних проблем РН18 Володіти сучасними інформаційними технологіями, методами обробки та аналізу інформації для розв'язання математичних та статистичних проблем і прийняття рішень, здійснювати математичне моделювання з використанням комп'ютерних технологій</i>

4. Пререквізити та постреквізити дисципліни (місце в структурно-логічній схемі навчання за відповідною освітньою програмою)

Освітній компонент " Регулярна та хаотична динаміка маятникових і електропружних систем " є одним із завершальних курсів професійної підготовки докторів філософії спеціальності "Математика" необхідних для написання дисертації третього освітньо-кваліфікаційного рівня .

Цей курс підсумовує раніше прочитані спеціальні дисципліни в напрямку динамічні системи і дає систематизоване детальне викладання сучасної теорії біфуркації її численних теоретичних та практичних застосувань. Ця дисципліна має глибокі логічні зв'язки з попередніми дисциплінами навчального плану підготовки бакалаврів, магістрів та докторів філософії, такими як «Диференціальні рівняння», «Динамічні системи», «Детермінований хаос», «Біфуркації аттракторів динамічних систем» « Чисельно-аналітичні та якісні методи дослідження нелінійних динамічних систем».

5. Зміст навчальної дисципліни

Кредитний модуль включає наступні теми

Розділ 1. Динамічні системи з обмеженим збудженням

Тема 1.1. Деякі класичні моделі маятникових та електропружних систем

Тема 1.2. Поняття неідеальної, за Зоммерфельдом-Кононенко, динамічної системи

Тема 1.3. Вплив обмеженості збудження на стійкість за Ляпуновим аттракторів динамічних систем

Тема 1.4. Виникнення грубих помилок при застосуванні методів редукції при вивченні детермінованого хаосу динамічних систем

Розділ 2. Плоский неідеальний маятник

Тема 2.1. Постановка задачі та отримання математичної моделі системи «плоский маятник – джерело збудження»

Тема 2.2. Знаходження положень рівноваги та дослідження стійкості цих положень.

Тема 2.3. Виникнення детермінованого хаосу в системі системи «плоский маятник – джерело збудження». Основна причина виникнення детермінованого хаосу

Тема 2.4. Знаходження класу універсальності за Фейгенбаумом

Тема 2.5. Карти динамічних режимів неідеального маятника

Тема 2.6. Вплив факторів запізнювання на регулярну та хаотичну динаміку

Розділ 3. Неідеальний сферичний маятник

Тема 3.1. Постановка задачі та отримання математичної моделі системи «сферичний маятник – джерело збудження»

Тема 3.2. Неідеальність збудження як основна причина хаотизації системи.

Тема 3.3. Біфуркації переходу від регулярної динаміки до хаотичної

Тема 3.4. Основні типи регулярних та хаотичних аттракторів системи «сферичний маятник – джерело збудження»

Тема 3.5. Типи перерізів Пуанкаре та Фур'є-спектрів системи.

Тема 3.6. Максимальні (некласичні) регулярні та хаотичні аттрактори

Розділ 4. Електропружні системи

Тема 4.1. Загальні принципи моделювання електропружних систем

Тема 4.2. Система «п'єзокерамічний перетворювач – аналоговий генератор»

Тема 4.3. Регулярні та хаотичні та гіперхаотичні аттрактори системи

Тема 4.4. Нетипові біфуркації виникнення та зникнення хаосу

Тема 4.5. Приховані, самозбудні та рідкісні аттрактори

Тема 4.6. Вплив факторів запізнювання на динамічну поведінку системи «п'єзокерамічний перетворювач – аналоговий генератор»

Заплановано семінарські заняття та комп'ютерні практикуми для поглибленого вивчення окремих розділів курсу.

