



# Синергетичні методи аналізу

## Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

### Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	<i>Перший (бакалаврат)</i>
Галузь знань	<i>12 Інформаційні технології</i>
Спеціальність	<i>124 Системний аналіз</i>
Освітня програма	<i>«Системний аналіз і управління»</i>
Статус дисципліни	<i>Вибіркова</i>
Форма навчання	<i>очна(денна)</i>
Рік підготовки, семестр	<i>3 курс, весняний семестр</i>
Обсяг дисципліни	<i>120 годин/ 4 кредити ЄКТС (лекції – 36 годин, практичні/комп. практикум – 18 годин, самостійна робота – 66 годин)</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>Залік/МКР</i>
Розклад занять	<i>Rozklad.kpi.ua</i>
Мова викладання	<i>Українська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	<i>Лектор: к.т.н., доцент, Зінченко Артем Юрійович, <a href="mailto:zinchenko.artem1@111.kpi.ua">zinchenko.artem1@111.kpi.ua</a> Практичні / Семінарські: к.т.н., доцент, Зінченко Артем Юрійович, <a href="mailto:zinchenko.artem1@111.kpi.ua">zinchenko.artem1@111.kpi.ua</a></i>
Розміщення курсу	<i>Платформа дистанційного навчання «Сікорський», Googleclassroom</i>

### Програма навчальної дисципліни

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

Метою курсу є засвоєння принципів і методів аналізу нелінійних динамічних систем, виявлення їх особливостей, здобуття навичок досліджувати системи дискретних та диференціальних рівнянь нелінійної динаміки та будувати дивні атрактори, знайомство з фрактальним аналізом, елементами теорії біфуркації, катастроф та сценаріями переходу до динамічного хаосу; знайомство з основними методами ідентифікації хаосу та реконструкції динамічної системи за одновимірним сигналом цієї системи.

Об'єктом дослідження є детермінований хаос і структури, що виникають у відкритих нелінійних системах, організаційно-технічних системах, економіко-соціальних, екологічних та інших.

Предметом дослідження є математичні моделі динамічних систем, одновимірні реалізації цих систем, часові ряди, а також методи виявлення порядку та хаосу у відкритих системах та методи реконструкції організаційних та динамічних систем.

Після засвоєння навчальної дисципліни студенти мають продемонструвати такі результати навчання:

**знання:**

- концептуальних основ, означень та принципів синергетичних методів аналізу;
- розуміння ролі синергетичного мислення, ролі та місця синергетичної парадигми при розв'язанні практичних міждисциплінарних задач, в тому числі в задачах системного аналізу;
- математичних моделей, методів, прийомів, підходів до розв'язання міждисциплінарних синергетичних задач системного аналізу.

**уміння:**

- використовувати основні ідеї і методи самоорганізації складних відкритих систем;
- застосовувати алгоритми чисельного дослідження регулярної та хаотичної поведінки нелінійних динамічних систем;
- вирішувати задачу псевдофазової реконструкції дивних атракторів;
- будувати карти динамічних режимів.

**досвід:**

- розробляти постановку та формалізацію реальної задачі нелінійної динаміки;
- застосовувати принципи, моделі, методи, обчислювальні алгоритми до розв'язання задач з хаотичною поведінкою;
- вивчення динаміки мікро- та макроекономічних показників в різних сегментах фондового та фінансового ринку;
- пошуку нових моделей нерегулярної поведінки в фінансово-економічних та соціальних процесах і системах.

Згідно з вимогами освітньої програми студенти після засвоєння навчальної дисципліни мають оволодіти наступними компетенціями:

**Загальні компетентності (ЗК)**

**ЗК 01** Здатність застосовувати знання в практичних ситуаціях;

**ЗК 02** Здатність планувати і управляти часом;

**ЗК 04** Здатність знати та розуміти предметну область і професійну діяльність;

**ЗК 05** Здатність спілкуватися державною мовою усно і письмово;

**ЗК 07** Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел;

**ЗК 08** Здатність бути критичним і самокритичним;

**ЗК 09** Здатність до адаптації та дії в новій ситуації;

**ЗК 10** Здатність системно аналізувати свою професійну і соціальну діяльність, оцінювати накопичений досвід спільно з роботодавцями та академічною спільнотою;

**ЗК 11** Здатність генерувати нові ідеї (креативність);

**ЗК 14** Здатність забезпечувати та оцінювати якість виконуваних робіт;

**ЗК 15** Здатність реалізовувати свої права та обов'язки як члена суспільства, усвідомлювати цінності громадянського (вільного демократичного) суспільства та необхідність його сталого розвитку, верховенства права, прав і свобод людини і громадянина в Україні, дотримуватися академічної доброчесності.

