

Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича
Факультет математики та інформатики
Кафедра математичного моделювання

“ЗАТВЕРДЖУЮ”

**Декан факультету
математики та інформатики**



/Мартинюк О.В./

2024 року

РОБОЧА ПРОГРАМА
навчальної дисципліни

«Теорія керування»

обов'язкова

**Освітньо-професійна
програма**

Системний аналіз

Спеціальність

124 – Системний аналіз

Галузь знань

12 – Інформаційні технології

Рівень вищої освіти

перший (бакалаврський)

Факультет математики та інформатики

Мова навчання

українська

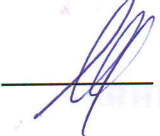
Чернівці 2024

Робоча програма навчальної дисципліни «Теорія керування» складена відповідно до освітньо-професійної програми «Системний аналіз», затвердженої Вченою радою Чернівецького національного університету імені Юрія Федьковича (Протокол № 7 від 29.04.2024р.).

Розробник: Клевчук Іван Іванович,
доцент кафедри математичного моделювання,
доктор фіз.-мат. наук, доцент

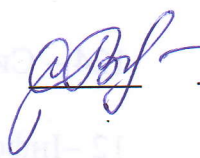
Погоджено з гарантом ОП і затверджено на засіданні кафедри математичного моделювання

Протокол № 18 від “ 25 ” червня 2024 року

Завідувач кафедри  Черевко І.М.

Схвалено методичною радою факультету математики та інформатики

Протокол № 11 від “25” червня 2024 року

Голова методичної ради факультету
математики та інформатики  Сікора В.С.

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.

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. Отримані знання, вміння та навички – основа сучасного підходу до аналізу, синтезу і розрахунку систем керування за найновішими ідеями і принципами у систематизованому вигляді.

Завдання навчальної дисципліни: Отримані знання, вміння та навички – основа сучасного підходу до аналізу, синтезу і розрахунку систем керування за найновішими ідеями і принципами у систематизованому вигляді.

Знання і досвід, набуті в цьому курсі, будуть корисними в майбутній практичній діяльності студентів при дослідженні математичних моделей систем керування.

Дисципліна формує такі компетентності за ОП:

ЗК01. Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу;

ЗК02. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях;

ЗК07. Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел;

ЗК10. Здатність працювати автономно;

ЗК11. Здатність генерувати нові ідеї (креативність);

ФК1. Здатність використовувати системний аналіз як сучасну міждисциплінарну методологію, що базується на прикладних математичних методах та сучасних інформаційних технологіях і орієнтована на вирішення задач аналізу і синтезу технічних, економічних, соціальних, екологічних та інших складних систем.

ФК5. Здатність формулювати задачі оптимізації при проектуванні систем управління та прийняття рішень, а саме: математичні моделі, критерії оптимальності, обмеження, цілі управління; обирати раціональні методи та алгоритми розв'язання задач оптимізації та оптимального керування.

3. Пререквізити. Вказуються дисципліни чи сертифіковані курси, які здобувач вищої освіти має вивчити до початку або разом із цією дисципліною, що підвищує ефективність засвоєння курсу.

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

Постреквізити. Диференціально-функціональні рівняння.

4. Результати навчання

В результаті вивчення дисципліни студент 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.

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;
- будувати області стійкості для лінійних автономних диференціальних рівнянь із двома запізненнями;
- розв'язувати матричні алгебраїчні рівняння Ляпунова і Ріккати, які виникають у задачах оптимального керування.

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

ПР1. Знати і вміти застосовувати на практиці диференціальне та інтегральне числення, ряди та інтеграл Фур'є, аналітичну геометрію, лінійну алгебру та векторний аналіз, функціональний аналіз та дискретну математику в обсязі, необхідному для вирішення типових завдань системного аналізу.

ПР7. Знати основи теорії оптимізації, оптимального керування, теорії прийняття рішень, вміти застосовувати їх на практиці для розв'язування прикладних задач управління і проектування складних систем.

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	індивідуальні завдання	
Денна	4	7	4	120	30	–	–	30	60	–	екзамен

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					с.р.
		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	
Теми лекційних занять	Змістовний модуль 1. Стійкість та оптимізація динамічних систем												
Поняття стійкості за Ляпуновим для лінійних однорідних диференціальних рівнянь із сталими коефіцієнтами. Критерій Гурвіца.	12	3		3		6							
Стійкість лінійних автономних диференціальних рівнянь із двома запізненнями. Побудова областей стійкості.	20	4		6		10							

Керованість та спостережуваність лінійних систем. Псевдообернена матриця.	8	2		2		4						
Принцип оптимальності Беллмана. Динамічне програмування. Принцип максимуму Понтрягіна.	10	3		2		5						
Оптимальне керування лінійними системами з квадратичним функціоналом. Оптимальна стабілізація керованого руху. Оптимальні фільтри Калмана-Б'юсі.	10	3		2		5						
Разом за ЗМ1	60	15		15		30						
Теми лекційних занять	Змістовий модуль 2. Методи розв'язування матричних рівнянь											
Методи розв'язування матричного диференціального та алгебраїчного рівняння Ляпунова.	16	4		4		8						
Методи розв'язування матричного диференціального рівняння Ріккати.	12	3		3		6						
Методи розв'язування матричного алгебраїчного рівняння Ріккати.	20	5		5		10						
Керованість лінійних дискретних систем.	12	3		3		6						
Разом за ЗМ 2	60	15	15			30						
Усього годин	120	30	30			60						

