

# Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича

(повне найменування закладу вищої освіти)

факультет математики та інформатики

(назва інституту/факультету)

Кафедра

математичного моделювання

(назва кафедри)

## СИЛАБУС навчальної дисципліни

### Теорія керування

(вказати назву навчальної дисципліни (іноземною, якщо дисципліна викладається іноземною мовою))

вибіркова

(вказати: обов'язкова)

Освітньо-професійна програма Інформаційні технології та управління проектами  
(назва програми)

Спеціальність 122 – Комп'ютерні науки

(вказати: код, назва)

Галузь знань 12 Інформаційні технології

(вказати: шифр, назва)

Рівень вищої освіти перший (бакалаврський)

(вказати: перший бакалаврський/другий магістерський)

факультет математики та інформатики

(назва факультету/інституту, на якому здійснюється підготовка фахівців за вказаною освітньо-професійною програмою)

Мова навчання українська

(вказати: на якій мові читається дисципліна)

Розробник: Клевчук І.І., доктор. фіз.-мат. наук, доцент

(вказати авторів, їхні посади, наукові ступені, вчені звання)

Профайл викладача (-ів) <https://mathmod.chnu.edu.ua/pro-kafedru/spivrobotnyky/klevchuk-ivan-ivanovych/>

Контактний тел. 0372584825

E-mail: [i.klevchuk@chnu.edu.ua](mailto:i.klevchuk@chnu.edu.ua)

Сторінка курсу в Moodle

Консультації Під час семестру, на модульних тижнях і перед заліком відбуваються консультації згідно з затвердженим графіком

### **1. Анотація дисципліни.**

Навчальна дисципліна призначена для ознайомлення студентів з основними теоретичними та практичними аспектами теорії керування. Вивчення навчальної дисципліни "Теорія керування" дозволить студентам оволодіти знаннями основ класичної та сучасної теорії керування, принципами побудови систем керування; методами проектування і дослідження систем керування; методами дослідження стійкості і якості неперервних систем. Отримані знання, вміння та навички – основа сучасного підходу до аналізу, синтезу і розрахунку систем керування за найновішими ідеями і принципами у систематизованому вигляді.

**2. Мета навчальної дисципліни:** Дати достатньо повний виклад математичних основ сучасної теорії керування на рівні ідей, які базові для методів теорії керування та оптимального керування системами з неперервним та дискретним аргументами.

**3. Пререквізити.** Математичний аналіз, диференціальні рівняння, алгебра і геометрія, обчислювальні методи, математичне та комп'ютерне моделювання.

### **4. Результати навчання:**

В результаті вивчення дисципліни фахівець повинен **знати:**

- загальну класифікацію систем керування та їх математичних моделей;
- основні властивості систем керування: керованість, спостережуваність, критерії цих властивостей;

- задачі про побудову регуляторів та спостерігачів;

- методи оптимального керування.

В результаті вивчення дисципліни фахівець повинен **вміти:**

- застосовувати критерії для перевірки властивостей керованості і спостережуваності лінійних систем керування;

- будувати функції Гамільтона і застосовувати принцип максимуму для дослідження оптимальних процесів;

- розв'язувати задачі оптимального керування методом Беллмана;

- застосовувати принципи оптимальності Понтрягіна і Беллмана до оптимального синтезу регуляторів;

- розробляти алгоритми реалізації регуляторів для модельних систем керування.

Дисципліна формує такі **компетентності за ОП «Інформаційні технології та управління проєктами»:**

ЗК1. Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу.

ЗК6. Здатність вчитися й оволодівати сучасними знаннями.

ЗК7. Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел.

ЗК8. Здатність генерувати нові ідеї (креативність).

ЗК11. Здатність приймати обґрунтовані рішення.

ФК1. Здатність до математичного формулювання та досліджування неперервних та дискретних математичних моделей, обґрунтування вибору методів і підходів для розв'язування теоретичних і прикладних задач у галузі комп'ютерних наук, аналізу та інтерпретування.