### **Фахові компетентності (ФК)**

**ФК 01** Здатність використовувати системний аналіз в якості сучасної міждисциплінарної методології, заснованої на прикладах математичних методів та сучасних інформаційних технологіях, і орієнтована на вирішення задач аналізу і синтезу технічних, економічних, соціальних, екологічних та інших складних систем;

**ФК 02** Здатність формалізувати проблеми, описані природною мовою, у тому числі за допомогою математичних методів, застосовувати загальні підходи до математичного моделювання конкретних процесів та аналізу даних;

**ФК 03** Здатність будувати математично коректні моделі статичних та динамічних процесів і систем із зосередженими та розподіленими параметрами із врахуванням невизначеності зовнішніх та внутрішніх факторів;

**ФК 07** Здатність використовувати сучасні інформаційні технології для комп'ютерної реалізації математичних моделей та прогнозування поведінки конкретних систем, а саме: об'єктно-орієнтований підхід при проектуванні складних систем різної природи, прикладні математичні пакети, застосування баз даних і знань;

**ФК 08** Здатність організовувати роботу з аналізу та проектування складних систем, створення відповідних інформаційних технологій та програмного забезпечення.

### **Програмні результати навчання (ПРН)**

**ПРН 12** Застосовувати методи і засоби роботи з даними і знаннями, методи математичного, логіко-семантичного, об'єктного та імітаційного моделювання, технології системного і статистичного аналізу;

**ПРН 13** Проектувати, реалізовувати, тестувати, впроваджувати, супроводжувати, експлуатувати програмні засоби роботи з даними і знаннями в комп'ютерних системах і мережах;

**ПРН 14** Розуміти і застосовувати на практиці методи статистичного моделювання і прогнозування, оцінювати та аналізувати вихідні дані;

**ПРН 16** Розуміти і реалізувати свої права і обов'язки як члена суспільства, усвідомлювати цінності вільного демократичного суспільства, верховенства права, прав і свобод людини і громадянина в Україні.

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

**Пререквізити:** викладання навчальної дисципліни базується на знаннях, отриманих у результаті вивчення попередніх навчальних дисциплін, потребує базових знань з математичних та інформаційних дисциплін, достатніх для сприйняття методів і моделей, що ґрунтуються на використанні методології синергетичного аналізу та теорії підтримки прийняття рішень. Це теорія ймовірностей і прикладна статистика, математичний аналіз, диференціальні рівняння, чисельні методи, методи оптимізації, фізика коливальних процесів.

Дисципліна надає здобувачам першого ступеня вищої освіти необхідні знання та практичні навички для пошуку необхідних даних та експертних оцінок, накопичення та аналізу наукової інформації з штучного інтелекту, оформлення та захисту бакалаврської роботи, сприяє розвитку професійних умінь з формулювання та презентації результатів проведених досліджень, підтримки прийняття відповідних управлінських рішень.

## **3. Зміст навчальної дисципліни**

### **Розділ 1. Вступ до методів дослідження самоорганізації**

**Тема 1.1.** Генезис теорії динамічних систем та детермінованого хаосу.

**Тема 1.2.** Самоорганізація та синергетика. Основні ідеї. Відкриті системи.

### **Розділ 2. Фрактальний аналіз**

**Тема 2.1.** Фрактальний аналіз. Фрактали та хаос. Деякі відомості із теорії функцій множин та відображень.

**Тема 2.2.** Методи побудови фракталів. Топологічна розмірність. Фрактальна розмірність. Розмірність Міньковського. Розмірність Хаусдорфа-Безіковича.

### **Розділ 3. Нелінійні системи з дискретним часом**

**Тема 3.1.** Логістичне відображення. Біфуркаційна діаграма.

### **Розділ 4. Побудова фазових портретів на площині**

**Тема 4.1.** Стійкість динамічних систем на площині. Теорема Ляпунова. Залежність розв'язків від початкових даних і параметрів.

