

Міністерство освіти і науки України

Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна

Кафедра прикладної математики

“ЗАТВЕРДЖУЮ”

Декан факультету
математики і інформатики

Григорій ЖОЛТКЕВИЧ

“29” серпня 2024 р.



РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Керіваність і стабілізація

рівень вищої освіти _____ перший (бакалаврський) рівень _____

галузь знань 11 – Математика та статистика _____

спеціальність 113 – Прикладна математика _____

освітня програма «Прикладна математика» _____

спеціалізація _____

вид дисципліни _____ за вибором _____

факультет _____ математики і інформатики _____

2024 / 2025 навчальний рік

Програму рекомендовано до затвердження Вченою радою факультету математики і інформатики

“27” серпня 2024 року, протокол № 8

РОЗРОБНИКИ ПРОГРАМИ: *Сморцова Тетяна Іванівна*, канд. фіз.-мат. наук, доцент закладу вищої освіти кафедри прикладної математики.

Програму схвалено на засіданні кафедри прикладної математики
Протокол від “26” серпня 2024 року № 8

Завідувач кафедри прикладної математики



Валерій КОРОБОВ

Програму погоджено з гарантом
освітньо-професійної програми «Прикладна математика»

Гарант освітньо-професійної програми «Прикладна математика»



Сергій ПОСЛАВСЬКИЙ

Програму погоджено науково-методичною комісією
факультету математики і інформатики

Протокол від “27” серпня 2024 року № 1

Голова науково-методичної комісії факультету математики і інформатики



Євген МЕНЯЙЛОВ

ВСТУП

Програма навчальної дисципліни «**Керованість і стабілізація**» складена відповідно до освітньо-професійної програми бакалавра спеціальності 113 Прикладна математика

1. Опис навчальної дисципліни

1.1. Метою викладання навчальної дисципліни «Керованість і стабілізація» є надання майбутнім спеціалістам знань в галузі сучасної теорії керованості та стабілізації та використання її методів при дослідженні прикладних задач.

1.2. Основними завданнями вивчення дисципліни «Керованість і стабілізація» є: навчити студентів розв'язувати задачі керованості та стабілізації для різних класів керованих систем диференціальних рівнянь.

1.3. Кількість кредитів – 4.

1.4. Загальна кількість годин – 120.

1.5. Характеристика навчальної дисципліни	
За вибором	
<u>Денна форма навчання</u>	Заочна форма навчання
Рік підготовки	
3-й	
Семестр	
6-й	
Лекції	
32 год.	
Практичні, семінарські заняття	
32 год.	–
Лабораторні заняття	
–	–
Самостійна робота	
56 год.	
у тому числі індивідуальні завдання:	

1.6. Заплановані результати навчання.

За результатами вивчення курсу студенти повинні:

знати:

- постановки основних задач теорії керування;
- умови керованості лінійних систем диференціальних рівнянь зі сталими та неперервними коефіцієнтами без обмежень на керування;
- умови керованості трикутних систем диференціальних рівнянь;
- формулювання принципу максимуму Понтрягіна;
- умови керованості лінійних систем на підпростір;
- умови стабілізованості різних класів систем диференціальних рівнянь;
- умови локальної керованості системи з довільними обмеженнями на керування;

вміти:

- перевіряти умови керованості різних класів систем;
- знаходити керування, яке розв'язує задачу 0-керованості для лінійних систем;
- будувати відображення трикутних систем на канонічну систему і знаходити керування, яке розв'язує задачу 0-керованості для трикутних систем;
- застосовувати принцип максимуму Понтрягіна для лінійної задачі швидкодії;
- досліджувати питання про керованість систем на підпростір;
- знаходити керування, яке розв'язує задачу стабілізації для лінійних систем
- перевіряти умови локальної керованості систем з довільними обмеженнями на керування.

2. Тематичний план навчальної дисципліни**Розділ 1. Умови керованості для лінійних та трикутних систем без обмежень на керування.****Тема 1. Керованість лінійних систем.**

- Повна керованість, критерій Калмана повної керованості лінійних систем зі сталими матрицями. Побудова керування.
- Керованість систем з неперервними та з диференційовними матрицями.
- Інтегральна матриця керованості, її властивості. Критерій повної керованості в термінах інтегральної матриці, побудова керування.
- Стабілізація лінійних систем зі сталими коефіцієнтами.

Тема 2. Керованість трикутних систем.

- Нелінійні трикутні системи з одновимірним керуванням.
- Теорема Коробова про зведення трикутних систем до канонічного вигляду.
- Побудова заміни змінних та керування, її глобальна оберненість. Приклади.
- Керованість трикутних систем, адитивних за останнім аргументом.
- Стабілізація трикутних систем.

Розділ 2. Задачі оптимального керування та керованість лінійних стаціонарних систем на підпростір.**Тема 3. Лінійна задача швидкодії.**

- Постановка лінійної задачі швидкодії.
- Множина керованості за час T , її властивості – опуклість, вкладеність, властивість внутрішніх точок.
- Принцип максимуму Понтрягіна як необхідна і як достатня умова оптимальності для лінійної задачі швидкодії.
- Розв'язання задачі про найшвидшу зупинку візка на рейках.
- Теореми про число перемикачів.

Тема 4. Керованість лінійних систем на підпростір.

