

Міністерство освіти і науки України
Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна
Кафедра прикладної математики

“ЗАТВЕРДЖУЮ”

В. о. декана факультету
математики і інформатики _____

СВІСЛАВ МЕНЯЙЛОВ _____



Серпень 2025 р.

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Прикладні задачі теорії керування

(назва навчальної дисципліни)

рівень вищої освіти _____ перший (бакалаврський) _____

галузь знань _____ 11 -- Математика та статистика _____
(шифр і назва)

спеціальність _____ 113 Прикладна математика _____
(шифр і назва)

освітня програма _____ Прикладна математика _____
(шифр і назва)

спеціалізація _____
(шифр і назва)

вид дисципліни _____ за вибором _____
(обов'язкова / за вибором)

факультет _____ математики і інформатики _____

2025 / 2026 навчальний рік

Програму рекомендовано до затвердження вченою радою факультету математики і інформатики
“26 ” серпня 2025 року, протокол № 10

РОЗРОБНИКИ ПРОГРАМИ: *Ревіна Тетяна Володимирівна*, кандидат фізико-математичних наук, доцент кафедри прикладної математики.

Програму схвалено на засіданні кафедри Прикладної математики
Протокол від “26 ” серпня 2025 року № 13

Завідувач кафедри Прикладної математики

 Валерій КОРОБОВ
(підпис) (прізвище та ініціали)

Програму погоджено з гарантом освітньо-професійної програми (керівником проектної групи) Прикладна математика
назва освітньої програми

Гарант освітньо-професійної програми
(керівник проектної групи) Прикладна математика

 Сергій ПОСЛАВСЬКИЙ
(підпис) (прізвище та ініціали)

Програму погоджено науково-методичною комісією факультету математики і інформатики Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна
назва факультету, для здобувачів вищої освіти якого викладається навчальна дисципліна

Протокол від “26” серпня 2025 року № 1

Голова науково-методичної комісії факультету математики і інформатики

 Свген МЕНЯЙЛОВ
(підпис) (прізвище та ініціали)

ВСТУП

Програма навчальної дисципліни “**Прикладні задачі теорії керування**” складена відповідно до освітньо-професійної програми підготовки

бакалавр

(назва рівня вищої освіти)

спеціальності (напряму) 113 Прикладна математика

спеціалізації _____

1. Опис навчальної дисципліни

1.1. Мета викладання навчальної дисципліни

Метою викладання навчальної дисципліни “Прикладні задачі теорії керування” є надання майбутнім фахівцям знань для вміння формулювати та досліджувати прикладні задачі теорії керування.

1.2. Основні завдання вивчення дисципліни:

оволодіння майбутніми спеціалістами основними методами розв’язань задач теорії керування

та здатність застосовувати ці методи до вирішення прикладних задач.

1.3. Кількість кредитів 4

1.4. Загальна кількість годин* 120

1.5. Характеристика навчальної дисципліни	
За вибором	
Денна форма навчання	Заочна (дистанційна) форма навчання
Рік підготовки	
4-й	
Семестр	
8-й	
Лекції	
32 год.	
Практичні, семінарські заняття	
32 год.	
Лабораторні заняття	
Самостійна робота	
56 год.	
у тому числі індивідуальні завдання	

* у разі формування малочисельних груп обсяг аудиторного навчального навантаження, відведеного на вивчення навчальної дисципліни, зменшується відповідно до Положення про планування й звітування науково-педагогічних працівників Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна.

1.6. Перелік компетентностей, що формує дана дисципліна

ПК01. Здатність розв'язувати складні спеціалізовані задачі та практичні проблеми прикладної математики у професійній діяльності або у процесі навчання, що передбачає застосування математичних теорій та методів і характеризується комплексністю та невизначеністю умов.

ЗК05. Здатність проведення досліджень на відповідному рівні.

ЗК06. Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу.

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

ЗК10. Навички у використанні інформаційних і комунікаційних технологій.

ФК01. Здатність використовувати й адаптувати математичні теорії, методи та прийоми для доведення математичних тверджень і теорем.

ФК02. Здатність виконувати завдання, сформульовані у математичній формі.

ФК03. Здатність обирати та застосовувати математичні методи для розв'язання прикладних задач, моделювання, аналізу, проєктування, керування, прогнозування, прийняття рішень.

ФК06. Здатність розв'язувати професійні задачі за допомогою комп'ютерної техніки, комп'ютерних мереж та Інтернету, в середовищі сучасних операційних систем, з використанням стандартних офісних додатків.

