

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

Метод функції керованості

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: **Коробов Валерій Іванович**, доктор фіз.-мат. наук, професор закладу вищої освіти, завідувач 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 “**Метод функції керованості**” складена відповідно до освітньо-професійної програми підготовки бакалавра спеціальності 113- Прикладна математика

1. Опис навчальної дисципліни

1.1. Метою викладання навчальної дисципліни «Метод функції керованості» є опанування студентами методів розв’язку задачі синтезу за допомогою методу функції керованості, а також ознайомлення з методами розв’язку задачі стабілізації та динамічного програмування.

1.2. Основні завдання вивчення дисципліни – опанування студентами основних понять методу функції керованості, за допомогою якої розв’язується задача синтезу, ознайомлення з функцією Ляпунова та функцією Беллмана.

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	
7-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

студенти повинні досягти таких результатів навчання:

Знати:

- задачу синтезу;
- задачу стабілізації;

- основи методу функції керованості для систем канонічного виду;
- побудову функції керованості та керування для лінійних систем;
- основи методу функції керованості для нелінійних систем за першим наближенням;
- розв'язання задачі синтезу для трикутних та близьких до них систем;
- відображення нелінійних систем на лінійні.

вміти :

- розв'язувати задачу синтезу – знаходити функцію керованості та за її допомогою керування, яке задовольняє заданим обмеженням;
- розв'язувати конкретні приклади керованих систем;
- відобразити нелінійні системи на лінійні.

2. Тематичний план навчальної дисципліни.

Тема 1. Принцип максимуму Понтрягіна.

1. Принцип максимуму Понтрягіна для задачі швидкодії.

Тема 2. Основи динамічного програмування.

1. Основи динамічного програмування. Рівняння Беллмана.

Тема 3. Основи теорії стійкості за Ляпуновим.

1. Побудова стабілізуючого керування на основі функції Ляпунова.

Тема 4. Основи методу функції керованості.

1. Приведення лінійної системи до канонічного вигляду (форми Фробеніуса).
2. Розв'язок задачі синтезу для канонічної системи з одновимірним керуванням.
3. Знаходження функції керованості за допомогою інтегрального представлення.
4. Функція керованості як час руху.
5. Знаходження похідної від функції керованості в силу системи.
6. Знаходження повної похідної від функції керованості у випадку, коли функція керованості є часом руху.
7. Знаходження коефіцієнта a_0 для виконання обмежень на керування.
8. Випадки, коли функція керованості знаходиться в явному вигляді.
9. Розв'язок задачі синтезу для канонічної системи з багатовимірним керуванням.

Тема 5. Відображення нелінійних систем на лінійні.

1. Розв'язання задачі синтезу для трикутної системи.
2. Відображення нелінійних систем на лінійні.

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
Тема 1. Принцип максимуму Понтрягіна	8	2	2			4
Тема 2. Основи динамічного програмування.	8	2	2			4
Тема 3. Основи теорії стійкості за Ляпуновим.	8	2	2			4

Тема 4. Основи методу функції керованості.	78	22	20			36
<i>Контрольна робота</i>	2		2			
Тема 5. Відображення нелінійних систем на лінійні.	16	4	4			8
Разом	120	32	32			56

4. Теми семінарських (практичних, лабораторних) занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Принцип максимуму Понтрягіна для задачі швидкодії	2
2	Основи динамічного програмування.	2
3	Побудова стабілізуючого керування на основі функції Ляпунова	2
4	Розв'язок задачі синтезу для канонічної системи з одновимірним керуванням.	2
5	Приведення лінійної системи до канонічного вигляду (форми Фробеніуса).	2
6	Розв'язок задачі синтезу для канонічної системи з багатовимірним керуванням.	6
7	Розв'язок задачі синтезу для довільної лінійної системи за допомогою функції керованості, побудованої в інтегральній формі.	4
8	Допустимий принцип максимуму.	2
9	Побудова функції керованості в явному вигляді.	2
10	Функція керованості як час руху.	2
11	<i>Контрольна робота</i>	2
12	Відображення нелінійних систем на лінійні.	4
	Усього	32

5. Завдання для самостійної роботи

№ з/п	Види, зміст самостійної роботи	Кількість годин
1	Виконання домашніх завдань з теми «Принцип максимуму Понтрягіна для задачі швидкодії»	4
2	Виконання домашніх завдань з теми «Основи динамічного програмування».	4
3	Виконання домашніх завдань з теми «Основи теорії стійкості за Ляпуновим».	4
4	Виконання домашніх завдань з теми «Розв'язок задачі синтезу для канонічної системи з одновимірним та багатовимірним керуванням».	12
5	Виконання домашніх завдань з теми «Розв'язок задачі синтезу для довільної лінійної системи за допомогою функції керованості, побудованої в інтегральній формі».	20
6	Виконання домашніх завдань з теми «Допустимий принцип максимуму».	4
7	Виконання домашніх завдань з теми «Відображення нелінійних систем на лінійні».	8
1	Разом	56

6. Індивідуальні завдання

Не передбачені

7. Методи навчання

Використовуються пояснювально-ілюстративний (лекції і практичні заняття), репродуктивний (виконання домашніх завдань) і частково-пошуковий (контрольна робота) методи.

8. Методи контролю

Протягом вивчення курсу використовуються наступні види контролю:

- поточний семестровий,
- контрольна робота,
- підсумковий семестровий екзамен.

9. Схема нарахування балів

Поточний контроль та самостійна робота					Контрольна робота, передбачена навчальним планом	Разом	Екзамен (залікова робота)	Сума
Тема 1	Тема 2	Тема 3	Тема 4	Тема 5	15	60	40	100
5	5	5	25	5				

Поточний контроль:

- 45 балів. Бали наховуються за виконання домашніх завдань і активність під час практичних занять.

- ***Контрольна робота*** оцінюються до 15 балів.

- ***Екзаменаційна робота*** – до 40 балів.

По контрольній роботі бали наховуються таким чином:

- максимальний бал у разі правильно 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.

Шкала оцінювання: чотирирівнева

Сума балів за всі види навчальної діяльності протягом семестру	Оцінка
90 – 100	відмінно
70-89	добре
50-69	задовільно
1-49	незадовільно

10. Рекомендована література

Основна література

1. Коробов В. І., Сморцова Т. В. Керованість та стабілізація: навчальний посібник. – Х. ХНУ ім. В. Н. Каразіна, 2017. – 78 с.

Допоміжна література

1. Коробов В. І., Скляр Г. М. Розв'язок задачі синтезу за допомогою функціоналу керованості для систем в нескінченновимірних просторах // Доп. АН УРСР, Сер. А. – 1983. - №5. – С. 11-14.
2. V. I. Korobov. A general approach to the solution of the problem of synthesizing bounded controls in a control problem, Mat. Sb. 37 (1980), No. 4, 535–557.
3. V. I. Korobov, G. M. Sklyar. Methods of constructing positional control and an admissible maximum principle, Differ. Equations 26, No. 11, 1422-1431 (1990).
4. Перестюк М.О., Станжицький О.М., Капустян О.В. Задачі оптимального керування: Навч. посібник. – К.: ТВіМС, 2004. – 55с.
http://www.mechmat.univ.kiev.ua/wp-content/uploads/2018/03/optim_keruv.pdf

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

<https://ocw.mit.edu/courses/electrical-engineering-and-computer-science/6-832-underactuated-robotics-spring-2009/video-lectures/lecture-4-optimal-control-of-the-double-integrator-cont./>

Лекція викладача Массачусетського технологічного інституту за темою «оптимальне керування двовимірною канонічною системою».