Навчальні матеріали та ресурси

1. Базова література

- 1. Krasnopol'skaya T.S., Syvets A.Yu. Regular and chaotic dynamics systems with limited excitation, R&CD, M-Iz., 2008.*
- 2. Kuznetsov S.P., Dynamical Chaos, Fizmatlit, Moscow, 2006.*
- 3. Швець О.Ю. Детермінований хаос, Навчальний посібник, КПІ, 2011.*

2. Допоміжна література

- 4. Kononenko. V.O/ Vibrating systems with a limited power supply. Iliffe Books, London, 1969.*

5. Kuznetsov N. *Hidden attractors in fundamental problems and engineering models, Lectures Notes in electrical engineering*, 4, 13{25}, 2016.
6. Liechtenberg A.J., Lieberman M.A. *Regular and Stochastic Motion*, Springer-Verlag, 1982.
7. Shvets A., Donetsky S. Transition to Deterministic Chaos in Some Electroelastic Systems, *Springer Proceedings in Complexity*. Springer, Cham, 257-264, 2019.
8. Shvets A.Yu., Sirenko V.A., *Scenarios of Transitions to hyperchaos in Nonideal Oscillating Systems, J. Math. Sci.*, 243(2), 338-346, 2019.

6. Навчальний контент

Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Основні теми навчального плану можуть бути освоєні за допомогою електронного конспекту лекцій розміщеного на сайті ФМФ chaos.kpi.ua

Самостійна робота студента/аспіранта

Вивчення дисципліни включає наступні види самостійної роботи:

- підготовка до семінарських занять комп'ютерних практикумів,
- виконання розрахунково-графічної роботи,
- виконання модульної контрольної роботи.

7. Політика та контроль

Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Рекомендовані методи навчання: вивчення основної та допоміжної літератури за тематикою лекцій, розв'язування проблемних задач на семінарських заняттях, комп'ютерних практикумах та при виконанні домашніх робіт. Важливим аспектом якісного засвоєння матеріалу, відпрацювання методів та алгоритмів вирішення основних завдань дисципліни є самостійна робота. Вона містить читання літератури, огляд літератури за темою, підготовку до занять та до іспиту.

Види контролю та рейтингова система оцінювання результатів навчання (PCO)

На першому занятті здобувачі ознайомлюються із рейтинговою системою оцінювання (PCO) дисципліни, яка побудована на основі Положення про систему оцінювання результатів навчання https://document.kpi.ua/files/2020_1-273.pdf

Зокрема, рейтинг здобувача з освітнього компонента формується як сума балів поточної успішності навчання – стартового рейтингу (максимально 50 балів) та екзаменаційних балів (максимально 50 балів).

Поточний контроль: фронтальний (усний\письмовий), МКР; індивідуальне заддання.

Календарний контроль: проводиться двічі на семестр як моніторинг поточного стану виконання вимог програми результати якого відображаються в системі Електронний кампус <https://campus.kpi.ua>.

Рейтингова система оцінювання включає всі види тестування: контрольні роботи, виконання індивідуального завдання, відповідь на екзамені. Кожний здобувач отримує свій підсумковий рейтинг по дисципліні.

Рейтинг здобувача з кредитного модуля складається з балів, які він отримує за:

- роботу на практичних заняттях
- написання модульної контрольної роботи;
- виконання індивідуального завдання (РГР);
- відповіді на екзамені (письмової екзаменаційної роботи).

Відповіді під час практичних занять

Ваговий бал 1 (може бути відкорегований в залежності від кількості запланованих занять)

- якщо задача повністю розв'язана, то здобувач отримує максимальну кількість запланованих балів;

- якщо відповідь правильна, але у розв'язку є неточності, то здобувач отримує 0,5 запланованих балів;
- якщо незадовільна відповідь, метод розв'язування задачі неправильний – 0 балів;

Максимальний бал 10.

