# 12. ВИВЧЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ І ПРИВОДУ ПР

## 12.1. Пневматичний привід ПР МП-9С

**Мета лабораторної роботи**

Ознайомлення з конструкцією та принципом роботи пневматичного приводу ПР МП-9С.

**Організація виконання лабораторної роботи**

Для виконання лабораторної роботи необхідно вивчити, використовуючи рекомендовану літературу, конспект лекцій і методичні вказівки, такі питання:

а) технічні характеристики ПР МП-9С;

б) типові елементи пневматичних приводів ПР;

в) принцип роботи пристроїв ПР, які демпфірують;

г) принцип роботи пневматичних приводів ПР МП-9С та особливості процесів, які проходять у ньому.

Далі, користуючись даними технічних характеристик ПР МП-9С, розрахувати час робочого циклу для заданого викладачем технологічного процесу, поданого в табл. 12.1, де перша цифра вказує № приводу (рис. 2.1), а друга – позицію, у яку треба його перевести.

Підготовити звіт з виконання лабораторної роботи, який повинен включати:

а) тему і мету лабораторної роботи;

б) основні технічні характеристики ПР МП-9С;

в) пневматичну схему приводу ПР МП-9С;

г) схему гідравлічного амортизатора;

д) розрахунок часу робочого циклу для наданого технологічного процесу.

**Питання для підготовки до захисту лабораторної роботи**

1. Які відомі негативні фактори недостатнього демпфірування руху ступенів рухомості ПР?
2. Поясніть фізичні основи регулювання швидкості пневматичних двигунів.
3. Укажіть способи демпфірування кожного ступеня рухомості ПР.
4. Поясніть принцип дії пневматичного приводу ПР.
5. Які способи регулювання швидкості вихідної ланки пневматичного двигуна ПР МП-9С використовуються?
6. Як працює пневматичний розподільник?
7. Які умовні позначення використовуються на схемі розподільника?
8. Якими вузлами може бути доповнена наведена в лабораторній роботі схема пневматичного приводу?
9. За рахунок чого рухається у пневматичних двигунах вихідна ланка (поршень із штоком)?
10. Які можна назвати основні елементи пневматичного приводу?
11. Що називається робочим циклом ПР?
12. Якою залежністю пов’язані швидкість поршня двигуна і витрати повітря?

Таблиця 12.1

Порядок включення ступенів рухомості та захоплювача ПР

| № вар. | Порядок включення (умовні найменування руху) | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 1–1 | 2–1 | 3–1 | 6–2 | 3–2 | 6–1 | 2–2 | 1–2 |
| 2 | 3–1 | 6–2 | 3–2 | 2–1 | 1–1 | 6–1 | 1–2 | 2–2 |
| 3 | 1–1 | 2–1 | 6–2 | 2–2 | 3–1 | 6–1 | 3–2 | 1–2 |
| 4 | 6–2 | 3–1 | 2–1 | 1–1 | 6–1 | 1–2 | 2–2 | 3–2 |
| 5 | 1–1 | 3–1 | 2–1 | 6–2 | 2–2 | 6–1 | 3–2 | 1–2 |
| 6 | 3–1 | 6–2 | 3–2 | 1–1 | 2–1 | 6–1 | 2–2 | 1–2 |
| 7 | 1–1 | 3–1 | 6–2 | 3–2 | 2–1 | 6–1 | 2–2 | 1–2 |
| 8 | 6–2 | 3–1 | 1–1 | 2–1 | 6–1 | 2–2 | 1–2 | 3–2 |
| 9 | 2–1 | 1–1 | 3–1 | 6–2 | 3–2 | 6–1 | 1–2 | 2–2 |
| 10 | 2–1 | 6–2 | 2–2 | 3–1 | 1–1 | 6–1 | 1–2 | 3–2 |
| 11 | 2–1 | 1–1 | 6–2 | 1–2 | 3–1 | 6–1 | 3–2 | 2–2 |
| 12 | 6–2 | 2–1 | 3–1 | 1–1 | 6–1 | 1–2 | 3–2 | 2–2 |
| 13 | 2–1 | 3–1 | 1–1 | 6–2 | 1–2 | 6–1 | 3–2 | 2–2 |
| 14 | 2–1 | 6–2 | 2–2 | 1–1 | 3–1 | 6–1 | 3–2 | 1–2 |
| 15 | 2–1 | 3–1 | 6–2 | 3–2 | 1–1 | 6–1 | 1–2 | 2–2 |
| 16 | 6–2 | 2–1 | 1–1 | 3–1 | 6–1 | 3–2 | 1–2 | 2–2 |
| 17 | 3–1 | 1–1 | 2–1 | 6–2 | 2–2 | 6–1 | 1–2 | 3–2 |
| 18 | 1–1 | 6–2 | 1–2 | 3–1 | 2–1 | 6–1 | 2–2 | 3–2 |
| 19 | 3–1 | 1–1 | 6–2 | 1–2 | 2–1 | 6–1 | 2–2 | 3–2 |
| 20 | 6–2 | 1–1 | 3–1 | 2–1 | 6–1 | 2–2 | 3–2 | 1–2 |
| 21 | 3–1 | 2–1 | 1–1 | 6–2 | 1–2 | 6–1 | 2–2 | 3–2 |
| 22 | 1–1 | 6–2 | 1–2 | 2–1 | 3–1 | 6–1 | 3–2 | 2–2 |
| 23 | 3–1 | 2–1 | 6–2 | 2–2 | 1–1 | 6–1 | 1–2 | 3–2 |
| 24 | 6–2 | 1–1 | 2–1 | 3–1 | 6–1 | 3–2 | 2–2 | 1–2 |
| 25 | 1–1 | 2–1 | 3–1 | 6–2 | 3–2 | 6–1 | 2–2 | 1–2 |
| 26 | 3–1 | 6–2 | 3–2 | 2–1 | 1–1 | 6–1 | 1–2 | 2–2 |
| 27 | 1–1 | 2–1 | 6–2 | 2–2 | 3–1 | 6–1 | 3–2 | 1–2 |
| 28 | 6–2 | 3–1 | 2–1 | 1–1 | 6–1 | 1–2 | 2–2 | 3–2 |