**Тема 4.2.** Особливі точки у просторі.

**Тема 4.3.** Типи стійкості траєкторій нелінійних динамічних систем. Стійкість динамічних систем за Лагранжем, Пуассоном, Ляпуновим.

**Тема 4.4.** Стійкість особливих точок нелінійних систем. Критерії стійкості.

**Тема 4.5.** Біфуркація. Фазовий портрет системи. Біфуркація народження циклу. Теорема Хопфа. Точки біфуркацій.

### **Розділ 5. Динамічні системи**

**Тема 5.1.** Основні означення. Поняття химерного атрактора. Спектр Ляпуновських характеристичних показників (ЛХП).

**Тема 5.2.** Визначення спектру ЛХП за алгоритмом Бенеттіна.

**Тема 5.3.** Перетин і відображення Пуанкаре. Метод Ено.

**Тема 5.4.** Розмірність атракторів. Формула Каплана-Йорка. Спектральна щільність та інваріантна міра. Формула Філона.

**Тема 5.5.** Карти динамічних режимів. Карта динамічних режимів для рівняння типу Чена. Теорема Флоке.

### **Розділ 6. Реконструкція динамічних систем**

**Тема 6.1.** Виявлення динамічного хаосу в нелінійних системах. R/S аналіз Херста . Визначення старшого показника Ляпунова методом Вольфа. BDS – тест. Тасуюча діагностика. Графічний тест Гілмора.

**Тема 6.2.** Псевдофазова реконструкція. Теорема вкладення. Теорема Ф. Такенса. Алгоритм псевдофазової реконструкції динамічних систем.

### **Розділ 7. Автоколивання та утворення структур**

**Тема 7.1.** Автоколивання. Реакція Жаботинського-Білоусова. Спіральні хвилі. Активні середовища.

## **4. Навчальні матеріали та ресурси**

### **Базова**

1. Данилов В.Я., Зінченко А.Ю. Синергетичні методи аналізу. Навчальний посібник. Київ: НТУУ «КПІ», 2011. 338 с.
2. Данилов В. Я., Зінченко А. Ю. Синергетичні методи аналізу. Практикум: навчальний посібник. Київ: НТУУ «КПІ» ім. І. Сікорського, електронне мережеве навч. видання, 2023, 113 с. URL: <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/55777> (дата звернення: 01.06.2024 р.)
3. Зінченко А.Ю. Комп'ютерне моделювання нелінійної динаміки складних систем на основі синергетичних методів дослідження : монографія. К.: КиМУ, 2023. 380 с.
4. Зінченко А.Ю. Комп'ютерне моделювання детермінованого хаосу в складних нелінійних системах: монографія. К.: КиМУ, 2021. 194 с.
5. Данилов В.Я., Зінченко А.Ю. Синергетичні методи аналізу. Навчальне видання. Методичні вказівки і завдання до виконання самостійних робіт. Київ: НТУУ «КПІ», ННК «ІПСА». 2011, 222 с. URL: <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/891> (дата звернення: 01.06.2024 р.)

### **Додаткова**

1. Zinchenko A. Parametric Identification of Dynamic Systems Based on Chaotic Synchronization and Adaptive Control. In: Zaporozhets, A. (eds) Systems, Decision and Control in Energy IV. Studies in Systems, Decision and Control, vol 454, 2023, pp.129–144 Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-031-22464-5\\_7](https://doi.org/10.1007/978-3-031-22464-5_7) (Last accessed: 01.06.2024).
2. Sayama H. Introduction to the Modeling and Analysis of Complex Systems Open SUNY textbooks, Milne Library, State University of New York at Geneseo. 2015, 485 p.
3. J. D. Crawford. Introduction to bifurcation theory. Reviews of Modern Physics, Vol.63, No.4, 991– 1037, 1991.