ФК09. Здатність до проведення математичного і комп'ютерного моделювання, аналізу та обробки даних, обчислювального експерименту, розв'язання формалізованих задач за допомогою спеціалізованих програмних засобів.

ФК12. Здатність до пошуку, систематичного вивчення та аналізу науково-технічної інформації, вітчизняного й закордонного досвіду, пов'язаного із застосуванням математичних методів для дослідження різноманітних процесів, явищ та систем.

ФК14. Здатність сформулювати математичну постановку задачі, спираючись на постановку мовою предметної галузі, та обирати метод її розв'язання, що забезпечує потрібні точність і надійність результату.

ФК18. Здатність оцінити рівень математичного обґрунтування методів, які застосовуються для розв'язання конкретних прикладних задач.

1.7. Перелік результатів навчання, що формує дана дисципліна

РН01. Демонструвати знання й розуміння основних концепцій, принципів, теорій прикладної математики і використовувати їх на практиці.

РН03. Формалізувати задачі, сформульовані мовою певної предметної галузі; формулювати їх математичну постановку та обирати раціональний метод вирішення; розв'язувати отримані задачі аналітичними та чисельними методами, оцінювати точність та достовірність отриманих результатів.

РН05. Уміти розробляти та використовувати на практиці алгоритми, пов'язані з апроксимацією функціональних залежностей, чисельним диференціюванням та інтегруванням, розв'язанням систем алгебраїчних, диференціальних та інтегральних рівнянь, розв'язанням крайових задач, пошуком оптимальних рішень.

PH06. Володіти основними методами розробки дискретних і неперервних математичних моделей об'єктів та процесів, аналітичного дослідження цих моделей на предмет існування та єдності, а також якісних властивостей їх розв'язків.

PH08. Поєднувати методи математичного та комп'ютерного моделювання з неформальними процедурами експертного аналізу для пошуку оптимальних рішень.

PH09. Будувати ефективні щодо точності обчислень, стійкості, швидкодії та витрат системних ресурсів алгоритми для чисельного дослідження математичних моделей та розв'язання практичних задач.

PH10. Володіти методиками вибору раціональних методів та алгоритмів розв'язання математичних задач оптимізації, дослідження операцій, оптимального керування і прийняття рішень, аналізу даних.

PH13. Використовувати в практичній роботі спеціалізовані програмні продукти та програмні системи комп'ютерної математики.

PH21. Демонструвати розуміння загальних принципів побудови математичних теорій, основних понять логіки, уміти формулювати та доводити математичні твердження.

PH22. Уміти отримувати змістовні висновки, наводити та аналізувати приклади і контрприкладів, перевіряти і обґрунтовувати правильність застосованих міркувань і отриманих розв'язків.

1.8. Пререквізити: ОК 11 диференціальні рівняння.

2. Тематичний план навчальної дисципліни.

Тема 1. Керованість систем без обмежень на керування.

- Постановка задачі керованості.
- Керованість лінійних неперервних систем без обмежень на керування. Критерій Калмана повної керованості лінійних систем зі сталими матрицями. Критерій повної керованості в термінах спряженої матриці.
- Інтегральна матриця керованості. Критерій повної керованості в термінах інтегральної матриці. Побудова керування.
- Нормальна форма Бруновського лінійної керованої системи (канонічна форма). Зведення лінійної керованої системи з одновимірним керуванням з постійними матрицями до канонічної форми.
- Спостережуваність лінійних систем керування. Зв'язок між спостережуваністю та керованістю систем керування.
- Керованість і спостережуваність дискретних систем керування.
- Математична теорія керування – нелінійна динаміка та інженерні застосування
- Порівняння властивостей лінійних та нелінійних керованих систем
- Приклади керованих систем: рідина в баці, керований ланцюг RLC, система зчеплених пружин, система трьох з'єднаних баків, популяція бджіл у вулику,

маятник, система хижак-жертва, дитячий візочок, хаотична система, керування рухом несиметричного твердого тіла, принцип навігації Цермело, задача посадки на Місяць, оптимальне планування поставок продукції, оптимальне планування інвестицій.

- Розв'язок задачі впливу реклами на продаж за умови що вклад в рекламу є постійною функцією
- Поняття PID керування.
- PID регулятори в системах розумного будинку.

Тема 2. Розв'язок задач оптимального керування.

