

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**Національний університет «Запорізька політехніка»**

**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ**

до виконання лабораторних робіт  
з дисципліни «Автоматичні лінії, роботи і транспорт у зварювальному  
виробництві» для студентів спеціальності 131 «Прикладна механіка»  
усіх форм навчання

2020

Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з дисципліни «Автоматичні лінії, роботи і транспорт у зварювальному виробництві» для студентів спеціальності 131 «Прикладна механіка» усіх форм навчання / Укл.: О.Є. Капустян – Запоріжжя: НУ «Запорізька політехніка», 2020. – 63 с.

Укладач: О.Є. Капустян, канд. техн. наук

Рецензент: Ю.М. Савонов, канд. техн. наук, доцент

Редактор: І.П. Аверченко

Відповідальний за випуск: О.Є. Капустян

Голова метод. комісії каф. ОТЗВ д.ф.н., проф. С.М. Попов

Затверджено

на засіданні кафедри ОТЗВ

Протокол № 10 від 28.05.2020 р

Рекомендовано

до видання НМК ІФФ

Протокол № 10 від 25.06.2020 р

## ЗМІСТ

|                                                                                                                          |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Лабораторна робота № 1 Вивчення пристрою і принципу дії промислового робота для зварювання типу ПР-601/60 .....          | 4  |
| Лабораторної роботи № 2 Вивчення системи енергоживлення і керування роботом типу ПР-601/60 .....                         | 18 |
| Лабораторна робота № 3 Вивчення пристрою та принципу дії промислового роботу МП-9С .....                                 | 28 |
| Лабораторна робота № 4 Розробка програми керування траєкторією маніпулювання промислового робота та його настройка ..... | 44 |
| Лабораторна робота № 5 Дослідження РТК листового штампування .....                                                       | 49 |
| Лабораторна робота № 6 Промислова комплексно-механізована лінія розкрою листової сталі .....                             | 53 |
| Вказівки з техніки безпеки .....                                                                                         | 61 |
| Рекомендована література .....                                                                                           | 62 |

# ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 1

## ВИВЧЕННЯ ПРИСТРОЮ І ПРИНЦИПУ ДІЇ

### ПРОМИСЛОВОГО РОБОТА ДЛЯ ЗВАРЮВАННЯ ТИПУ ПР-601/60

#### 1.1 Мета роботи

Вивчення пристрою і принципу дії промислового робота для зварювання типу ПР-601/60.

#### 1.2 Загальні відомості

##### 1.2.1 Призначення і характеристика робота ПР-601/60

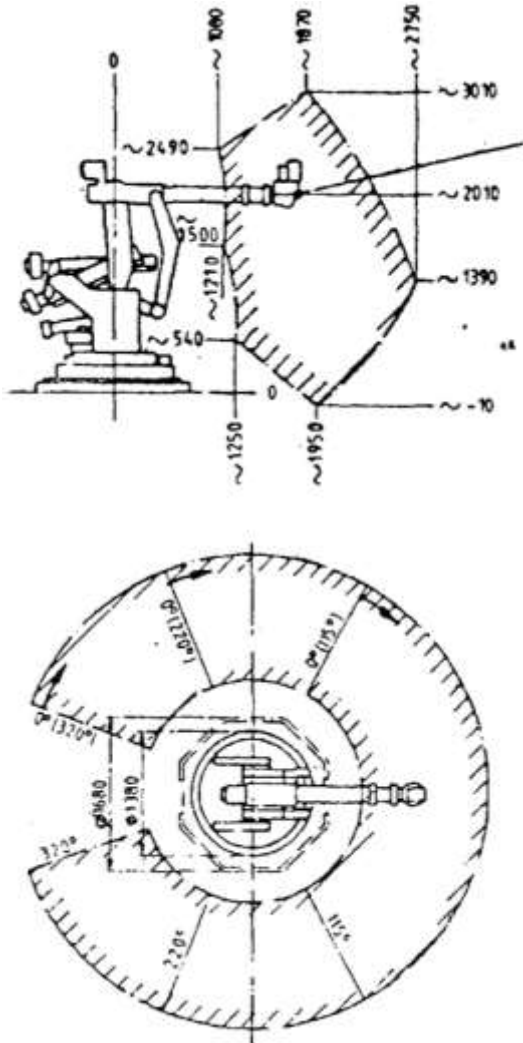
Промисловий робот ПР-601/60 – це система пристроїв для виконання повторюваних робіт із транспортування, складування, а також для виконання складних монтажно-складальних і зварювальних робіт. Форма і розміри робочого простору приведені на рисунку 1.1. До складу робота входять два допоміжних блоки – переносний пульт ручного керування і переносний пульт програмування.

