



## АНАЛІТИЧНІ ТА КОМП'ЮТЕРНІ МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ ДИНАМІЧНИХ СИСТЕМ З ЗАПІЗНЮВАННЯМ

### Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

#### Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	<i>Другий (магістерський)</i>
Галузь знань	<i>II Математика та статистика</i>
Спеціальність	<i>III Математика</i>
Освітня програма	<i>Страхова та фінансова математика</i>
Статус дисципліни	<i>Вибіркова</i>
Форма навчання	<i>очна(денна)</i>
Рік підготовки, семестр	<i>І курс весняний семестр</i>
Обсяг дисципліни	<i>150/ 5 кредитів</i> <i>Лекції 36 годин, практичні 36 годин, СРС 78 годин</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>Іспит, МКР, ТР</i>
Розклад занять	<i><a href="http://rozklad.kpi.ua/Schedules/ScheduleGroupSelection.aspx">http://rozklad.kpi.ua/Schedules/ScheduleGroupSelection.aspx</a></i>
Мова викладання	<i>Українська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор: Швець Олександр Юрійович, професор кафедри математичної фізики та диференціальних рівнянь ФМФ, доктор фіз.-мат. наук <a href="mailto:aleksandrshvetskpi@gmail.com">aleksandrshvetskpi@gmail.com</a> , <a href="http://chaos.kpi.ua">chaos.kpi.ua</a> Практичні: Швець Олександр Юрійович, професор кафедри математичної фізики та диференціальних рівнянь ФМФ, доктор фіз.-мат. Наук, <a href="mailto:aleksandrshvetskpi@gmail.com">aleksandrshvetskpi@gmail.com</a> , <a href="http://chaos.kpi.ua">chaos.kpi.ua</a>
Розміщення курсу	<i>chaos.kpi.ua, інформаційні ресурси в бібліотеці</i>

#### Програма навчальної дисципліни

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

Метою навчальної дисципліни є формування у студентів інтегральної компетентності — здатності до логічного мислення, формування особистості студентів; розвиток їх інтелекту і здібностей; здатності вирішувати складні спеціалізовані задачі в галузі математики, механіки, фізики, економіки тощо

Програмні компетентності:

##### Загальні компетентності (ЗК)

З К 1 Здатність учитися, здобувати нові знання, уміння, у тому числі в галузях, відмінних від математики

З К 3 Здатність вирішувати проблеми у професійній діяльності на основі абстрактного мислення, аналізу, синтезу та прогнозу

З К 3 Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.

З К 11 Здатність критично оцінювати та переосмислювати власний і чужий досвід, аналізувати свою професійну й соціальну діяльність

ФК 4 Спроможність розуміти наукові проблеми та виділяти їх суттєві риси

ФК 8 Здатність до розвитку нових та удосконалення існуючих математичних методів аналізу, моделювання, прогнозування, розв'язування нових проблем у нових галузях знань

### **Програмні результати навчання**

РН 7 Ініціювати і проводити наукові дослідження у спеціалізованій області математики та/або розв'язувати задачі в інших галузях знань методами математичного моделювання

РН 12 Використовувати раціональні способи пошуку та використання науковотехнічної інформації, включаючи засоби електронних інформаційних мереж; застосовувати інформаційні ресурси, у тому числі електронні, для пошуку відповідних математичних моделей

РН 16 Уміти здійснювати раціональний вибір відповідних методів, прийомів та алгоритмів з використанням інформаційних технологій для розв'язання організаційно-управлінських задач

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

Викладається в одинадцятому семестрі на базі математичного аналізу, диференціальних рівнянь, динамічних систем та детермінованого хаосу.

Зміст навчальної дисципліни

1. Методи дослідження динамічних систем з малим параметром.
2. Загальна теорія динамічних систем з запізнюванням (відхиленням) аргументу.
3. Аналітичні та комп'ютерні методи дослідження систем з запізнюванням.