- Постановка задачі швидкодії (time optimal problem).
- Принцип максимуму Понтрягіна для лінійної задачі швидкодії. Кусково-постійне керування (Bang-bang control).
- Найшвидша зупинка візка на рейках за умови гладкої поверхні
- Аналітичний розв'язок задачі швидкодії для лінеаризованої коливальної системи.
- Принцип максимуму Понтрягіна для довільного функціонала.
- Теорема Фельдбаума про число перемикачів.
- Розв'язок принципу навігації Цермело за допомогою принципу максимуму.
- Розв'язок задачі розвитку популяції бджіл у вулику за допомогою принципу максимуму.
- Розв'язок задачі оптимального планування інвестицій за допомогою принципу максимуму.
- Розв'язок задачі м'якої посадки на Місяць за допомогою принципу максимуму.
- Метод стрілянини для розв'язку крайової задачі
- Принцип максимуму для дискретних систем
- Порівняння різних підходів до знаходження керування для двовимірної канонічної системи (double integrator) – time optimal control, sliding mode control, pd control, minimum energy control. Побудова фазових портретів.
- Метод динамічного програмування. Принцип оптимальності Белмана та рівняння Белмана для систем з дискретним часом. Приклад: задача розподілу ресурсів, відстань до вузла на графіку. Алгоритм Флойда-Уоршела.
- Метод динамічного програмування. Принцип оптимальності Белмана та рівняння Белмана для систем з неперервним часом. Рівняння Белмана для систем в інтегральній та диференціальній формах. Множина досяжності і функція Белмана
- Оптимальне за швидкістю гасіння кутових швидкостей мікросупутника.
- Керування супутником за допомогою реактивних двигунів

- Лінійні системи з квадратичним функціоналом якості на скінченному інтервалі часу (linear quadratic regulator). Рівняння Гамільтона-Якобі-Белмана. Матричне диференціальне рівняння Рікатті.
- Випадок лінійної автономної системи для квадратичного функціонала на нескінченному проміжку часу. Матричне алгебраїчне рівняння Рікаті.

Тема 3. Застосування методу функції керованості Коробова до розв'язку задачі синтезу

- Постановка задачі допустимого синтезу.
- Розв'язок задачі синтезу для канонічної системи з мішаним критерієм якості.
- Зв'язок функції керованості Коробова, функції Ляпунова та методу динамічного програмування Белмана.
- Розв'язок задачі синтезу для канонічної системи (chain of integrator system).
- Функція керованості як час руху.
- Розв'язок задачі синтезу для нелінійної системи шляхом дослідження лінеаризованої системи. Приклад – коливальна система.
- Розв'язок задачі синтезу для довільної двовимірної системи з двовимірним керуванням.
- Керування рухом несиметричного твердого тіла
- Дослідження керованості системи трьох з'єднаних баків
- Рух матеріальної точки під впливом тертя.
- Рух коливальної системи із двох візків, з'єднаних пружиною.
- Розв'язок задачі синтезу для системи хижак-жертва.
- Розв'язок задачі синтезу для системи Рослера.
- Керування хаосом за допомогою методу функції керованості
- Задача приведення лінійного ланцюга мас, з'єднаних пружинами, до рівноваги за допомогою керуючої сили, прикладеної до першої маси

3. Структура навчальної дисципліни

Назви модулів і тем	Кількість годин					
	Денна форма					
	Усього	у тому числі				
		л	п	лаб	інд	сп
1	2	3	4	5	6	7
Тема 1. <i>Керованість систем без обмежень на керування.</i>	28	8	8			12
Тема 2. <i>Розв'язок задач оптимального керування.</i>	48	14	12			22

Тема 3. Застосування методу функції керованості Коробова до розв'язку задачі синтезу.	36	10	8			18
Підготовка до контрольної роботи	4					4
Контрольна робота	4		4			
Разом за семестр	120	32	32			56
Усього годин	120	32	32			56