Механічна частина робота – маніпулятор забезпечує переміщення інструмента в будь-яку точку в межах робочого простору за допомогою 6 ступенів рухливості (рис. 1.2, табл. 1.1): трьох переносних (вісі  $A1$ ,  $A2$  і  $A3$ ) і трьох, що орієнтують (вісі  $A4$ ,  $A5$  і  $A6$ ).

Таблиця 1.1 – Характеристика ступенів рухомості

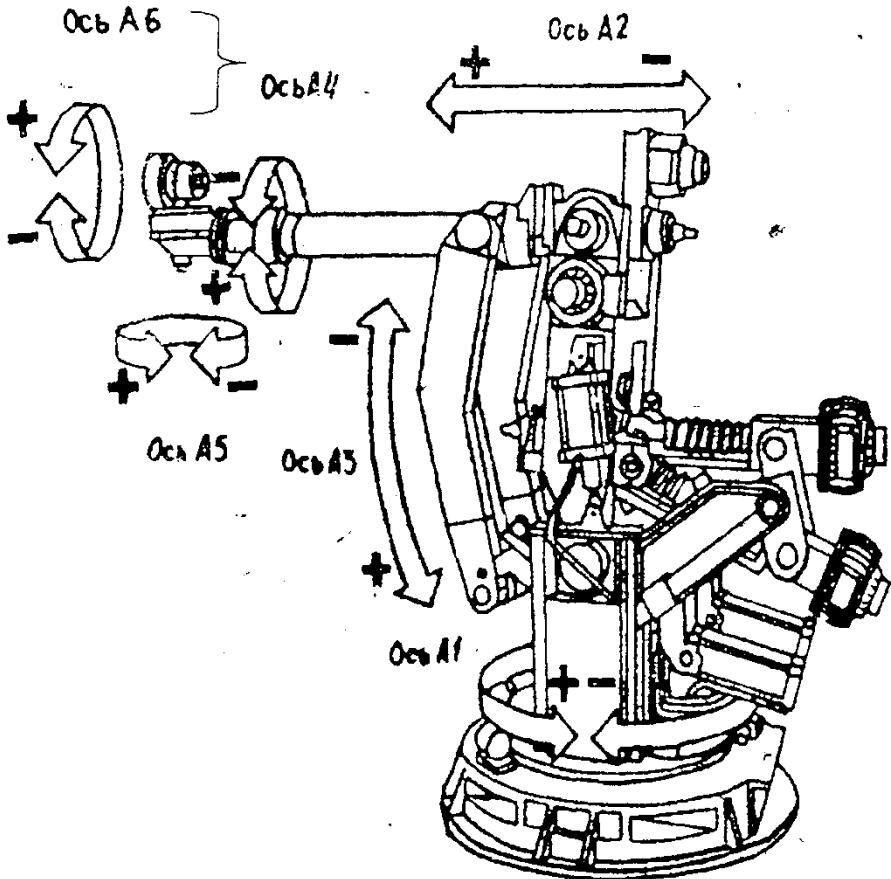
| Вісь | Максимальний<br>розмір переміщення | Швидкість,<br>град/с | Окружна швидкість<br>при максимальному<br>вильоті, м/с | Момент,<br>Н·м |
|------|------------------------------------|----------------------|--------------------------------------------------------|----------------|
| $A1$ | 320°                               | 76                   | 3,7                                                    |                |
| $A2$ | 1,5 м                              |                      | 1,2                                                    |                |
| $A3$ | 2,5 м                              |                      | 1,2                                                    |                |
| $A4$ | 360°                               | 120                  |                                                        | 250            |
| $A5$ | 360°                               | 120                  |                                                        | 250            |
| $A6$ | 360°                               | 120                  |                                                        | 150            |

Примітка. Менший робочий простір ( $220^\circ$ ,  $115^\circ$ , рис. 1.1) по вісі  $AI$  можна забезпечити за допомогою додаткових упорів і кінцевих вимикачів.



0-0 – вісь розвертання (ось  $AI$ ); 0 – нульова відмітка (рівень підлоги);  
 $A$  – початкова точка; 1,2,3 – початок робочої зони при розвертанні навколо вісі  $AI$  на  $320^\circ$ ,  $220^\circ$  і  $115^\circ$  відповідно

Рисунок 1.1 – Робочий простір робота ПР 601/60



вісі  $A1, A2, A3$  – переносні ступені рухомості; вісі  $A4, A5, A6$  – орієнтовані ступені рухомості