4. Kuznetsov Yuri A. Element of Applied Bifurcation Theory (Second Edition). – Springer, New York. 1998, 592 p.
5. Feigenbaum M. J. Universal behavior in nonlinear systems. *Physica*, 7D, 16. 1978.
9. Mandelbrot B. The Fractal Geometry of Nature. San Francisco. 1983, 643 p.
6. Edgar E. Peters Chaos and Order in the Capital Markets: A New View of Cycles, Prices, and Market Volatility 2nd Edition, Wiley. 1996, 299 p.
7. Michael Tabor Chaos and Integrability in Nonlinear Dynamics. Wiley, New York. 1989, 384 p.
10. M. Schroeder, Fractals, Chaos, Power Laws. Minutes from an Infinite Paradise, Dover Books on Physics, Dover. 2009.
11. Ma J. H., Chen Y. S. Study for the bifurcation topological structure and the global complicated character of a kind of nonlinear finance system. I. *Applied Mathematics and Mechanics*. 2001, Vol. 22, No. 11. P. 1240 – 1251.
14. Feigenbaum M.J. Quantitative universality for a class of nonlinear transformations. *J. Stat. Phys.*, 19, 25. 1978 p.
16. Jens Feder Fractals (Physics of Solids and Liquids). Springer. 1988, 310 p.
17. H. G. Schuster, Wolfram Just Deterministic Chaos: An Introduction, Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA. 2005, 287 p.
8. Данилов В.Я., Зінченко А.Ю., Марчук П. П. Розробка інформаційної технології ідентифікації динамічного хаосу та псевдофазової реконструкції атракторів одновимірних реалізацій. *Наукові вісті НТУУ «КПІ»*. Серія: технічні науки. 2011. No2 (76). С. 59–68.
9. Данилов В.Я., Зінченко А.Ю. До реалізації інструментарію дослідження хаотичної та регулярної поведінки динамічних систем і реконструкції оператора еволюції динамічних систем. *Наукові праці: науково-методичний журнал*. Миколаїв: Вид-во ЧДУ ім. Петра Могили. 2010. вип. 130, том 143. Комп'ютерні технології. С.18–26.
10. Данилов В.Я., Зінченко А. Ю., Жиров О. Л. Виявлення хаосу в реалізаціях нелінійних динамічних систем та псевдофазова реконструкція їх атракторів. *Наукові праці: науково-методичний журнал*. Миколаїв: Вид-во ЧДУ ім. Петра Могили. 2013. Вип. 201. Том 213. Комп'ютерні технології. С.120–126.
11. Данилов В.Я., Зінченко А. Ю., Яремчук О. Я. Виявлення хаосу та прогнозування динаміки в нелінійних економічних системах. *Міжнародний науково-технічний журнал*. Інформаційна та комп'ютерна інженерія. Вінницький нац. техн. університет. 2009. No3(16). С. 72–76.
12. Данилов В. Я., Зінченко А.Ю. Системний підхід до розв'язання прямих і обернених задач у системах з хаосом. *Міжнародний науково-технічний журнал*. Системні дослідження та інформаційні технології. 2017. No 2 С. 7–18.
13. Зинченко А.Ю. Исследование регулярной и хаотической динамики одной финансовой системы. *Известия высших учебных заведений. Прикладная нелинейная динамика*. 2013. Т.21, No2. С. 173–187.

## 5. Методика опанування навчальної дисципліни(освітнього компонента)

## Лекційні заняття

№ з/п	Назва теми лекції та перелік основних питань (перелік дидактичних засобів, посилання на літературу та завдання на СРС)
1	Генезис теорії динамічних систем та детермінованого хаосу. <i>Література:</i> [1 — гл. 1, п. 1.1 (с. 10–21)] <b>Завдання на СРС.</b> Проблематика досліджень.
2	Самоорганізації та синергетика. Основні ідеї. Відкриті системи. <i>Література:</i> [1 — гл. 1, п.1.2 (с. 22–36)]
3	Фрактальний аналіз. Фрактали та хаос. Деякі відомості із теорії функцій множин та відображень. <i>Література:</i> [1 — гл. 2, п.2.1 (с. 38–47)] <b>Завдання на СРС.</b> Методи побудови фракталів. Метод СІФ.
4	Методи побудови фракталів. Топологічна розмірність. Фрактальна розмірність. Розмірність Міньковського. Розмірність Хаусдорфа-Безіковича <i>Література:</i> [1— гл. 2, п.2.2 (с. 82–118)]
5	Логістичне відображення. Біфуркаційна діаграма <i>Література:</i> [1 — гл. 3, п.3.1 (с. 117 – 130)]
6	Стійкість динамічних систем на площині. Теорема Ляпунова. Залежність розв'язків від початкових даних і параметрів <i>Література:</i> [1 — гл. 4, п.4.1 (с. 131–138)] <b>Завдання на СРС.</b> Дослідження стійкості розв'язків.
7	Особливі точки у просторі <i>Література:</i> [1 — гл. 4, п.4.2 (с. 138 – 150)]
8	Типи стійкості траєкторій нелінійних динамічних систем. Стійкість динамічних систем за Лагранжем, Пуассоном, Ляпуновим <i>Література</i> [1 — гл. 4, п.4.3 (с. 150 – 158)]
9	Стійкість особливих точок нелінійних систем. Критерії стійкості <i>Література:</i> [1 — гл. 4, п. 4.4 (с. 158 – 174)]