4. Теми семінарських (практичних, лабораторних) занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Розв'язання задач керованості лінійних неперервних систем без обмежень на керування.	3
2	Ознайомлення з нормальною формою Бруновського лінійної керованої системи (канонічною формою).	1
3	Розбір прикладів керованих систем: рідина в баці, керований ланцюг RLC, система зчеплених пружин, система трьох з'єднаних баків, популяція бджіл у вулику, маятник	2
4	Поняття PID керування	2
5	Розв'язання задачі найшвидшої зупинки візка на рейках (за умови гладкої поверхні)	1
6	Ознайомлення з аналітичним розв'язком задачі швидкодії для лінеаризованої коливальної системи.	2
7	Метод стрілянини для розв'язку крайової задачі	2
8	Ознайомитися з принципом максимуму для дискретних систем	2
9	Ознайомлення з методом динамічного програмування, принципом оптимальності Белмана та рівнянням Белмана для систем з неперервним часом.	3
10	Лінійні системи з квадратичним функціоналом якості на скінченному інтервалі часу (linear quadratic regulator). Рівняння Гамільтона-Якобі-Белмана. Матричне диференціальне рівняння Рікатті.	2
11	Розв'язок задачі синтезу для канонічної системи з мішаним	2

	критерієм якості.	
12	Знаходження функції керованості як часу руху.	2
13	Розв'язок задачі синтезу для нелінійної системи шляхом дослідження лінеаризованої системи. Приклад – коливальна система.	2
14	Розв'язок задачі синтезу для системи хижак-жертва.	1
15	Розв'язок задачі синтезу для системи Рослера.	1
16	Написання контрольної роботи	4
	Разом	32

5. Завдання для самостійної роботи

№ з/п	Види, зміст самостійної роботи	Кількість годин
1	Ознайомитися з інтегральною матрицею керованості. Критерій повної керованості в термінах інтегральної матриці. Побудова керування.	2
2	Ознайомитися з спостережуваністю лінійних систем керування. Зв'язок між спостережуваністю та керованістю систем керування.	2
3	Дослідити зв'язок між керованістю і спостережуваністю дискретних лінійних систем керування.	2
4	Розібрати приклади керованих систем: система хижак-жертва, дитячий візочок, хаотична система, керування рухом несиметричного твердого тіла, принцип навігації Цермело, задача посадки на Місяць, оптимальне планування поставок продукції, оптимальне планування інвестицій.	3
5	Розв'язок задачі впливу реклами на продаж за умови що вклад в рекламу є постійною функцією	1
6	Ознайомитися з PID регулятором в системах розумного будинку.	2
7	Ознайомитися з принципом максимуму Понтрягіна для довільного функціонала.	2

8	Ознайомитися з теоремою Фельдбаума про число перемикачів.	2
9	Розв'язок задачі оптимального планування інвестицій за допомогою принципу максимуму.	2
10	Знаходження розв'язку задачі розвитку популяції бджіл у вулику за допомогою принципу максимуму.	2
11	Знаходження розв'язку принципу навігації Цермело за допомогою принципу максимуму.	2
12	Розв'язок задачі м'якої посадки на Місяць за допомогою принципу максимуму.	2
13	Порівняння різних підходів до знаходження керування для двовимірної канонічної системи (double integrator) – time optimal control, sliding mode control, pd control, minimum energy control. Побудова фазових портретів.	2
14	Ознайомитися з методом динамічного програмування. Принцип оптимальності Беллмана та рівняння Беллмана для систем з дискретним часом. Приклад: задача розподілу ресурсів, відстань до вузла на графіку. Алгоритм Флойда-Уоршела.	4
15	Дослідити рівняння Беллмана для систем в інтегральній та диференціальній формах. Множина досяжності і функція Беллмана. Приклад; оптимальне за швидкодією гасіння кутових швидкостей мікросупутника.	4
16	Дослідити випадок лінійної автономної системи для квадратичного функціонала на нескінченному проміжку часу. Матричне алгебраїчне рівняння Рікати	3
17	Ознайомитися з розв'язком задачі синтезу для канонічної системи.	3
18	Ознайомитися з розв'язком задачі керування рухом несиметричного твердого тіла	2
19	Ознайомитися з розв'язком задачі рух матеріальної точки під впливом тертя.	2
20	Ознайомитися з розв'язком задачі рух коливальної системи із двох візків, з'єднаних пружиною.	2

21	Ознайомитися з розв'язком задачі керування хаосом за допомогою методу функції керованості	3
22	Ознайомитися з розв'язком задачі приведення лінійного ланцюга мас, з'єднаних пружинами, до рівноваги за допомогою керуючої сили, прикладеної до першої маси	3
22	Підготовка до контрольної роботи	4
	Разом	56

6. Індивідуальні завдання

Не передбачені робочим планом

7. Методи навчання

Пояснювально-ілюстративні лекції, репродуктивні і частково-пошукові методи при проведенні практичних занять, пояснення.