Рисунок 1.2 – Ступені рухомості маніпулятора робота ПР 601/60

### 1.2.2 Технічна характеристика робота

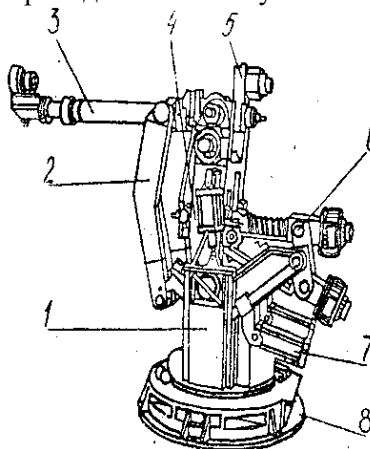
Розміри маніпулятора (для довідок):

|                 |         |
|-----------------|---------|
| Висота          | 2330 мм |
| Ширина          | 1680 мм |
| Довжина (макс.) | 3000 мм |

|                                                 |                   |
|-------------------------------------------------|-------------------|
| Маса (без оснастки)                             | 2000 кг           |
| Точність повторення на вильоті 2000             | $\pm 1,2$ мм      |
| Число ступенів рухливості                       | 6                 |
| Максимальне навантаження на кисть на швидкості: |                   |
| повній                                          | 60 даН            |
| знижений                                        | 100 даН           |
| Тип приводу механізмів                          | електромеханічний |
| Питома потужність приводів:                     |                   |
| вісі $A1, A2, A3$                               | 4,5 кВт           |
| вісі $A4, A5, A6$                               | 1,0 кВт           |

### 1.2.3 Пристрій маніпулятора робота

Маніпулятор робота (рис. 1.3) складається з поворотної колони 1, що забезпечує обертання всіх механізмів навколо вісі  $A1$  на фіксований кут  $320^\circ$ ,  $220^\circ$  або  $115^\circ$  (рис. 1.1, 1.2). На поворотній колоні встановлена пневмосистема зрівноважування мас 7 для компенсації ваги приводної стійки і приводного важеля у всіх положеннях.



- 1 – поворотна колона; 2 – приводний важіль; 3 – рука робота; 4 – приводний стояк;  
 5 – кисть; 6 – привод вісів  $A2$  і  $A3$ ; 7 – пневмосистема зрівноважування мас;  
 8 – підставка

Рисунок 1.3 – Основні вузли маніпулятора

Всі механізми робота приводяться в рух тиристорними малоінерційними електродвигунами постійного струму з тахогенераторами і умонтованими гальмами з постійними магнітами для фіксації двигуна в положенні «стоп». Для запобігання великих люфтів і для зниження моментів інерції, високооборотна частина приводу підходить безпосередньо виконавчим органом, а двигуни встановлені в приводній стойці або у руці.

Робочий простір (рис. 1.1), що утворюється з обертальних і поворотних рухів 6 ступенів рухливості, обмежується за допомогою кінцевих вимикачів, а по переносних ступенях (вісі  $A1$ ,  $A2$  і  $A3$ ) рухливості – додатково за допомогою механічних упорів.

Система зрівноважування має приводного важеля і стійки (рис. 1.3) містить у собі компенсаційні пневмоциліндри, які закріплені між приводним важелем 2 приводним стояком 4 і поворотною колоною 1. Стиснуте повітря по трубопроводу (рис. 1.4) подається у пневмоциліндри відповідно до навантаження на вісь *АВ*.

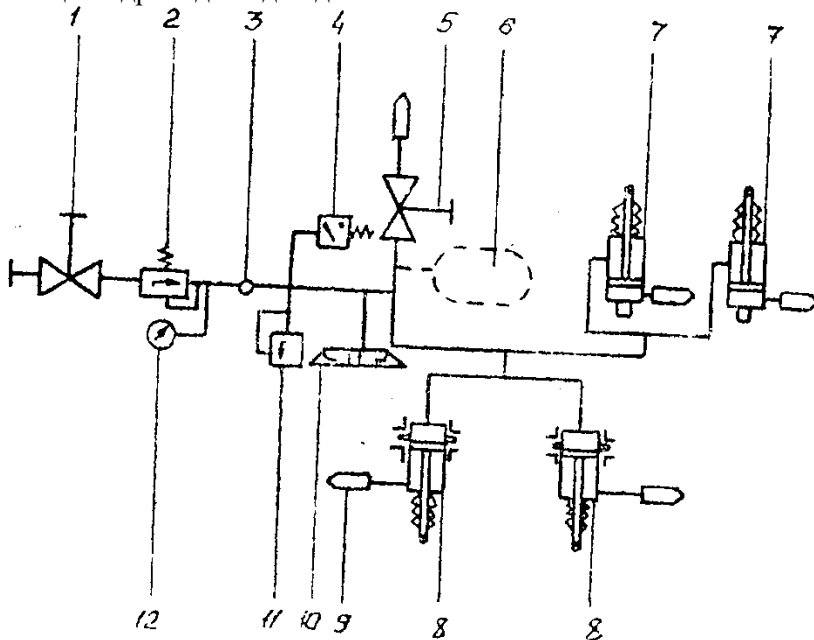


Рисунок 1.4 – Пневмосистема вирівнювання мас

Система компенсації має є замкнутою, тобто немає витрати повітря (не рахуючи відпливів). Магістраль заповнюється через