10	<p>Біфуркація. Фазовий портрет системи. Біфуркація народження циклу. Теорема Хопфа. Точки біфуркацій</p> <p><i>Література:</i> [1 — гл. 4, п. 4.5 (с. 175 – 195)]</p>
11	<p>Основні означення. Поняття химерного атрактора. Спектр Ляпуновських характеристичних показників (ЛХП)</p> <p><i>Література:</i> [1 — гл. 5, п.5.1 (с. 196 – 207)]</p>
12	<p>Визначення спектру ЛХП за алгоритмом Бенеттіна</p> <p><i>Література:</i> [1 — гл. 5, п.5.2 (с. 207 – 212)]</p>
13	<p>Перетин і відображення Пуанкаре. Метод Ено</p> <p><i>Література:</i> [1 — гл. 5, п.5.3 (с. 212 – 218)]</p>
14	<p>Розмірність атракторів. Формула Каплана-Йорка. Спектральна щільність та інваріантна міра. Формула Філона</p> <p><i>Література:</i> [1 — гл. 5, п.5.4 (с. 219 – 230)]</p> <p><b>Завдання на СРС.</b> Карта динамічних режимів рівняння Чена.</p>
15	<p>Карти динамічних режимів. Карта динамічних режимів для рівняння типу Чена. Теорема Флоке</p> <p><i>Література:</i> [1 — гл. 5, п.5.5 (с. 230 – 236)]</p>
16	<p>Виявлення динамічного хаосу в нелінійних системах. R/S аналіз Херста . Визначення старшого показника Ляпунова методом Вольфа. BDS – тест. Тасуюча діагностика. Графічний тест Гілмора</p> <p><i>Література:</i> [1 — гл.6, п.6.1 (с. 237 – 248)]</p>
17	<p>Псевдофазова реконструкція. Теорема вкладення. Теорема Ф. Такенса. Алгоритм псевдофазової реконструкції динамічних систем</p> <p><i>Література:</i> [1 — гл. 6, п.6.2 (с. 248 – 272)]</p> <p><b>Завдання на СРС.</b> Алгоритми псевдофазової реконструкції динамічних систем.</p>
18	<p>Автоколивання. Реакція Жаботинського-Білоусова. Спіральні хвилі. Активні середовища</p> <p><i>Література:</i> [1 — гл. 7, п.7.1 (с. 274 – 320)]</p>



### Практичні заняття

Виконання циклу практичних робіт забезпечує формування системного мислення, досвіду постановки задач та їх формалізації, застосування сучасних інформаційних середовищ для розв'язання системних задач

№ роботи	Назва теми та її зміст та завдання	Години
1	Кількісні та якісні характеристики послідовностей даних. Перетворення Фур'є. Ентропія складних реалізацій [2 – с. 3-5]	2
2	Елементи фрактального аналізу. Фрактальні розмірності Мінковського, Хаусдорфа-Безіковича. Топологічна розмірність. Алгоритми Грасбергера та Прокачі. Алгоритм Хігучі. R/S аналіз Херста [2 – с. 5-25]	2
3	Дослідити хаотичну поведінку розв'язків різницевих рівнянь з параметрами [2 – с. 25-33]	2
4	Дослідження нелінійних диференціальних рівнянь 2-го порядку (за вибором) [2 – с. 33-49]	2
5	Моделювання динамічного хаосу. Загальні поняття. Дивний атрактор. Теорема Ляпунова. Алгоритм Бенеттіні. Перетин і відображення Пуанкаре [2 – с. 49-91]	2
6	Базові моделі самоорганізації розподілених відкритих систем [2 – с. 91-97]	2
	Модульна контрольна робота	2
7	Моделювання структур в ґратках зв'язаних відображень [2 – с. 97-103]	2
8	Моделювання просторових структур в системі «Реакція з дифузією» (за вибором) [2 – с. 103-105]	2