8. Методи контролю

- Перевірка домашніх робіт
- Перевірка контрольної роботи
- Контроль на практичних заняттях
- Контроль на лекціях
- Проведення заліку

9. Схема нарахування балів

Поточний контроль, самостійна робота, індивідуальні завдання						Залік	Сума
Тема 1	Тема 2	Тема 3	Тема 4	Контрольна робота, передбачена навчальним планом	Разом		
4	4	4	2	46	60	40	100

Для допуску до складання підсумкового контролю (заліку) здобувач вищої освіти повинен набрати не менше 10 балів з навчальної дисципліни під час поточного контролю, контрольної роботи.

Критерії оцінювання

Нарахування балів:

Поточний контроль – до 14 балів,
Контрольна робота – до 46 балів,
Залік – до 40 балів.

Контрольна робота оцінюється у 46 балів. Робота складається з 3 практичних задач.
Зміст контрольної роботи:

1. Керованість лінійних систем.
 - Для заданої системи перевірити критерії керованості Калмана і в термінах спряженої матриці.
 - Знайти матрицю керованості та керування, яке переводить задану початкову точку у задану кінцеву за заданий час. Довести, що матриця керованості є додатньо визначеною.
 - За допомогою комп'ютера побудувати траєкторію чисельно.

2. Знайти розв'язок задачі швидкодії для однієї із задач оптимального керування: принцип навігації Цермело, розвиток популяції бджіл у вулику, задача оптимального планування інвестицій, м'яка посадка на Місяць. Студенти можуть об'єднуватися в команди по 2-3 людей.
 - Дослідити математичну постановку задачі,
 - Знайти розв'язок задачі за допомогою принципу максимуму.
 - Чисельно за допомогою комп'ютера знайти розв'язок крайової задачі з довільними початковими і кінцевими умовами
 - Побудувати траєкторію і керування.
 - Зробити інтерпретацію отриманих результатів

3. Знайти чисельний розв'язок задачі синтезу для довільної двовимірної системи з двовимірним керуванням за допомогою комп'ютера.
 - Задати довільну початкову точку, розв'язати в ній рівняння на функцію керованості.
 - Знайти керування, яке розв'язує задачу синтезу.
 - Підставити отримані результати в задачу Коші і розв'язати її.
 - Побудувати траєкторію, яка переводить задану початкову точку у задану кінцеву. Побудувати керування на траєкторії.

Критерії оцінки по першому завданню.

12-15 – завдання розв'язано повністю, можливі невеликі помилки

5-11 – немає чисельного розв'язку, не усі критерії перевірені, але хоча б один доведено до кінця і знайдено керування

0-4 – керування не знайдено, немає чисельного розв'язку, допущено грубі помилки

Критерії оцінки по другому завданню.

11-14 – аналітичний та чисельний розв'язок знайдено, можливі невеликі помилки

6-10 – аналітичний розв'язок знайдено правильно, у чисельному розв'язку є помилки, тому траєкторія не задовольняє початковим або кінцевим умовам,

0-5 – аналітичного розв'язку немає, програма не працює і не знаходить чисельний розв'язок.

Критерії оцінки по третьому завданню.

12-17 – чисельний розв’язок знайдено, можливі невеликі помилки

6-11 – у чисельному розв’язку є помилки, тому траєкторія не задовольняє початковим або кінцевим умовам, розв’язок рівняння на функцію керованості знайдено невірно

0-5 – програма не працює і не знаходить чисельний розв’язок.

Залік передбачає письмову відповідь на два теоретичних питання зі списку, який надається студентам, та розв’язання задачі. Теоретичні питання матеріал, який студенти вивчали протягом семестру на лекціях. Задача може бути на будь-яку з тем, які розглядалися впродовж семестру на практичних заняттях. До кожного теоретичного питання обов’язково наводити доведення, обґрунтування міркувань, пояснювальні приклади. Якщо теоретичний зміст питань не повністю розкритий або робота містить помилки, бал може бути знижений. За задачу бал може бути знижений, якщо відповідь неправильна та/або наявні помилки в її розв’язанні.

