



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

### Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

#### Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	Другий (магістерський)
Галузь знань	11 Математика та статистика
Спеціальність	111 Математика
Освітня програма	Страхова та фінансова математика
Статус дисципліни	Вибіркова
Форма навчання	очна(денна)
Рік підготовки, семестр	1курс весняний семестр
Обсяг дисципліни	150/ 5 кредитів Лекції - 36 годин, практичні -18 годин, СРС -96 годин
Семестровий контроль/ контрольні заходи	Іспит, МКР, ТР
Розклад занять	<a href="http://rozklad.kpi.ua/Schedules/ScheduleGroupSelection.aspx">http://rozklad.kpi.ua/Schedules/ScheduleGroupSelection.aspx</a>
Мова викладання	Українська
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	chaos.kpi.ua, інформаційні ресурси в бібліотеці

#### 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 запізненням (відхиленням) аргументу.
3. Аналітичні та комп'ютерні методи дослідження систем з запізненням.

## 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 Балтазара 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. Халаная 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 вібрає.

Практичне заняття 5. Стабілізація нестійких положень рівноваги маятника.

Практичні заняття 6-7. Застосування методу 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 (РСО)**

**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** професором кафедри МФ та ДР, доктором фіз.-мат. наук Швецем О. Ю.

**Ухвалено** кафедрою МФ та ДР (протокол № 11 від 22.06.2023 р.)

**Погоджено** Методичною комісією ФМФ (протокол № 10 від 27.06.2023 р.)