## 6. Самостійна робота

№ з/п	Назва теми, що виноситься на самостійне опрацювання	Кількість годин СРС
1	Проблематика досліджень <i>Література:</i> [3 – гл.1, с. 12 – 41; 4 – гл. 1, с. 5-17]	13
2	Методи побудови фракталів. Метод СІФ <i>Література:</i> [1 – гл. 2, с. 82-98; 3 – гл.2, с. 84 – 102]	13
3	Дослідження стійкості розв'язків <i>Література:</i> [3 – гл. 4, с. 136 – 195, гл. 5, с. 195 – 198; 4 – гл.3, п.3.3, с. 112-119; ]	15
4	Карта динамічних режимів рівняння Чена <i>Література:</i> [3 – гл. 6, с. 217 – 221; 4 – дод. Б, с. 168-178]	12
5	Алгоритми псевдофазової реконструкції динамічних систем <i>Література:</i> [4 – дод. А, п.2, п.2.3.2]	13

## Політика та контроль

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

**Академічна доброчесність та норми етичної поведінки.** Політика та принципи академічної доброчесності визначені у розділах 2 і 3 Кодексу честі Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського». Детальніше: <https://kpi.ua/code>.

**Інклюзивне навчання.** Засвоєння знань та умінь в ході вивчення дисципліни може бути доступним для більшості осіб з особливими освітніми потребами, окрім здобувачів з серйозними вадами зору, які не дозволяють виконувати завдання за допомогою персональних комп'ютерів, ноутбуків та/або інших технічних засобів.

**Навчання іноземною мовою.** У ході виконання завдань студентам може бути рекомендовано звернутися до англомовних джерел.

- Здобувачі вищої освіти не повинні пропускати лекційні та практичні заняття без поважних причин.
- На кожній лекції чи практичному занятті здобувачі повинні активно залучатися до аналізу, обговорення та розв'язування поставлених задач. За активність в обговоренні проблеми, що розглядається, признаються заохочувальні бали.
- Викладач на кожній лекції повинен приділяти увагу до застосування викладених теоретичних основ прочитаних тем в різних галузях прикладної науки.
- Захист індивідуального завдання повинен виявити наскільки здобувач може не тільки системно та логічно мислити, а й аналізувати результати виконаного практично спрямованого дослідження.
- Роботи мають бути виконані з дотриманням академічної доброчесності.
- Усі роботи здобувачі мають прикріплювати в особистому кабінеті гугл-класу.

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

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

- 1) Виконання та захист п'яти практичних робіт;
- 2) Виконання та захист модульної контрольної роботи.

До загального рейтингу можуть додаватись бали, отримані за необов'язкові складові.

## Система рейтингових балів

Таблиця 1. Система рейтингових балів.

№	Контрольний захід	Бал
1.	Практична робота 1	15
2.	Практична робота 2	15
3.	Практична робота 3	15
4.	Практична робота 4	15
5.	Практична робота 5	15
6.	Модульна контрольна робота	25

Семестровий рейтинг складається з рейтингових балів (див. табл. 1), і не перевищує  $R_{\max} = 100$ .

### 1. Виконання та захист однієї лабораторної роботи:

- «відмінно», повна відповідь (не менше 90% потрібної інформації), правильне та своєчасне представлення програмного модуля, оформлення протоколу з наведеною формалізацією, наявність результатів виконання системної індивідуальної задачі, демонстрація вільного володіння теоретичним матеріалом при захисті роботи – 14-15 балів;
- «добре», достатньо повна відповідь (не менше 75% потрібної інформації), або повна відповідь з незначними неточностями, правильне та своєчасне представлення програмного модуля, оформлення протоколу з наведеною формалізацією, наявність результатів виконання системної індивідуальної задачі, демонстрація вільного володіння теоретичним матеріалом при захисті роботи з можливими незначними неточностями і зауваженнями, які були виправлені в процесі виконання роботи – 12–13 балів;
- «задовільно», неповна відповідь (не менше 60% потрібної інформації) та незначні помилки, невчасне або зі значними неточностями виконання програмного модуля, оформлення протоколу з недостатньою обґрунтованістю наведеної формалізації, результатів виконання індивідуальних завдань, відповідь на половину питань з теми роботи під час захисту (не менше 60% потрібної інформації) – 11 балів;
- «незадовільно», незадовільна відповідь (не відповідає вимогам на 3 бали) – 0 балів;