## **3. Навчальні матеріали та ресурси**

### **Основна література**

1. Митропольский Ю.А. Метод усреднения в нелинейной механике, Киев: Наук. Думка, 1971. – 440с.
2. Митропольский Ю.А., Самойленко А.М., Мартынюк Д.И. Системы эволюционных уравнений с периодическими и условно-периодическими коэффициентами, Киев: Наук. Думка, 1984. – 214с.
3. Эльсгольц Л.Э. Введение в теорию дифференциальных уравнений с оклоняющимся аргументом / Л.Э. Эльсгольц, С.Б. Норкин // М: Наука, 1971. – 296 с.
4. Шампайн Л.Ф. Решение обыкновенных дифференциальных уравнений с использованием MATLAB / Л.Ф. Шампайн, И. Гладсвел, С. Томпсон // СПб: Лань, 2009. – 304 с.
5. Deterministic Chaos [Електронний ресурс]. – Київ: НТУУ КПІ, 2009 – 2021. – Режим доступу: <http://chaos.kpi.ua> – Навчальні публікації.

### **Додаткова література**

1. Магницкий Н.А. Новые методы хаотической динамики / Н.А. Магницкий, С.В. Сидоров // Едиториал УРСС, 2010. – 322 с.
2. Hall G. Modern Numerical Methods for Ordinary Differential Equations / Hall G., Watt J.M. // Oxford: C.P., 1973. – 314 p.
3. *CoPlot Software for Great Scientific Graphs, Maps, and Technical Drawings*, [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.cohort.com/coplot.html#description>.

### **Навчальний контент**

## **4. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)**

Лекції з навчальної дисципліни та деякі практичні заняття проводяться з використанням сучасних інформаційних технологій та технічних засобів (ноутбук з відповідним пакетом оригінального програмного забезпечення, комп'ютерний проектор, тощо). При проведенні

лекційних та практичних занять у очній формі повинен бути забезпечений вільний доступ до мережі Internet. При дистанційній формі навчання використовуються платформи Zoom та Webex.

### **Перелік лекцій**

#### **Лекція 1. Метод Балгазара ван дер Поля.**

Метод усереднення ван дер Поля. Обґрунтування методу ван дер Поля Мандельштамом та Папалексі.

#### **Лекція 2. Метод усереднення в нелінійній динаміці**

Поняття про «малий» параметр». Системи диференціальних рівнянь у канонічній стандартній формі.

#### **Лекція 3. Метод усереднення Боголюбова-Митропольського.**

Постановка задачі. Побудова першого другого та вищих наближень. Аналіз усереднених рівнянь.

#### **Лекція 4. Математичне обґрунтування методу усереднення.**

Перша та друга основні теореми Боголюбова. Стійкість за Ляпуновим отриманих розв'язків.

#### **Лекція 5. Поняття про системи з відхиленням аргументу.**

Постановка основної початкової задачі. Класифікація систем з відхиленням аргументу.

#### **Лекція 6. Аналітичне інтегрування диференціальних рівнянь з відхиленням аргументу.**

Метод послідовних кроків. Інтегровані типи рівнянь.

#### **Лекція 7. Основні теореми існування.**

Формулювання та доведення основних теорем існування та єдності розв'язку основної початкової задачі.

#### **Лекція 8. Лінійні рівняння.**

Означення та властивості лінійних рівнянь. Лінійні рівняння з постійними коефіцієнтами та постійними відхиленнями. Характеристичний квазіполіном. Лінійні рівняння зі змінними відхиленнями.

#### **Лекція 9. Теорія стійкості рівнянь з відхиленням аргументу.**

Основні поняття та означення. Стійкість розв'язків лінійних рівнянь. Випадки малого та великого відхилення аргумента. Другий метод Ляпунова для рівнянь з відхиленням аргументу. Дослідження стійкості за першим наближенням.

#### **Лекція 10. Метод усереднення для систем з запізнюванням.**

Теореми А. Халаяна та Дж. Хейла.

#### **Лекція 11. Метод Бубнова-Гальоркіна.**

#### **Лекція 12. Метод Самойленка-Мартинюка.**

#### **Лекція 13. Зведення рівнянь з запізнюваннями до звичайних диференціальних рівнянь.**

Зведення у випадку малих запізнювань. Методи побудову допоміжних систем рівнянь без запізнювань.