- Керованість за вільний, фіксований та наперед заданий час.
- Основні леми та теореми. Приклади.

Розділ 3. Геометричний критерій локальної керованості з довільними обмеженнями на керування.**Тема 5. Геометричний критерій локальної 0-керованості.**

- Основні означення. Умова повертальності на відрізку.

- Властивості множин 0-керованості.
- Геометричний критерій локальної 0-керованості.
- Приклади.

3. Структура навчальної дисципліни

Назви модулів і тем	Кількість годин					
	Денна форма					
	Усього	у тому числі				
л		п	лаб	інд	ср	
1	2	3	4	5	6	7
Розділ 1						
Тема 1. Керованість лінійних систем.	28	8	8			12
Тема 2. Керованість трикутних систем.	24	8	6			10
Разом за розділом 1	52	16	14			22
Розділ 2						
Тема 3. Лінійна задача швидкодії.	22	6	6			10
Тема 4. Керованість лінійних систем на підпростір.	22	6	6			10
<i>Контрольна робота</i>	4		2			2
Разом за розділом 2.	48	12	14			22
Розділ 3						
Тема 5. Геометричний критерій локальної 0-керованості.	20	4	4			12
Разом за розділом 3	20	4	4			12
Усього годин	120	32	32			56

4. Темі практичних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Умови керованості для лінійних систем, побудовання керування	6
2	Стабілізація лінійних систем	4
3	Зведення трикутних систем до канонічного вигляду	2
4	Розв'язання задач керованості та стабілізації для трикутних систем	2
5	Застосування принципу максимуму Понтрягіна для побудови оптимального керування в різних задачах для лінійних систем	6
6	<i>Контрольна робота</i>	2
7	Керованість лінійних систем на підпростір за вільний, фіксований та наперед заданий час	4
8	Умова повертальності на відрізку.	4
9	Геометричний критерій локальної 0-керованості	2
	Разом	32

5. Завдання для самостійної роботи

№ з/п	Види, зміст самостійної роботи	Кількість годин
1	Вивчення матеріалу лекцій	12
2	Виконання домашніх завдань за темами розділу 1	16
3	Виконання домашніх завдань за темами розділу 2	12
4	Виконання домашніх завдань за темами розділу 3	8
5	Підготовка до залікової роботи	8
	Разом	56

6. Індивідуальне завдання

Не передбачене навчальним планом

7. Методи навчання

- словесні (лекції, пояснення, навчальні дискусії)
- практичні (розв'язання задач)
- репродуктивний (розв'язання типових задач)
- пошуковий (розв'язання нетипових задач)
- методи узагальнення та конкретизації.

8. Методи контролю

- Перевірка домашніх завдань.
- Проведення та перевірка контрольної роботи.
- Перевірка залікової роботи.

9. Схема нарахування балів

Поточний контроль, самостійна робота, індивідуальні завдання							Сума	
Розділ 1		Розділ 2		Розділ 3	Контрольна робота, передбачена навчальним планом	Індивідуальне завдання	Залікова робота	
T1	T2	T3	T4	T5				
10	10	10	8	7	15	не передбачене	40	100

Шкала оцінювання (дворівнева)

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

Критерії оцінювання навчальних досягнень

Шкала оцінювання дворівнева.

Поточний контроль: бали нараховуються за виконання домашніх завдань і активність під час практичних занять.

За контрольну роботу бали нараховуються таким чином:

- максимальний бал у разі правильної обґрунтованої відповіді;
- за незначні помилки оцінка зменшується від 10 до 30 відсотків;
- за значні логічні помилки оцінка зменшується до 50 відсотків, якщо хід розв'язання в цілому правильний;
- у разі частково правильних міркувань за відсутності обґрунтованої відповіді виставляється до 30 відсотків від максимальної кількості балів;
- відповідь не відповідає жодному з критеріїв, які сформульовані вище, – виставляється 0 балів.

Залікова робота передбачає письмову відповідь на два питання зі списку, який надається студентам. Питання включають теоретичний і практичний матеріал, який студенти вивчали протягом семестру. До кожного питання обов'язково наводити доведення, обґрунтування міркувань, пояснювальні приклади. Якщо теоретичний зміст питань не повністю розкритий або робота містить помилки, бал може бути знижений.

10. Рекомендована література

Основна література

1. Коробов В.І., Смрцова Т.І. Керованість та стабілізація. Навчальний посібник. Харків: Видавництво ХНУ імені В.Н. Каразіна, 2017, 78 с.

Додаткова література

2. Korobov V.I. Geometric Criterion for Controllability under Arbitrary Constraints on the Control, J. of Optim. Theory and Applications, 2007, Vol. 134, p. 161–176.
3. E.B. Lee, L. Markus. Foundations of Optimal Control Theory. R.E. Krieger Publishing Company, Malabar, Florida, 1987, 576 p.
4. L.S. Pontryagin. Selected works, V. 4. The Mathematical Theory of Optimal Processes. CRC Press, 1987, 360 p.
5. Korobov V.I. A geometric criterion of local controllability of dynamical systems in the presence of constraints on the control. Differ. Uravn., 1979, 15:9, pp. 1592-1599.
6. Korobov V.I. Controllability, stability of certain nonlinear systems. Differ. Uravn., 1973, 9:4, pp. 614–619.
7. Bellman R. Dynamic Programming. Princeton University Press, 1957, 342 p.