### 2. виконання та захист модульної контрольної роботи:

- «відмінно», коректне повне, вчасне виконання індивідуальних завдань модульної контрольної роботи, демонстрація вільного володіння теоретичним матеріалом при захисті модульної контрольної роботи (не менше 90% потрібної інформації) – 23–25 балів;
- «добре», коректне повне, вчасне виконання індивідуальних завдань модульної контрольної роботи, демонстрація вільного володіння теоретичним матеріалом при захисті модульної контрольної роботи з можливими незначними неточностями і зауваженнями, які були виправлені безпосередньо на занятті, (не менше 75% потрібної інформації) – 20-21 балів;

- «задовільно», неповна відповідь, невчасне або зі значними неточностями виконання індивідуальних завдань модульної контрольної роботи, відповідь на половину питань з теми під час захисту модульної контрольної роботи (не менше 65% потрібної інформації) – 19 балів;
- «незадовільно», незадовільна відповідь (не відповідає вимогам на 3 бали) – 0 балів.

Кращим студентам можуть додаватися 1-2 заохочувальних бали за оригінальні нестандартні розв'язки системних задач.

До необов'язкових складових може бути віднесено:

- участь у модернізації робіт з комп'ютерного практикуму;
- доповіді на наукових студентських семінарах, якщо робота мала відношення до курсу «Синергетичні методи аналізу»;

За їх виконання студент може отримати до 10 заохочувальних балів (у межах максимального числа 10 заохочувальних балів на повний рейтинг 100 балів).

За результатами роботи за перші 7 тижнів студент може набрати до 30 балів. На першій атестації (8-й тиждень) студент отримує «зараховано», якщо його поточний рейтинг балів не менше 20 балів.

За результатами роботи за перші 13 тижнів студент може набрати до 75 балів. На другій атестації (13-й тиждень) студент отримує «зараховано», якщо його поточний рейтинг балів не менше 38 балів.

Максимальна сума балів складає 100 балів. Необхідною умовою допуску до заліку є 50 балів рейтингу за умови виконання і захисту усіх планових робіт.

У разі, якщо поточний рейтинг студента становить 60 балів або вище, він має право, не складаючи залік, отримати оцінку «автоматом», відповідно до поточного рейтингу, згідно табл.2.

У разі, якщо поточний рейтинг студента 60 балів або вище, він також має право складати залік в повному обсязі з метою підвищення семестрової оцінки. У цьому випадку виставляється найбільша серед оцінок, отриманих на заліку і підрахованої за набраними балами.

У разі, якщо рейтинговий бал студента становить від 50 до 59, цей бал скасовується і студент повинен складати залік у повному обсязі. Семестрова оцінка виставляється за результатом заліку.

Сума балів за виконання лабораторних робіт, здачу модульної контрольної роботи та залік переводиться до залікової оцінки згідно з таблицею.

**Таблиця 2. Відповідність між рейтингом і заліковою оцінкою.**

Бали	ECTS оцінка	оцінка
95-100	A	Відмінно
85-94	B	Добре
75-84	C	Добре

65-74	D	Задовільно
60-64	E	Задовільно
Менше 60	F <sub>x</sub>	Не задовільно
Не зараховані лабораторні роботи	F	Не допущено

### 9. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)

*Перелік основних питань, які виносяться на семестровий контроль:*

1. *Що означає самоорганізація та синергетика?*
2. *Що таке фрактал?*
3. *В чому відмінність топологічної розмірності від фрактальної?*
4. *В чому полягають особливості поведінки нелінійних систем з дискретним часом?*
5. *Що означає детермінований хаос у дискретних системах?*
6. *Поясніть стійкість розв'язків динамічних систем на площині?*
7. *Яка особливість поведінки розв'язків у просторі?*
8. *Що означає наявність дивного атрактора?*
9. *Як знайти старший показник ЛХП для виявлення хаотичної поведінки?*
10. *За якою формулою знаходиться розмірність атракторів динамічних систем?*
11. *Як будується карта динамічних режимів?*
12. *В чому суть алгоритму псевдофазової реконструкції атракторів динамічних систем?*

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

**Складено** доцентом кафедри математичних методів системного аналізу, к.т.н., доц. Зінченком Артемом Юрійовичем

**Ухвалено** кафедрою ММСА (протокол №13 від 05.06.2024)

**Погоджено** Методичною комісією НН ІПСА (протокол №10 від 24.06.2024)