#### **Лекція 14. Чисельні методи знаходження розв'язків рівнянь з запізнюванням аргументу.**

#### **Лекція 15. Розв'язування рівнянь з запізнюваннями в системі MATLAB.**

*Лекція 16. Особливості знаходження розв'язків систем з запізнюванням у програмному середовищі FORTRAN.*

*Лекції 17-18. Дослідження впливу факторів запізнювання на виникнення детермінованого хаосу.*

Неідеальні маятникові системи. Електропружні системи.

### *Перелік (орієнтовно) практичних занять*

*Практичні заняття 1-2. Розв'язування рівняння ван дер Поля за допомогою методу усереднення.*

*Практичні заняття 3-4. Розв'язування рівняння маятника з точкою опори, яка вібрує.*

*Практичне заняття 5. Стабілізація нестійких положень рівноваги маятника.*

*Практичні заняття 6-7. Застосування метода кроків для побудови розв'язків основної початкової задачі рівнянь з відхиленням.*

*Практичне заняття 8. МКР.*

*Практичні заняття 9-10. Дослідження стійкості систем з відхиленням аргументу.*

*Практичне заняття 11. Розв'язування рівнянь з запізнюванням за допомогою методу Бубнова-Гальоркіна.*

*Практичні заняття 12-1e. Побудова періодичних розв'язків рівнянь з запізнюванням за допомогою чисельно-аналітичного методу Самойленка-Мартинюка.*

*Практичні заняття 14-15. Комп'ютерні дослідження рівнянь з запізнюванням у системах MATLAB, MATHCAD, MATHEMATICA.*

*Практичне заняття 16. Комп'ютерні дослідження впливу факторів запізнювання на хаотизацію маятникових систем.*

*Практичне заняття 17. Комп'ютерні дослідження впливу факторів запізнювання на хаотизацію.*

*Практичне заняття 18. МКР.*

## **6. Самостійна робота студента**

Види самостійної роботи – опрацювання лекційного матеріалу, підготовка до аудиторних занять, розв'язок задач, виконання МКР та ТР.

### **Політика та контроль**

## **7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)**

#### **Академічна доброчесність**

Політика та принципи академічної доброчесності визначені у розділі 3 Кодексу честі Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського». Детальніше: <https://kpi.ua/code>

#### **Норми етичної поведінки**

Норми етичної поведінки студентів і працівників визначені у розділі 2 Кодексу честі Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського». Детальніше: <https://kpi.ua/code>

## **8. Види контролю та рейтингова система оцінювання результатів навчання (PCO)**

**Поточний контроль:** експрес-опитування, опитування за темою заняття, написання МКР, захист ТР.

**Календарний контроль:** провадиться двічі на семестр як моніторинг поточного стану виконання вимог силабусу.

Відповіді під час практичних занять

Ваговий бал 5.

- якщо повністю розкрита відповідь , то студент отримує 5 балів;
- якщо відповідь неповна, незрозуміла, то студент отримує 1-4 балів;
- якщо відповіді немає – 0 балів

Максимальний бал 15

#### Модульна контрольна робота

Ваговий бал 15

Критерії оцінювання

- повна відповідь на всі завдання (більше 90% матеріалу) 14-15 балів;
- неповна відповідь на завдання (від 50 до 90% матеріалу) – 8-13 балів;
- відповідь містить менше 50 % необхідної інформації – 0-7 балів;

Максимальний бал 15

#### Розрахунково-графічна робота

Ваговий бал 20

Критерії оцінювання від % готовності роботи.

Максимальний бал 20

**Семестровий контроль:** екзамен.

Умови допуску до семестрового контролю: семестровий рейтинг не менше 30 балів.

Таблиця відповідності рейтингових балів оцінкам за університетською шкалою:

<i>Кількість балів</i>	<i>Оцінка</i>
100-95	Відмінно
94-85	Дуже добре
84-75	Добре
74-65	Задовільно
64-60	Достатньо
Менше 60	Незадовільно
Не виконані умови допуску	Не допущено

**Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):**

**Складено**

професор кафедри математичної фізики та диференціальних рівнянь ФМФ, доктор фіз.-мат. наук  
Швець Олександр Юрійович

**Ухвалено** кафедрою математичної фізики та диференціальних рівнянь (протокол № 10 від 20.06.2021)

**Погоджено** Методичною комісією ФМФ (протокол № 13 від 22.06.2021 р.)