запірний клапан 1, регулятор тиску 2 і обернений клапан 3. Необхідний тиск контролюється манометром 12. Клапан обмеження тиску 11 захищає установку від надлишкового тиску в системі, а клапан 4 відключає роботу при падінні тиску наприкінці програми. Клапан 5 служить для опорожнення системи. Стиснуте повітря потрібного тиску подається в компенсаційні циліндри для приводної стійки 7 і приводного важеля 8, стравлення повітря проводиться через глушитель 9. У якості ресивера використовуються порожнини в підставці робота 10 або зовнішні ємності 6.

Підставка 8 (рис. 1.3), на планшайбі якої встановлюється маніпулятор, одночасно виконуючи роль ресивера пневмосистеми зрівноважування мас. Підставка лита, механічно оброблена, має 6 отворів для кріплення до фундаментної рами. Планшайба, а разом із нею і поворотна колона приводиться у рух від двигуна МО-4500 через зубцюватий ремінь і хвильовий редуктор навколо вісі *A1*. У центрі підставки вмонтована кабельна спіраль, що охороняє електричні кабелі від механічних навантажень у всьому діапазоні повороту планшайби. На валу хвильового редуктора кріпиться резольвер для контролю розміру переміщення поворотної колони.

На поворотній колоні 1 (рис. 1.3) встановлений приводний стоек 4 із вузлами приводів і колінчастий важіль. Крім того поворотна колона є опорою для пневмоциліндрів компенсації мас. Колінчастий важіль приводиться у рух за допомогою роликової гвинтової пари 6 і забезпечує переміщення по ступені рухливості *A3*. Обертання поворотної колони навколо вісі *A1* здійснюється приводом, розташованим у підставці 8.

Приводний стоек 4 (рис. 1.3) разом з приводним важелем 2 переміщують руку робота 3. Приводний стоек переміщується за допомогою приводу вісі *A2*. На приводному стойку у верхній частині по обидва боки встановлені приводи вісів *A4*, *A5* і *A6* кисті. У нижній частині з двох сторін на приводному стойку закріплені пневмоциліндри компенсації маси стойку і приводного важеля.

Рука 3 (рис. 1.3) кріпиться на приводних важелях 2 і приводному стойку 4. Рука (рис. 1.5) складається з центральної частини 2 трубчастого типу, яка є сполучною ланкою між міжфланцевим приводом 4, кутовою передачею 3 і кистю у зборі 1. Рука приводиться у рух через кутову передачу (рис. 1.6).