ФК5. Здатність здійснювати формалізований опис задач дослідження операцій в організаційно-технічних і соціально-економічних системах різного призначення, визначати їх оптимальні розв'язки, будувати моделі оптимального управління з урахуванням змін економічної ситуації, оптимізувати процеси управління в системах різного призначення та рівня ієрархії.

Наведені результати навчання за відповідною дисципліною співвідносяться із такими **програмними результатами навчання:**

ПРН1. Застосовувати знання основних форм і законів абстрактно-логічного мислення, основ методології наукового пізнання, форм і методів вилучення, аналізу, обробки та синтезу інформації в предметній області комп'ютерних наук.

ПРН2. Використовувати сучасний математичний апарат неперервного та дискретного аналізу, лінійної алгебри, аналітичної геометрії, в професійній діяльності для розв'язання задач теоретичного та прикладного характеру в процесі проєктування та реалізації об'єктів інформатизації.

ПРН6. Використовувати методи чисельного диференціювання та інтегрування функцій, розв'язання звичайних диференціальних та інтегральних рівнянь, особливостей чисельних методів та можливостей їх адаптації до інженерних задач, мати навички програмної реалізації чисельних методів.

## 5. Опис навчальної дисципліни

### 5.1. Загальна інформація

Форма навчання	Рік підготовки	Семестр	Кількість		Кількість годин						Вид підсумкового контролю
			кредитів	Годин	лекції	практичні	семінарські	лабораторні	самостійна робота	індив. завд.	
Денна	4	7	4	120	30			30	60		залік

### 5.2. Дидактична карта навчальної дисципліни

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин												
	денна форма						Заочна форма						
	усього	у тому числі					усього	у тому числі					
		л	п	лаб	інд	с.р.		л	п	лаб	інд	с.р.	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
<b>Змістовий модуль 1.</b>													
Тема 1. Поняття стійкості за Ляпуновим для лінійних однорідних диференціальних рівнянь із сталими коефіцієнтами. Критерій Гурвіца.	12	3		3		6							
Тема 2. Стійкість лінійних автономних диференціальних рівнянь із багатьма запізненнями. Побудова областей стійкості.	12	3		3		6							
Тема 3. Керованість та спостережуваність лінійних систем. Псевдообернена матриця.	12	3		3		6							
Тема 4. Принцип оптимальності Беллмана. Динамічне програмування.	14	4		3		7							

Принцип максимуму Понтрягіна												
Тема 5. Оптимальне керування лінійними системами з квадратичним функціоналом. Оптимальна стабілізація керованого руху. Оптимальні фільтри Калмана-Б'юсі	12	3		3		6						
Разом за ЗМ 1	62	16		15		31						
<b>Змістовий модуль 2.</b>												
Тема 6. Методи розв'язування матричного диференціального та алгебраїчного рівняння Ляпунова.	12	3		3		6						
Тема 7. Методи розв'язування матричного диференціального рівняння Ріккати.	14	3		4		7						
Тема 8. Методи розв'язування матричного алгебраїчного рівняння Ріккати.	16	4		4		8						
Тема 9. Керованість лінійних дискретних систем.	16	4		4		8						
Разом за ЗМ 3	58	14		15		29						
<b>Усього годин</b>	<b>120</b>	<b>30</b>		<b>30</b>		<b>60</b>						

### 5.3. Зміст завдань для лабораторної роботи

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Критерій Гурвіца. Критерій Гурвіца для рівнянь 2-го, 3-го і 4-го порядку.	3
2	Побудова областей стійкості лінійних автономних диференціальних рівнянь із двома запізненнями.	3
3	Дослідження керованості та спостережуваності лінійних систем.	3
4	Розв'язування матричного алгебраїчного рівняння Ляпунова шляхом зведення до системи лінійних алгебраїчних рівнянь.	3
5	Розв'язування матричного алгебраїчного рівняння Ляпунова методом матричної сигнум-функції.	3