13. Який спосіб регулювання швидкості поршня дозволяє одержати кращі динамічні характеристики приводу?
14. Які конструктивні особливості мають окремі вузли пневматичного приводу ПР МП-9С?
15. Які відомі основні технічні характеристики ПР МП-9С?

### 12.2. Спеціальні системи координат

**Мета лабораторної роботи**

Ознайомлення із спеціальними системами координат

**Організація виконання лабораторної роботи**

Для виконання лабораторної роботи необхідно вивчити, використовуючи рекомендовану літературу, конспект лекцій та методичні вказівки, такі питання:

а) визначення маніпулятора, ступенів рухомості, вхідних і вихідних ланок маніпулятора;

б) порядок вибору спеціальних систем координат;

в) порядок вирішення прямої задачі кінематики;

г) розширена матриця перетворення.

Для заданого варіанта (табл. 12.2) намалювати умовну і конструктивну кінематичні схеми маніпулятора в аксонометрії з проставленими номерами ланок.

Вибрати спеціальні системи координат відповідно намальованої конструктивної кінематичної схеми маніпулятора.

Занести типи пар і значення параметрів маніпулятора у табл. 12.3.

Знайти матриці $A_i$ для всіх ланок маніпулятора.

Підготовити звіт з виконання лабораторної роботи, який повинен включати:

а) тему і мету лабораторної роботи;

б) умовну кінематичну схему;

в) конструктивну кінематичну схему маніпулятора в аксонометрії з вибраними спеціальними системами координат і проставленими номерами ланок;

г) таблицю, де вказати типи пар, значення параметрів маніпулятора і матриці $A_i$.

**Питання для підготовки до захисту лабораторної роботи**

1. Дайте визначення маніпулятора.
2. Дайте визначення ступенів рухомості.
3. Дайте визначення вхідної ланки маніпулятора.
4. Дайте визначення вихідної ланки маніпулятора.
5. Що таке кінематична пара?
6. Які методи застосовуються для опису кінематики і динаміки ПР?
7. Дайте визначення спеціальних систем координат.