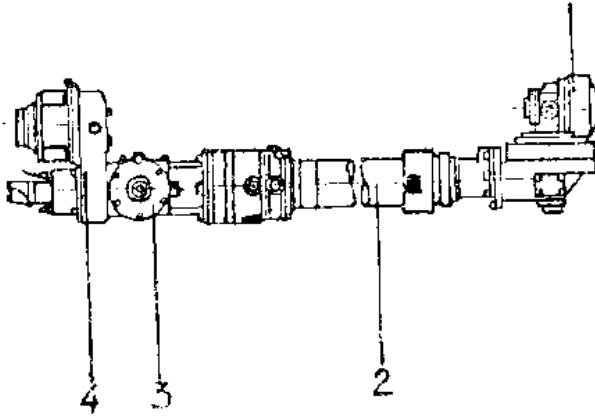


Рисунок 1.5 – Рука манипулятора у зборі

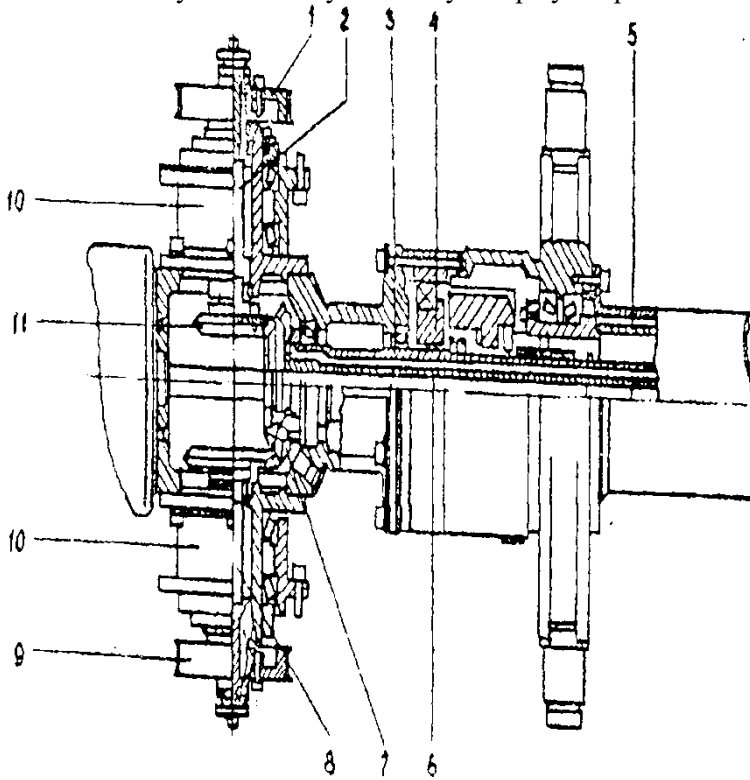


Рисунок 1.6 – Кутова передача у зборі

У середині руки проходять два вали: зовнішній трубчастий вал приводу ступеня рухомості *A5* і внутрішній вал приводу рухливості *A6*. За допомогою шківів 9 від приводу приводиться у рух вал 8 з парою конічних шестерень 7. Звідси момент, що крутить, через порожнистий вал 3 надходить на хвилястий редуктор 4 (передаточне число 1:78) ступеня рухомості *A4*.

Момент, що крутить до ступеня рухомості, і *A5* передається від приводу обертання кисті на шків ремінної передачі 1, а звідси через вал 2 і пару конічних шестерень 11 на порожнистий вал 6, що призводить у рух ступінь рухливості *A5*.

На фланцевому приводі (рис. 1.7) встановлений двигун приводу кисті 6 і посадковий вузол резольвера 5. Привод кисті 6 обертає шків ремінної передачі 3 за допомогою зубчастого ремня 2. Для встановлення необхідної натяжки ремня використовується гвинт 1. Від шківів 3 приводиться у рух ступінь рухливості *A6*. Посадковий вузол резольвера приєднується через муфту 4 до валу шківів 3.

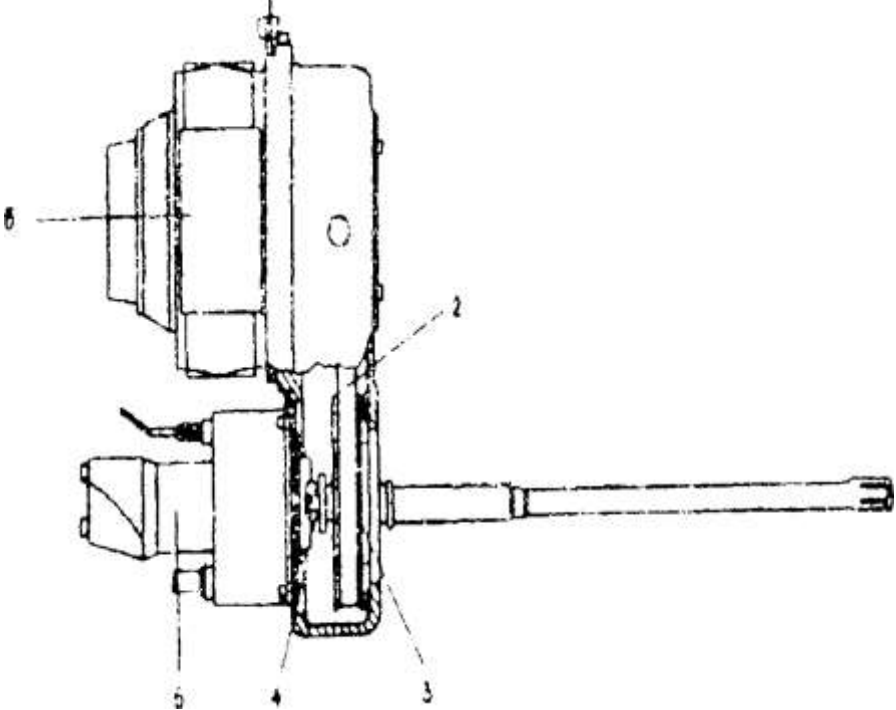


Рисунок 1.7 – Фланцевий привод

Приводи ступенів рухливої вісі *A4*, *A5* і *A6* (рис. 1.8) однакові по конструкції. Вони приводять у рух через зубчасті ремені кутову передачу (і відповідно ступені рухливості *A4* і *A5*) або вал ступеня рухливості *A6*.