6	Розв'язування матричного диференціального рівняння Ріккати.	3
7	Розв'язування матричного алгебраїчного рівняння Ріккати методом матричної сигнум-функції.	4
8	Розв'язування матричного алгебраїчного рівняння Ріккати методом Ньютона-Рафсона.	4
9	Розв'язування матричного алгебраїчного рівняння Ріккати для дискретного випадку.	4
	Разом	30

#### 5.4. Зміст завдань для самостійної роботи

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	<b>Тема 1.</b> Поняття стійкості за Ляпуновим 1. Випадок лінійних однорідних диференціальних рівнянь із сталими коефіцієнтами. 2. Критерій Гурвіца. 3. Критерій Гурвіца для рівнянь 2-го, 3-го і 4-го порядку.	6
2	<b>Тема 2.</b> Стійкість лінійних автономних диференціальних рівнянь із багатьма запізненнями. 1. Поняття стійкості лінійних автономних диференціальних рівнянь із багатьма запізненнями. 2. Побудова областей стійкості.	6
3	<b>Тема 3.</b> Керованість та спостережуваність лінійних систем. Псевдообернена матриця. 1. Критерій керованості та спостережуваності лінійних систем. 2. Знаходження рангу матриці. 3. Сингулярні числа прямокутної матриці. Псевдообернена матриця.	6
4	<b>Тема 4.</b> Принцип оптимальності Беллмана. Динамічне програмування. Принцип максимуму Понтрягіна. 1. Принцип оптимальності Беллмана. 2. Динамічне програмування. 3. Принцип максимуму Понтрягіна.	7
5	<b>Тема 5.</b> Оптимальне керування лінійними системами з квадратичним функціоналом. 1. Постановка задачі. 2. Оптимальна стабілізація керованого руху. 3. Побудова оптимального регулятора. 4. Оптимальні фільтри Калмана-Б'юсі.	6
6	<b>Тема 6.</b> Методи розв'язування матричного диференціального та алгебраїчного рівняння Ляпунова. 1. Розв'язування матричного диференціального рівняння Ляпунова. 2. Розв'язування матричного алгебраїчного рівняння Ляпунова шляхом зведення до системи лінійних алгебраїчних рівнянь.	6

	3. Розв'язування матричного алгебраїчного рівняння Ляпунова методом матричної сигнум-функції.	
7	<b>Тема 7.</b> Методи розв'язування матричного диференціального рівняння Ріккати. 1. Методи розв'язування матричного диференціального рівняння Ріккати.	7
8	<b>Тема 8.</b> Методи розв'язування матричного алгебраїчного рівняння Ріккати. 1. Метод матричної сигнум-функції. 2. Метод Ньютона-Рафсона.	8
	<b>Тема 9.</b> Керованість лінійних дискретних систем. 1. Побудова лінійного дискретного оптимального регулятора. 2. Методи розв'язування матричного алгебраїчного рівняння Ріккати. 3. Спостережуваність.	8
	Разом	60

У якості ІНДЗ пропонується підготовка доповідей за матеріалами сучасних наукових публікацій у галузі оптимального керування.

#### **6. Система контролю та оцінювання**

Засобами оцінювання та демонстрування результатів навчання є:

- контрольні роботи;
- стандартизовані тести;
- лабораторні роботи.

Форми поточного та підсумкового контролю

- лабораторні роботи.

Формою підсумкового контролю є залік.

#### **Критерії оцінювання результатів навчання з навчальної дисципліни**

Система оцінювання рівня навчальних досягнень ґрунтується на принципах ECTS та є накопичувальною. На протязі семестру студенти виконують дві контрольні роботи та 9 лабораторних робіт. Кожна контрольна робота оцінюється максимум 5 балами, а лабораторна робота оцінюється максимум 8 балами. Підсумковим контролем з дисципліни є усний залік. Білет заліку містить чотири питання, з яких одне питання теоретичне і три практичні.