Таблиця 12.2

Дані для кінематичної схеми маніпулятора

| № вар. | 1-ша пара | Кут | 2-га пара | Кут | 3-тя пара | Кут | 4-та пара | Координати захоплювача | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | X | Y | Z |
| 1. | 0 | P | 1 | | 1 | P | 1 | -100 | 200 | 150 |
| 2. | 1 | | 0 | P | 1 | | 1 | 150 | -210 | 200 |
| 3. | 0 | P | 0 | | 1 | P | 1 | -200 | -220 | 250 |
| 4. | 1 | | 1 | P | 1 | | 1 | -150 | 230 | 300 |
| 5. | 0 | P | 1 | | 0 | P | 1 | 100 | -240 | 350 |
| 6. | 1 | | 0 | P | 0 | | 1 | -150 | -250 | 400 |
| 7. | 0 | P | 0 | | 0 | P | 1 | -100 | 260 | 450 |
| 8. | 1 | | 1 | P | 0 | | 1 | 250 | -270 | 400 |
| 9. | 0 | P | 1 | | 1 | P | 0 | -200 | -280 | 300 |
| 10. | 1 | | 0 | P | 1 | | 0 | -200 | 290 | 250 |
| 11. | 0 | P | 0 | | 1 | P | 0 | 150 | -275 | 200 |
| 12. | 1 | | 1 | P | 1 | | 0 | -100 | -265 | 150 |
| 13. | 0 | P | 1 | | 0 | P | 0 | -150 | 255 | 200 |
| 14. | 1 | | 0 | P | 0 | | 0 | 100 | -245 | 250 |
| 15. | 0 | P | 0 | | 0 | P | 0 | -200 | -235 | 300 |
| 16. | 1 | | 1 | P | 0 | | 0 | -150 | 225 | 350 |
| 17. | 0 | P | 1 | P | 1 | | 1 | -110 | -115 | 420 |
| 18. | 1 | | 0 | | 1 | P | 1 | 160 | -125 | 370 |
| 19 | 0 | P | 0 | P | 1 | | 1 | -210 | 135 | 320 |
| 20. | 1 | | 1 | | 1 | P | 1 | -260 | -145 | 270 |
| 21. | 0 | P | 1 | P | 0 | | 1 | 210 | -155 | 220 |
| 22. | 1 | | 0 | | 0 | P | 1 | -160 | 165 | 170 |
| 23. | 0 | P | 0 | P | 0 | | 1 | -110 | -175 | 230 |
| 24. | 1 | | 1 | | 0 | P | 1 | 170 | -185 | 280 |
| 25. | 0 | P | 1 | P | 1 | | 0 | -230 | 195 | 330 |
| 26. | 1 | | 0 | | 1 | P | 0 | -290 | -205 | 380 |
| 27. | 0 | P | 0 | P | 1 | | 0 | -230 | 215 | 420 |
| 28. | 1 | | 1 | | 1 | P | 0 | 170 | -225 | 470 |
| 29. | 0 | P | 1 | P | 0 | | 0 | -140 | 235 | 440 |
| 30. | 1 | | 0 | | 0 | P | 0 | -110 | -245 | 410 |
| 31. | 0 | P | 0 | P | 0 | | 0 | 180 | -255 | 380 |
| 32. | 1 | | 1 | | 0 | P | 0 | -270 | 265 | 350 |

8. Як визначається вісь обертальної пари?
9. Як визначається вісь поступальної пари?
10. Як вибирається вісь $X_0$ спеціальних систем координат?
11. Як вибирається вісь $X_i$ спеціальних систем координат?
12. Як вибирається вісь $Y_i$ спеціальних систем координат?

Таблиця 12.3

Приклад таблиці для занесення параметрів маніпулятора

| № кінематичної пари | Тип пари | Ланки $i$-ї пари | Значення параметрів маніпулятора | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | $\Theta$ | $S$ | $d$ | $\alpha$ |
| … | … | … | … | … | … | … |

13. Як вибирається вісь $Z_i$ спеціальних систем координат?
14. Як вибирається початок координат системи $0$ спеціальних систем координат?
15. Як вибирається початок координат $i$-ї системи спеціальних систем координат?
16. Як назначаються спеціальні системи координат?
17. Що називається центром захоплювача?
18. Як назначаються матриці $A_i$ для всіх ланок маніпулятора?
19. Як можна перетворити $i-1$ систему координат в $i$-ту?
20. Що таке розширена матриця перетворення?
21. Який параметр матриці $A_i$ має бути змінною величиною для обертальної пари?
22. Який параметр матриці $A_i$ має бути змінною величиною для поступальної пари?

## 12.3. Пряма та обернена задачі кінематики

**Мета лабораторної роботи**

Ознайомлення з прямою та оберненою задачами кінематики.

**Організація виконання лабораторної роботи**

Для виконання лабораторної роботи необхідно вивчити, використовуючи рекомендовану літературу, конспект лекцій та методичні вказівки, такі питання:

а) розв'язок прямої задачі кінематики;

б) розв'язок оберненої задачі кінематики;

в) порядок графічної перевірки розв'язку оберненої задачі кінематики.

Далі для заданого варіанта (табл. 12.2) розв'язати пряму, а потім обернену задачі кінематики (матриці $A_i$ узяти з попередньої лабораторної роботи).

Перевірити результати розв'язку оберненої задачі графічним способом.

Підготовити звіт з виконання лабораторної роботи, який повинен включати:

а) назву і мету лабораторної роботи;

б) розв'язок прямої задачі кінематики;

в) розв'язок оберненої задачі кінематики;

г) результати графічної перевірки розв'язку оберненої задачі.

**Питання для підготовки до захисту лабораторної роботи**

1. Що таке пряма задача кінематики?
2. Як розраховується матриця $T_i$ ?
3. Яке геометричне тлумачення мають стовпці матриці $T_i$ ?
4. Що однозначно встановлює положення й орієнтацію захоплювача у системі координат *0* (стояка)?
5. Що таке обернена задача кінематики?
6. Що таке узагальнені координати?
7. Скільки величин потрібно для визначення положення захоплювача?
8. Які величини потрібно для визначення положення захоплювача?
9. Коли одному положенню захоплювача відповідають різні набори значень узагальнених координат?
10. Скільки величин треба задати для попадання центра захоплювача у визначену точку простору при будь-якій орієнтації захоплювача?
11. Як виконується графічна перевірка розв'язку оберненої задачі кінематики?
12. Як треба малювати проекцію маніпулятора зверху при перевірці розв'язку оберненої задачі кінематики?