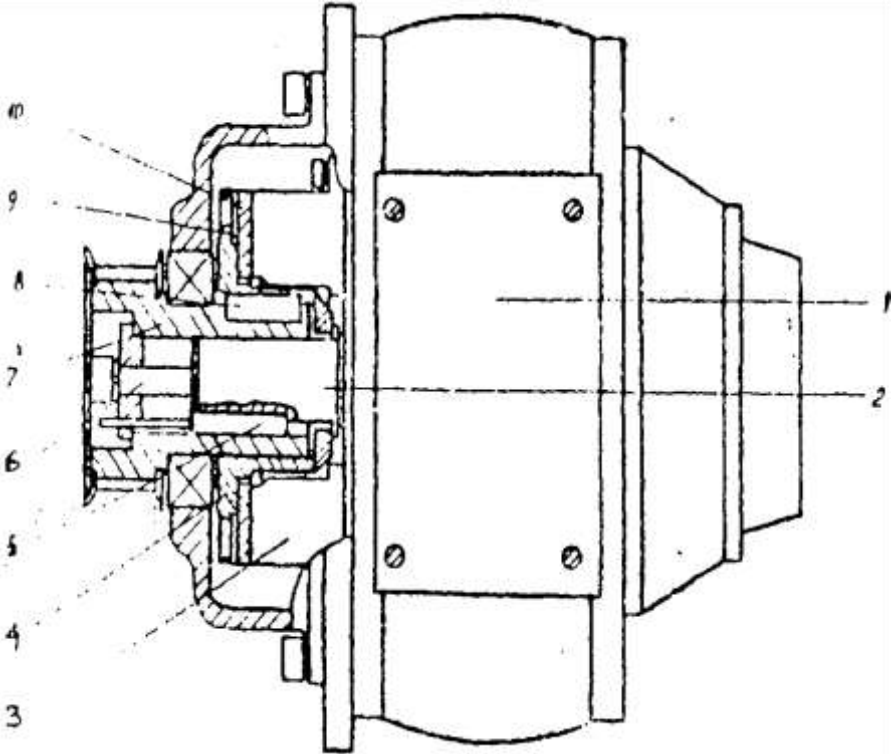


Рисунок 1.8 – Привод ступенів рухливості *A4*, *A5* і *A6*

Привод складається з дискового двигуна 1, магнітного гальма і шківів ремінної передачі 7. Шків 7 пов'язаний із валом двигуна 2 через шпонку 5 і гвинт 6. Обертаючий момент від шківів 7 до чопа 4 магнітного гальма передається через шпонку 8. Фрикційний момент від дискового якоря двигуна 10 передається на чоп 4. У знеструмленому стані двигуна магніт 3 притягає якір до пружини 9. Для розгальмовування в магніт гальма 3 подається струм, що ліквідує магнітне поле, пружина 9 притягує якір 10 до чопа 4. При цьому між постійним магнітом, постаченим тормозною накладкою, і якорем виникає зазор 0,3 мм, що забезпечує вільне обертання якоря двигуна.

Кисть (рис. 1.9) – це остання ланка в передачі моменту, що крутить, до осей рухливості  $A5$  і  $A6$ . До вихідного фланця кисті 4 кріпиться робочий інструмент (наприклад, зварювальні кліщі) за допомогою шести болтів М8. У корпусі кисті 1 встановлена пара конічних шестерень 8 для ступеня рухливості  $A5$  і дві пари конічних шестерень 5 для ступеня рухливості  $A6$ . Для зниження кількості обертів від приводів, розташованих на руці, через швидкохідний внутрішній 7 і зовнішній вал 6 служать хвильові редуктори 2 і 9 відповідно для осей  $A6$  і  $A5$ . Кожна з осей має діапазон обертання  $360^\circ$ , що обмежується кінцевими вимикачами. Всі вали механізмів встановлені на конічних регульованих роликових підшипниках без зазору.

