

## Типові завдання модульних контрольних робіт

### Контрольні запитання до ЗМ1

1. Постановка задач оптимального керування. Приклади систем керування та їх математичних моделей.
2. Структурні схеми для опису систем керування.
3. Математична постановка задачі оптимального керування в загальному вигляді. Основні означення та терміни. Теорема про існування та єдиність узагальнених розв'язків диференціальних рівнянь з розривними правими частинами. Без доведення.
4. Постановка та дослідження задач керованості для лінійних систем. Нестационарні системи. Теорема про необхідну і достатню умову цілком керованості.
5. Постановка та дослідження задач керованості для лінійних систем. Стационарні системи. Теорема про необхідну і достатню умову цілком керованості.
6. Цілком керованість на заданому проміжку. Теорема про достатню умову цілком керованості на заданому проміжку.
7. Спостережуваність в лінійних системах керування. Теорема про достатню умову існування розв'язку задачі спостережуваності.
8. Спостережуваність в лінійних системах керування. Теорема про достатню умову, що виражається через розв'язок інтегрального рівняння, існування розв'язку задачі спостережуваності.
9. Теореми про зв'язок між спостережуваністю та керованістю.
10. Ідентифікація в системах керування.
11. Керованість, спостережуваність, ідентифікація дискретних лінійних систем.
12. Стійкість за Ляпуновим програмних рухів систем керування.
13. Аналітичне конструювання регуляторів систем керування.
14. Системи першого наближення і бругий метод Ляпунова для дослідження стійкості програмних рухів.
15. Постановка задачі оптимального керування як задачі варіаційного числення. Постановка задач Лагранжа, Майера, Больца.
16. Необхідні умови знаходження оптимальних траєкторій методами варіаційного числення.
17. Умова Якобі та достатні умови екстремуму функціоналів
18. Необхідні і достатні умови для функціоналів вищих порядків
19. Загальна задача Лагранжа.
20. Задача з обмеженнями на керування.

### Контрольні завдання до ЗМ1

1. Задача на умови цілком керованості та спостережуваності.

За яких обмежень на величини  $b_1$ ,  $b_2$ ,  $\omega$  система, що наведена нижче, буде

- а) цілком керованою,
- б) цілком спостережуваною?

$$\begin{cases} \dot{x}_1 = \alpha x_1 + \omega x_2 + b_1 u \\ \dot{x}_2 = -\omega x_1 + \alpha x_2 + b_2 u \end{cases}$$

Спостереження має вигляд:  $y = x_1$ .

2. Розв'язати задачу аналітичного конструювання регулятора для системи

$$\begin{cases} \dot{x}_1 = 2x_1 - x_2 + u_1 \\ \dot{x}_2 = -4x_1 + 2x_2 + u_2 \end{cases}$$

Модульна контрольна робота 2.

### Контрольні запитання до ЗМ2.

1. Постановка задачі на метод динамічного програмування. Принцип оптимальності Беллмана.

2. Рівняння Беллмана для задачі оптимального керування з дискретним часом.
3. Метод динамічного програмування (дискретний час).
4. Задача синтезу оптимального керування в методі динамічного програмування. Висновки: переваги та недоліки методу динамічного програмування.
5. Рівняння Беллмана для задачі оптимального керування з неперервним часом. Метод динамічного програмування (неперервний час).
6. Теорема про достатню умову оптимальності – метод динамічного програмування (неперервний час). Без доведення.
7. Задача синтезу оптимального керування в методі динамічного програмування.
8. Огляд чисельних методів для задач оптимального керування.
9. Принцип максимуму Понтрягіна. Постановка задачі. Теорема про необхідну умову оптимальності (закріплені кінці траєкторії, фіксований час). Без доведення.
10. Принцип максимуму Понтрягіна. Теорема про необхідну умову оптимальності (кінці траєкторії не закріплені – вільні або рухомі, початковий і кінцевий моменти часу – фіксовані). Без доведення.
11. Лінійна задача оптимальної швидкодії. На прикладі системи керування, що описується системою 2-х диф.рівнянь із застосуванням принципу максимуму Понтрягіна.
12. Дискретний принцип максимуму. Теорема (дискретний принцип максимуму).