5.3. Зміст завдань для самостійної роботи

№	Назва теми
1	Поняття стійкості за Ляпуновим. Випадок лінійних однорідних диференціальних рівнянь із сталими коефіцієнтами. Критерій Гурвіца. Критерій Гурвіца для рівнянь 2-го, 3-го і 4-го порядку.
2	Поняття стійкості лінійних автономних диференціальних рівнянь із багатьма запізненнями. Побудова областей стійкості.
3	Критерій керованості та спостережуваності лінійних систем. Знаходження рангу матриці. Сингулярні числа прямокутної матриці. Псевдообернена матриця. Спостережуваність.
4	Принцип оптимальності Беллмана. Динамічне програмування. Принцип максимуму Понтрягіна.

5	Оптимальне керування лінійними системами з квадратичним функціоналом. Оптимальна стабілізація керованого руху. Побудова оптимального регулятора. Оптимальні фільтри Калмана-Б'юсі.
6	Розв'язування матричного диференціального рівняння Ляпунова. Розв'язування матричного алгебраїчного рівняння Ляпунова шляхом зведення до системи лінійних алгебраїчних рівнянь. Розв'язування матричного алгебраїчного рівняння Ляпунова методом матричної сигнум-функції.
7	Методи розв'язування матричного диференціального рівняння Ріккати.
8	Методи розв'язування матричного алгебраїчного рівняння Ріккати (метод матричної сигнум-функції та метод Ньютона-Рафсона).
9	Керованість лінійних дискретних систем (побудова лінійного дискретного оптимального регулятора, методи розв'язування матричного алгебраїчного рівняння Ріккати, спостережуваність).

6. Система контролю та оцінювання

Види та форми контролю

1. Поточний (опитування теоретичного матеріалу)
2. Модульний (контрольні роботи)
3. Підсумковий (екзамен)

Засоби оцінювання:

- контрольні роботи;
- лабораторні роботи;
- аналітичні звіти про виконання індивідуальних завдань та самостійної роботи.

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 лабораторні роботи та комплексне ІНДЗ. Кожна лабораторна робота оцінюється максимум 20 балами, а виконання комплексного ІНДЗ оцінюється максимум 20 балами. Підсумковим контролем з дисципліни є усний іспит.

Екзаменаційний білет містить два питання, з яких одне питання теоретичні і одне практичне.

1. Повна відповідь на кожне питання оцінюється 20 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 дисципліни, 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 (екзаміні) 40 балів.
4. Підсумкова оцінка виставляється за результатами суми балів набраних на змістовних модулях під час семестру та підсумковому модулі (екзаміні) згідно таблиці

Шкала оцінювання: національна та ЄКТС

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

7. Рекомендована література

1. J 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. Клевчук І.І. Квазіоптимальна стабілізація лінійних керованих сингулярно збурених систем із запізненням // Наук. вісник Чернівецького ун-ту: 3б. наук. пр. Вип. 269. Математика. – Чернівці: Рута, 2005. – С. 56 – 59.
3. 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.
4. Методи сучасної теорії управління: підручник / А.П. Ладанюк, Н.М. Луцька, В.Д. Кишенько, Л.О. Власенко, В.В. Іващук – Київ: Ліра-К, 2018. – 368 с.
5. Новицький І. В., Ус С.А. Сучасна теорія керування: навч. посіб.; Мво освіти і науки України, Держ. вищ. навч. закл. "Нац. гірн. ун-т". Дніпро : НГУ, 2017. – 262 с.
6. Теорія автоматичного управління /Укл.: Николайчук Я.М., Возна Н.Я. – Тернопіль: Гал-друк, 2015. – 59 с.
7. Попович М.Г., Ковальчук О.В. Теорія автоматичного керування. – К.: Либідь, 2007 – 656с.
8. Харабет О. М. Вивчення класичної теорії автоматичного управління за допомогою сучасного персонального комп'ютера – Одеса: Бахва, 2014. – 187 с.
9. Іванов А. О. Теорія автоматичного керування: Підручник. / А.О. Іванов. – Дніпропетровськ: Національний гірничий університет, 2003. – 250с.
10. Гоголюк П.Ф., Гречин Т.М. Теорія автоматичного керування: Навч. посібник. – Львів: Видавництво Національного університету «Львівська політехніка», 2009. — 280 с.

Електронні ресурси

1. <https://moodle.chnu.edu.ua/course/view.php?id=6789>
2. Мислене древо (Українські інформаційні ресурси для освіти і науки). [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.myslenedrevo.com.ua/>

8 . Політика щодо академічної доброчесності

Академічна доброчесність здобувачів вищої освіти є важливою умовою для опанування результатами навчання за дисципліною і отримання задовільної оцінки з поточного та підсумкового контролів. Академічна доброчесність базується на засудженні практик

списування (виконання письмових робіт із залученням зовнішніх джерел інформації, крім дозволених для використання), плагіату (відтворення опублікованих текстів інших авторів без зазначення авторства), фабрикації (вигадування даних чи фактів, що використовуються в освітньому процесі).

Здобувачі вищої освіти повинні мати активовану університетську пошту. Усі письмові запитання до викладачів стосовно курсу мають надсилатися на університетську електронну пошту.