

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

“ЗАТВЕРДЖУЮ”

Декан факультету
математики і інформатики

Григорій ЖОЛТКЕВИЧ



2023 р.

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Керованість і стабілізація

(назва навчальної дисципліни)

рівень вищої освіти перший (бакалаврський)

галузь знань 11- математика та статистика

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

2023/2024 навчальний рік

Програму рекомендовано до затвердження вченою радою факультету математики і інформатики
 “29” серпня 2023 року, протокол № 8

РОЗРОБНИКИ ПРОГРАМИ: *Сморцова Тетяна Іванівна*, кандидат фізико-математичних наук, доцент кафедри прикладної математики факультету математики і інформатики

Програму схвалено на засіданні кафедри Прикладної математики
 Протокол від “28” серпня 2023 року №10

Завідувач кафедри Прикладної математики



(підпис)

Валерій КОРОБОВ

(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

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 “29” серпня 2023 року, протокол № 1

Голова науково-методичної комісії факультету математики і інформатики



(підпис)

Ольга АНОЩЕНКО

(прізвище та ініціали)

ВСТУП

Програма навчальної дисципліни «**Керованість і стабілізація**» складена відповідно до освітньо-професійної програми

бакалавр

(назва рівня вищої освіти)

Спеціальності (напрямку) 113 Прикладна математика
спеціалізації _____

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	
22 год.	–
Лабораторні заняття	
–	–
Самостійна робота, в тому числі	
66 год.	
Індивідуальні завдання:	
год.	

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;

- алгоритм зведення лінійних керованих систем зі сталими коефіцієнтами до канонічної форми;
- умови керованості трикутних систем диференціальних рівнянь;
- формулювання принципу максимуму Понтрягіна;
- умови керованості лінійних систем на підпростір;
- умови стабілізованості різних класів систем диференціальних рівнянь;

вміти:

- перевіряти умови керованості різних класів систем;
- знаходити керування, яке розв'язує задачу 0-керованості для лінійних систем;
- зводити лінійні керовані системи зі сталими коефіцієнтами до канонічної форми;
- будувати відображення трикутних систем на канонічну систему і знаходити керування, яке розв'язує задачу 0-керованості для трикутних систем;
- знаходити керування, яке розв'язує задачу стабілізації для лінійних та трикутних систем;
- досліджувати питання про керованість систем на підпростір за вільний та наперед заданий час;
- застосовувати принцип максимуму Понтрягіна для розв'язання лінійної задачі швидкодії;

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.
- Керованість лінійних систем на нескінченному інтервалі.
- Канонічна форма керованих систем.
- 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. Керованість лінійних стаціонарних систем на підпростір та задачі оптимального керування.

Тема 3. Керованість лінійних систем на підпростір.

- Основні означення та допоміжні леми. Зв'язок між керованістю на множину та досяжністю множини.
- Критерій керованості на множину за наперед заданий час. Приклади.
- Критерій керованості на підпростір за вільний час. Приклади.

Тема 4. 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.

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
Розділ 1						
Тема 1. Керованість лінійних систем.	42	10	12			20
Тема 2. Керованість трикутних систем.	28	8	4			16
Разом за розділом 1	70	18	16			36
Розділ 2						
Тема 3. Керованість лінійних систем на підпростір.	26	10	4			12
Тема 4. Лінійна задача швидкодії.	20	4	1			15
<i>Контрольна робота</i>	4		1			3
Разом за розділом 2.	50	14	6			30
Усього годин	120	32	22			66

4. Темі практичних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Умови керованості для лінійних систем зі сталими коефіцієнтами, побудування керування	3
2	Умови керованості для лінійних систем зі змінними коефіцієнтами, побудування керування	3
3	Умови керованості для лінійних систем зі змінними коефіцієнтами на нескінченному інтервалі	1
4	Зведення лінійних систем до канонічного вигляду	2
5	Стабілізація лінійних систем (за означенням та із застосуванням теореми)	3
6	Зведення трикутних систем до канонічного вигляду	1
7	Розв’язання задач керованості та стабілізації для трикутних систем	3
9	Керованість лінійних систем на підпростір та досяжність множин за вільний час	2
9	Керованість лінійних систем на підпростір та досяжність множин за наперед заданий час	2
10	Застосування принципу максимуму Понтрягіна для побудови оптимального керування в різних задачах для лінійних систем	1
11	<i>Контрольна робота</i>	1
	Разом	22

5. Завдання для самостійної роботи

№ з/п	Види, зміст самостійної роботи	Кількість годин
1	Вивчення матеріалу лекцій	15
2	Виконання домашніх завдань за темами розділу 1	20
3	Виконання домашніх завдань за темами розділу 2	16
4	Підготовка до контрольної роботи	3
5	Підготовка до залікової роботи	12
	Разом	66

6. Індивідуальне завдання (не передбачене робочим 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		Контрольна робота, передбачена навчальним планом	Індивідуальне завдання	Залікова робота
T1	T2	T3	T4			
12	12	10	6	20	не передбачене	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, самостійної роботи.

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

Додаткова література

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.