### Контрольні завдання до ЗМ2

1. За допомогою методу динамічного програмування для дискретних систем розв'язати задачу оптимального керування :

$$\begin{cases} \dot{x}_1 = x_2 + u \\ \dot{x}_2 = x_1 - x_2 + u \end{cases} \quad J(u) = \int_0^3 (u(t) + x_2(t)) dt - x_1(3) \rightarrow \inf_u$$

$$x_1(0) = 0$$

$$|x_2(0)| \leq 1, \quad |u(0)| \leq 1, \quad |u(1)| \leq 2, \quad |u(2)| \leq 3.$$

2. Задача на метод принципу максимуму. Серед допустимих кусково-неперервних керувань  $u(t)$  знайти оптимальні або підозрілі на оптимальні керування, що мінімізують функціонал  $J(u)$  на траєкторіях диференціальної системи, наведеної нижче.

$$J(u) = \int_0^1 (u^2(t) + x^2(t)) dt - x^2(1) \rightarrow \inf \quad \dot{x}(t) = u(t), \quad t \in [0,1].$$

Обидва кінці траєкторії вільні.

### Контрольні запитання до ЗМ3.

- 1.Формалізми опису кінематичних схем маніпуляційних роботів.
2. Пряма і обернена задачі кінематики.
3. Чисельні методи вирішення проблем планування траєкторій.
4. Задача локального планування станів.
5. Побудова областей досяжності.
6. Побудова статичних моделей маніпуляційних роботів
7. Побудови рівнянь динаміки маніпуляційних систем в чисельно-аналітичному вигляді.

8. Принцип Лагранжа для побудови рівнянь динаміки маніпуляційних роботів.
9. Методи керування маніпуляційними роботами на основі побудови рівнянь динаміки.

### **Контрольні завдання до ЗМЗ.**

1. Розв'язати обернену задачу планування станів аналітичним методом для заданої кінематичної схеми.
2. Для заданого маніпуляційного робота побудувати рівняння динаміки на основі принципу Д'Аламбера.

### **Питання на іспит**

1. Постановка задач оптимального керування. Приклади систем керування та їх математичних моделей.
2. Структурні схеми для опису систем керування.
3. Математична постановка задачі оптимального керування в загальному вигляді. Основні означення та терміни. Теорема про існування та єдиність узагальнених розв'язків диференціальних рівнянь з розривними правими частинами. Без доведення.
4. Постановка задачі оптимального керування як задачі варіаційного числення. Постановка задач Лагранжа, Майєра, Больця.
5. Постановка та дослідження задач керованості для лінійних систем. Нестационарні системи. Теорема про необхідну і достатню умову цілком керованості.
6. Постановка та дослідження задач керованості для лінійних систем. Стационарні системи. Теорема про необхідну і достатню умову цілком керованості.
7. Цілком керованість на заданому проміжку. Теорема про достатню умову цілком керованості на заданому проміжку.
8. Спостережуваність в лінійних системах керування. Теорема про достатню умову існування розв'язку задачі спостережуваності.
9. Спостережуваність в лінійних системах керування. Теорема про достатню умову, що виражається через розв'язок інтегрального рівняння, існування розв'язку задачі спостережуваності.
10. Теореми про зв'язок між спостережуваністю та керованістю.
11. Матриці імпульсних перехідних функцій та їх обчислення. Спряжені системи. Теорема про властивості розв'язків спряжених систем.
12. Принцип максимуму Понтрягіна. Постановка задачі. Теорема про необхідну умову оптимальності (закріплені кінці траєкторії, фіксований час). Без доведення.
13. Принцип максимуму Понтрягіна. Теорема про необхідну умову оптимальності (кінці траєкторії не закріплені – вільні або рухомі, початковий і кінцевий моменти часу – фіксовані).
14. Лінійна задача оптимальної швидкодії. На прикладі системи керування, що описується системою 2-х диф.рівнянь із застосуванням принципу максимуму Понтрягіна.
15. Дискретний принцип максимуму. Теорема (дискретний принцип максимуму).
16. Постановка задачі на метод динамічного програмування. Принцип оптимальності Беллмана.
17. Рівняння Беллмана для задачі оптимального керування з дискретним часом.
18. Метод динамічного програмування (дискретний час).
19. Задача синтезу оптимального керування в методі динамічного програмування.
20. Рівняння Беллмана для задачі оптимального керування з неперервним часом.
21. Метод динамічного програмування (неперервний час).
22. Теореми про достатню умову оптимальності – метод динамічного програмування (неперервний час).