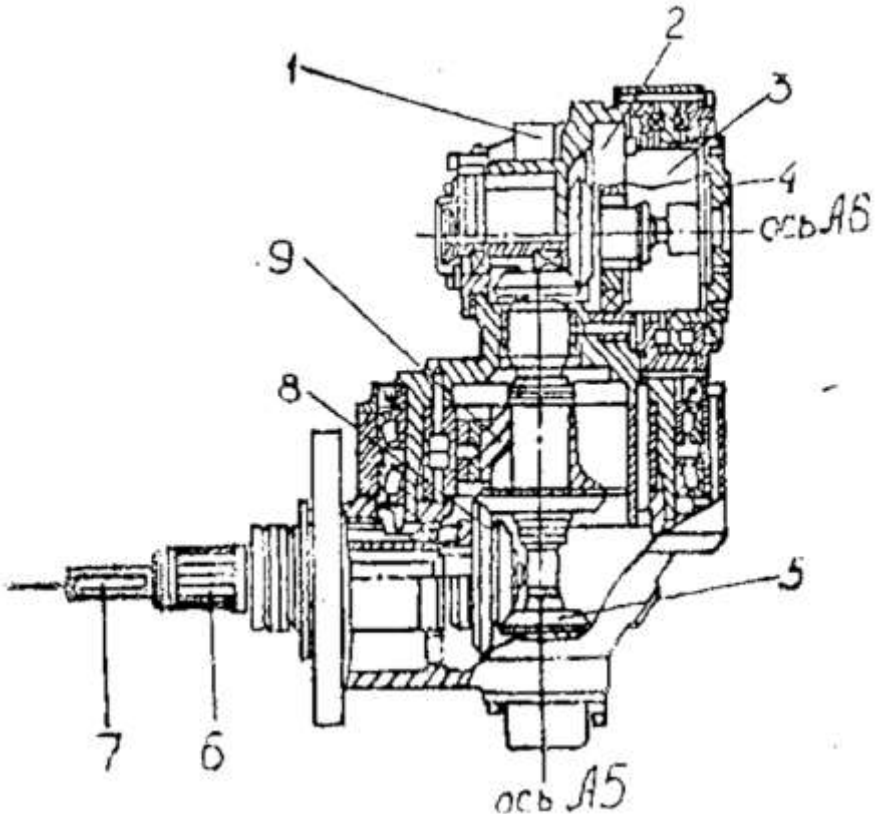


Рисунок 1.9 – Кисть у зборі

Для контролю розміру переміщень по всім ступеням рухливості використовуються резольвери. Резольвер переносних ступенів рухливості *A1*, *A2* і *A3* є багатообертовим, а у ступенів *A4*, *A5* і *A6* кут повороту відповідає куту повороту ступеня рухливості кисті.

Для ступенів рухливості *A4*, *A5* і *A6* кисті посадкові вузли резольверів однакові по конструкції (рис. 1.10).

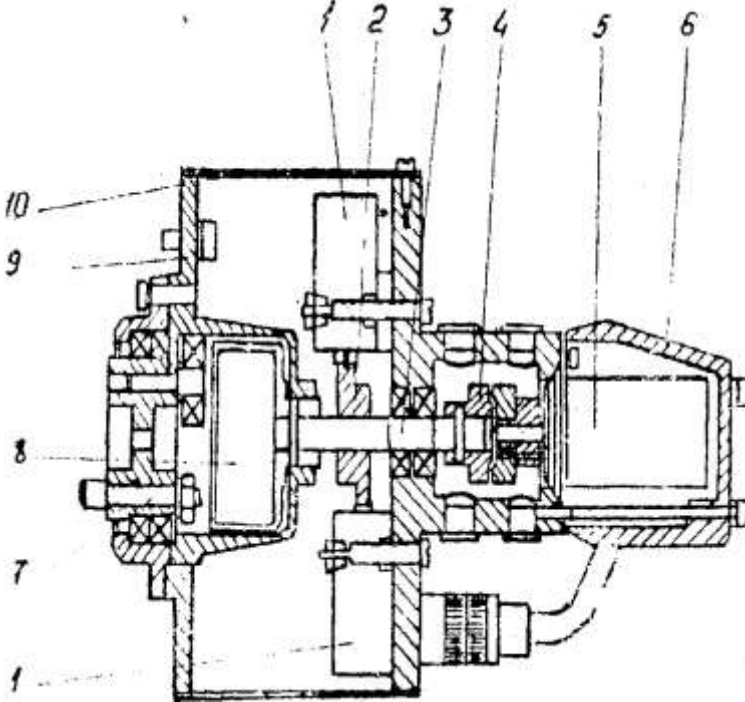


Рисунок 1.10 – Посадочний вузол резольвера

Резольвер 5 приводиться в обертання через муфту 4, вал 3, хвильовий редуктор 8 і фланець із болтами 7 від приводу відповідного ступеня рухливості. Всі деталі встановлюються на корпусі 6. Від приводу ступеня рухливості обертання передається в хвильовий редуктор із передатним відношенням 1:80. Від кулачка 2 спрацьовують кінцеві вимикачі 1, що припускають максимальне обертання на 360°. Налагоджування кінцевих вимикачів робиться через отвір, що закривається знімним кожухом 10. Резольвер є перетворювачем механічних переміщень, в електричні сигнали. Номінальна напруга 12 В, точність виміру переміщень  $\pm 3$  кутові

хвилини. Один оберт вала резольвера відповідає 4000 дискретних збільшень у керуванні, тобто  $360^\circ / 4000 = 0,09^\circ$  на одне збільшення (імпульс). За допомогою лічильника імпульсів у керуванні можна встановити дійсне і задане значення переміщень. Прямування по відповідному ступеню рухливості відбувається доти, поки дійсне значення імпульсів (збільшень) не буде відповідати заданому програмою.