1. Повна відповідь на кожне питання оцінюється 10 балами.
2. За кожну помилку, яка допущена у відповіді, знімається певна кількість балів, а саме:
  - а) при відповіді на теоретичне питання у випадку неістотної помилки знімається 1-2 бали, а у випадку істотної 3-5 балів, якщо ж студент не опанував теоретичний матеріал, плутається в означеннях, наводить логічно невірні твердження, то знімається до 10 балів;
  - б) при оцінці практичного завдання за помилку, допущену при перетвореннях, знімається 1-2 бали; за істотну помилку, яка привела до неправильної відповіді, знімається 3-5 балів; якщо ж розв'язання задачі логічно неправильне, то знімається до 10 балів.
3. Максимальна кількість, яку можна набрати на підсумковому модулі (заліку) 40 балів.
4. Підсумкова оцінка виставляється за результатами суми балів набраних на змістовних модулях під час семестру та підсумковому модулі згідно таблиці.

### Шкала оцінювання: національна та ЄКТС

Оцінка за національною шкалою	Оцінка за шкалою ECTS	
	Оцінка (бали)	Пояснення за розширеною шкалою
<b>Відмінно</b>	A (90-100)	відмінно
<b>Добре</b>	B (80-89)	дуже добре
	C (70-79)	добре
<b>Задовільно</b>	D (60-69)	задовільно
	E (50-59)	достатньо
<b>Незадовільно</b>	FX (35-49)	(незадовільно) з можливістю повторного складання
	F (1-34)	(незадовільно) з обов'язковим повторним курсом

#### Розподіл балів, які отримують студенти

Поточне оцінювання									Кількість балів(модуль-контроль)	Сумарна к-ть балів
Змістовий модуль №1					Змістовий модуль №2					
T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	40	100
6	6	6	6	6	7	7	8	8		

### 7. Політика освітнього процесу

Студенти зобов'язані своєчасно та якісно виконувати всі отримані завдання і акуратно їх оформлювати у вигляді звіту з наданням програмного коду у випадку чисельних розрахунків. За необхідністю з метою з'ясування всіх незрозумілих під час самостійної та індивідуальної роботи питань, відвідувати консультації викладача. Кожний студент зобов'язаний дотримуватися принципів академічної доброчесності. Виконаний студентом не свій варіант завдання не оцінюється. Складання (перескладання) заліку проводиться за встановленим деканатом розкладом.

## 8. Рекомендована література – основна

1. Клевчук І.І., Гритчук М.В. Побудова областей стійкості лінійних автономних диференціальних рівнянь із багатьма запізненнями // Буковинський математичний журнал. – 2022. – **10**, № 1. – С. 61-70.
2. Сучасна теорія управління. Частина 2. Прикладні аспекти сучасної теорії управління [Електронний ресурс] : підручник / Ю. М. Ковриго, О. В. Степанець, Т. Г. Баган, О. С. Бунке ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2017. – 155 с.
3. Методи сучасної теорії управління: підручник / А.П. Ладанюк, Н.М. Луцька, В.Д. Кишеняк, Л.О. Власенко, В.В. Іващук – Київ: Ліра-К, 2018. – 368 с.
4. Новицький І. В., Ус С.А. Сучасна теорія керування: навч. посіб.; М-во освіти і науки України, Держ. вищ. навч. закл. "Нац. гірн. ун-т". Дніпро : НГУ, 2017. – 262 с.
5. Теорія автоматичного управління /Укл.: Николайчук Я.М., Возна Н.Я. – Тернопіль: Гал-друк, 2015. – 59 с.
6. Попович М.Г., Ковальчук О.В. Теорія автоматичного керування. – К.: Либідь, 2007 – 656с.
7. Харабет О. М. Вивчення класичної теорії автоматичного управління за допомогою сучасного персонального комп'ютера – Одеса: Бахва, 2014. – 187 с.
8. Іванов А. О. Теорія автоматичного керування: Підручник. / А.О. Іванов. – Дніпропетровськ: Національний гірничий університет, 2003. – 250с.
9. Гоголюк П.Ф., Гречин Т.М. Теорія автоматичного керування: Навч. посібник. – Львів: Видавництво Національного університету «Львівська політехніка», 2009. — 280 с.