23. Задача синтезу оптимального керування в методі динамічного програмування.
24. Задача аналітичного конструювання оптимального регулятора в лінійних системах керування.
25. Формалізм опису кінематичних схем маніпуляційних роботів.
26. Пряма і обернена задачі кінематики.
27. Чисельні методи вирішення проблем планування траєкторій.
28. Задача локального планування станів.
29. Побудова областей досяжності.
30. Побудова статичних моделей маніпуляційних роботів.
31. Побудови рівнянь динаміки маніпуляційних систем в чисельно-аналітичному вигляді.
32. Принцип Лагранжа для побудови рівнянь динаміки маніпуляційних роботів.
33. Методи керування маніпуляційними роботами на основі побудови рівнянь динаміки.

## **9. Рекомендовані джерела**

### ***Основні***

1. Бублик Б.Н., Кириченко Н.Ф. Основы теории управления. – К.: Вища школа, 1975. –328 с.
2. Васильев Ф.П. Численные методы решения экстремальных задач. – М.: Наука, 1980.-520 с.
3. Моисеев Н.Н. Элементы теории оптимальных систем. – М.: Наука, 1975.-538 с.
4. Флеминг У., Ришел Р. Оптимальное управление детерминированными и стохастическими системами. – М.: Мир, 1978.-320 с.
5. Острем К. Введение в стохастическую теорию оптимального управления.– М.: Мир, 1973.-324 с.
6. Лешошич О.Л., Крак Ю.В. Елементи теорії керування. Навчально-методичний посібник для студентів факультету кібернетики спеціальності "Інформатика". – К.: Видавничо-поліграфічний центр "Київський університет", 2002. – 85 с.
7. Атанс М., Фалб П. Оптимальное управление. –М.: Машиностроение, 1968.-764 с.
8. Брайсон А., Хо Ю-ши. Прикладная теория оптимального управления. Оптимизация, оценки, управление. –М.: Мир, 1972.-544 с.
9. Сейдж З.П., Уайт, III Ч.С. Оптимальное управление системами. –М.: Радио и связь, 1982.-392 с.
10. Кириченко Н.Ф., Сорока Р.А., Крак Ю.В. Манипуляционные роботы. Алгоритмическое и программное обеспечение средств управления движением. Київ.:КГУ. 1987.
11. Бублик Б.Н., Гаращенко Ф.Г., Кириченко Н.Ф. Структурно-параметрическая оптимизация и устойчивость динамики пучков. К.:Наук.думка. 1985
12. Кривонос Ю.Г., Крак Ю.В., Кириченко М.Ф. Моделювання, аналіз і синтез маніпуляційних систем. К.:Наук. думка. – 2006.
13. Воронов А.А. Введение в динамику сложных управляемых систем. М.:Наука. 1985
14. Кириченко Н.Ф., Крак Ю.В., Сорока Р.А. Оптимізація маніпуляційних роботів. К.:Либідь. 1990

## **Додаткова література**

### ***Додаткова***

10. Кириченко Н.Е. Вычислительные методы теории оптимального управления. –Л.: изд. ЛГУ, 1968.-144с.
11. Зубов В.И. Лекции по управлению. – М.: Наука, 1975.-496 с.