Модульна контрольна робота

Ваговий бал 20

Критерії оцінювання

- повна відповідь на всі завдання (більше 90% матеріалу) 18 – 20 балів;
- неповна відповідь на завдання (від 50 до 90% матеріалу) - 10 – 17 балів;
- відповідь містить менше 50 % необхідної інформації – 0-9 балів;

Максимальний бал 20

Індивідуальне завдання (Розрахунково-графічна робота)

Ваговий бал 20

Критерії оцінювання

- повна відповідь на всі завдання (більше 90% матеріалу) 18 – 20 балів;
- неповна відповідь на завдання (від 50 до 90% матеріалу) - 10 – 17 балів;
- відповідь містить менше 50 % необхідної інформації – 0-9 балів;

Виконання РГР може бути замінено на підготовку тез на наукову конференцію.

Максимальний бал 20

Умови допуску до екзамену.

Умовою допуску до екзамену є стартовий рейтинг не менше 30 балів. Здобувач, який в кінці навчального семестру мають менше балів до екзамену не допускаються і повинні виконати додаткові завдання до першого перекладання.

Форма семестрового контролю – іспит

На екзамені студенти виконують письмову контрольну роботу. Кожне завдання містить два теоретичних запитання (завдання) і одне практичне. Кожне теоретичне запитання (завдання) оцінюється у 15 балів, а практичне у 20 балів за такими критеріями:

- «відмінно», повна відповідь, не менше 90% потрібної інформації, що виконана згідно з вимогами до рівня «умінь», (повне, безпомилкове розв'язування завдання) – 14-15; 18-20 балів;
- «добре», достатньо повна відповідь, не менше 75% потрібної інформації, що виконана згідно з вимогами до рівня «умінь» або є незначні неточності (повне розв'язування завдання з незначними неточностями) – 11-13; 16-17 балів;
- «задовільно», неповна відповідь, не менше 60% потрібної інформації, що виконана згідно з вимогами до рівня «умінь» та деякі помилки (завдання виконане з певними недоліками) – 9-10; 10-15 балів
- «незадовільно», відповідь не відповідає умовам до «задовільно» – 0 балів.

Сума стартових балів та балів за екзамен переводиться до екзаменаційної оцінки згідно з таблицею:

100...95	Відмінно
94...85	Дуже добре
84...75	Добре
74...65	Задовільно
64...60	Достатньо
Менше 60	Незадовільно
Стартовий рейтинг менше 30 балів	Не допущено

8.

У випадку дистанційної форми навчання у PCO відбуваються наступні зміни:

- Контрольні заходи проводяться дистанційно із застосуванням електронної пошти, Telegram, Zoot та освітньої платформи Moodle, зокрема у вигляді тестових контрольних робіт.
- Максимальну суму вагових балів контрольних заходів протягом семестру R_C встановлюється на рівні 50 балів.
- Допусковий бал до екзамену R_D встановлюється на рівні 30 балів.

- Сума балів R_I , набрана протягом семестру згідно затвердженого РСО, повідомляється на останньому практичному занятті.
- У разі не отримання студентом допускового балу, йому надається можливість підвищити R_I шляхом проведення додаткових контрольних заходів до допускового
- Рівень набуття передбачених навчальною програмою компетентностей визначається на підставі проведених заходів поточного контролю.
- Екзаменаційна оцінка може бути виставлена «автоматом» за формулою шляхом перерахунку стартових балів за 100-бальною шкалою:

$$R = 60 + \frac{40(R_I - R_D)}{R_C - R_D}$$

Переводиться до екзаменаційної оцінки згідно з таблицею

100...95	Відмінно
94...85	Дуже добре
84...75	Добре
74...65	Задовільно
64...60	Достатньо
Менше 60	Незадовільно

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено професором кафедри МФ та ДР, докт. фіз.-мат. наук, професором Швецем О.Ю.

Ухвалено кафедрою МФ та ДР (протокол № 8 від 23.05. 2024 р.)

Погоджено Методичною комісією ФМФ (протокол № 10 від 25.06.2024 р.)