Шкала оцінювання (дворівнева)

Сума балів за всі види навчальної діяльності протягом семестру	Оцінка
50 – 100	зараховано
1 – 49	не зараховано

10. Рекомендована література

1. Крак Ю. В. Основи теорії керування та робототехніки: Навчальний посібник для студентів спеціальності "Інформатика". – К.: Видавничо-поліграфічний центр "Київський університет", 2021. – 152с. Електронне видання
2. Ладієва Л. Р. Оптимальне керування системами. КПП ім. Ігоря Сікорського. – 2019.
3. Пічкур В. В. Лекції з теорії керування. КНУ ім. Т. Шевченка, 2017.
4. Теорія керування для інформатиків : підручник / Ю. В. Крак, А. В. Шатирко. – К. : ВПЦ "Київський університет", 2015. – 175 с.
5. Bellman R, Kalaba R. Dynamic programming and modern control theory. Vol. 81. New York: Academic Press;1965.
6. Kalman Rudolf Emil. Mathematical description of linear dynamical systems// Journal of the Society for Industrial and Applied Mathematics, Series A: Control 1.2 (1963), pp 152-192.
7. Korobov V.I, Sklyar G.M. Methods for constructing positional controls, and a feasible maximum principle // Dif. Equ.,1990, 26(11), pp. 1422-1431.
8. Korobov VI, Revina TV. On perturbation range in the feedback synthesis problem for a chain of integrators system. IMA J. Math. Control and Information. 2021;38(1):396-416, <https://doi.org/10.1093/imamci/dnaa035>
9. Lee EB and Markus L, Foundations of optimal control theory. – John Wiley, New York, 1967. – 576 p.

10. Lin, Feng. Robust control design: an optimal control approach. John Wiley & Sons, 2007.
11. S. Pontryagin, V. G. Boltyanskii, R. V. Gamkrelidze, E. F. Mishechenko, The Mathematical Theory of Optimal Processes. – John Wiley & Sons, New York-London, 1962.–360 p.
12. Rao Venkatesh G., and Dennis S. Bernstein. Naive control of the double integrator // IEEE Control Systems Magazine 2001, 21.5 : 86-97.
13. Tan W., Han W., Xu J. State-space PID: a missing link between classical and modern control //IEEE Access. – 2022. – 10. – pp. 116540-116553.

11. Допоміжна література

1. Зуєв О. Л. Математична теорія керування: нелінійна динаміка та інженерні застосування: За матеріалами наукової доповіді на засіданні Президії НАН України 6 листопада 2019 року //Visnik Nacionalnoi akademii nauk Ukraini. – 2020. – №. 1. – С. 29-37.
2. Bowong S., Moukam Kakmeni F.M. Chaos control and duration time of a class of uncertain chaotic systems. Physics Letters. -- 2003. A 316, pp 206-217.
3. Choque-Rivero AE, Efrain Cruz Mullisaca, and Blanca de Jesús Gómez Orozco. "Bounded finite-time stabilization of the Rössler system." 2019 IEEE International Autumn Meeting on Power, Electronics and Computing (ROPEC). IEEE, 2019.
4. Choque-Rivero AE, Rico-Melgoza J, Ornelas-Tellez F. Finite-time stabilization of the prey-predator model, Proc. of the CNCA. 2019:395-400, <http://www.amca.mx/RevistaDigital/cnca2019/files/0152.pdf>
5. Choque Rivero AE, Korobov VI, Skoryk VO., 2004: Controllability function as the time of motion I. Mat. Fiz. Anal. Geom 11, no. 2, 208 - 225. English translation in <http://arxiv.org/abs/1509.05127>
6. Isidory A. Nonlinear control systems: an introduction.– Berlin: Springer-Verlag, 1989.– 479 p.
7. Korobov VI, Revina TV. On robust feedback synthesis for systems with multidimensional control. J. Math. Phys. Anal. Geom. 2017;13(1):35-56, <https://doi.org/10.15407/mag13.01.035>
8. Muresan Marian. Soft landing on the moon with mathematica// Math. Journal, 2012, 14, pp 14-16.
9. Revina T. On the Controllability problem for a System of three connected tanks // Book of abstracts of the 7-th International Conference “Differential Equations and control Theory” (DECT 2025) - p. 43-44. https://dect.karazin.ua/?page_id=6
10. Ovseevich A, Ananievski I. Robust feedback control for a linear chain of oscillators. J. Optim. Theory Appl. 2021;188:307-316, <https://doi.org/10.1007/s10957-020-01765-z>

11. Посилання на інформаційні ресурси в Інтернеті, відео-лекції, інше методичне забезпечення

https://www.youtube.com/playlist?list=PLgnQpQtFTOGT_BILxVnsuI-7CEQCgNuk4

Control Lecture – 6 відео про основи теорії керування

<https://www.youtube.com/watch?v=KVCyV3Auwbo> - відео про оптимальне керування