Вмонтовані в механізми маніпулятора робота хвильові редуктори різняться по розмірам і виконанню, але працюють за одним принципом.

Редуктори в приводах ступенів рухливості 1, 4 і 6 (рис 1.11 а) складаються з генератора хвиль 3, гнучкого 2 і жорсткого колеса 1.

Генератор хвиль електричної форми із шарикопідшипником 4 надає гнучкому колесу 2 із зовнішніми зуб'ями форму еліпса. Його зуб'я входять у зачеплення з внутрішніми зуб'ями жорсткого колеса 1, 5. Зона зачеплення зуб'їв складає біля 15 % по довжині кола. Модуль зуб'їв однаковий, проте кількість зуб'їв відрізняється на 2, тому діаметр діляльного кола гнучкого колеса менше. Завдяки цьому при обертанні генератора хвиль виникає рух гнучкого колеса щодо жорсткого з передатним відношенням, яке обчислюємо по формулі:

$$i = (z_{\Gamma} - z_{\text{ж}}) / z_{\Gamma},$$

де  $z_{\Gamma}$  – кількість зуб'їв гнучкого колеса;

$z_{\text{ж}}$  – те ж, жорсткого (нерухомого) колеса.

Тому що число зуб'їв нерухомого колеса більше ніж гнучкого, то генератор хвиль і гнучке колесо обертаються в протилежних напрямках. Гнучке колесо з'єднано з робочим елементом (валом) відповідної вісі.

Редуктор ступеня рухливості А5 (рис. 1.11 б) виконаний як диференціальна передача, тут є четвертий елемент – рухливе колесо, що призводить у рух робочий елемент (вал) приводу.

Хвильові редуктори мають такі передатні відношення: ступінь рухливості А1 – 1:120; А4 – 1:78; А5–1:80; А6–1:80.

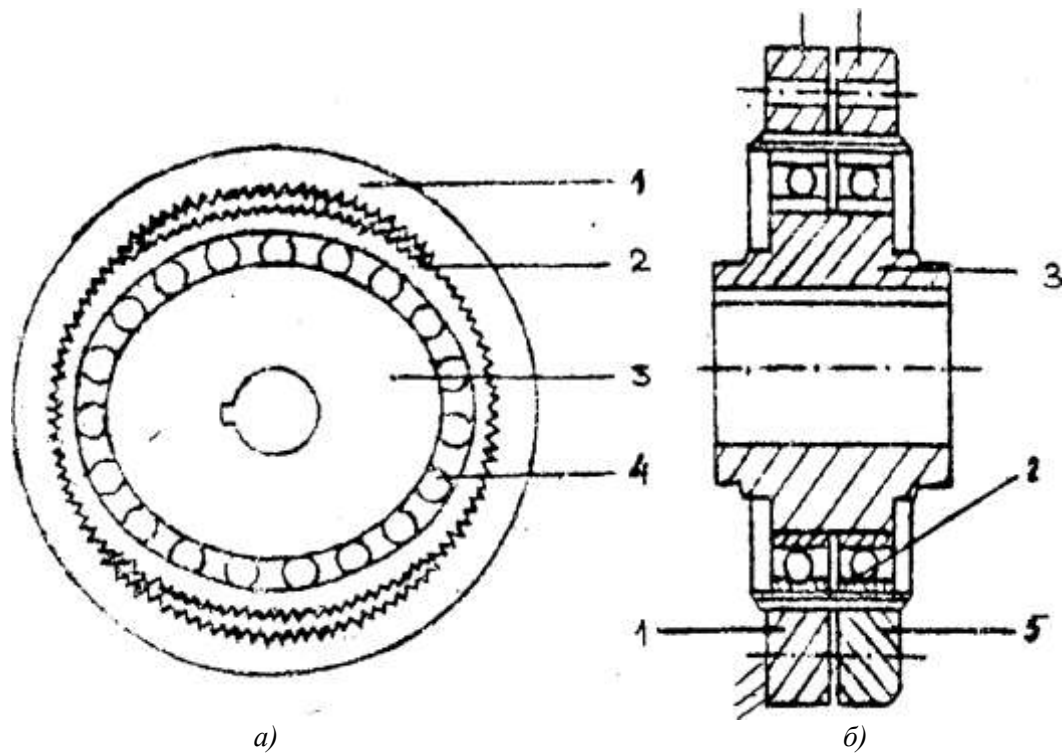


Рисунок 1.11 – Хвильовий редуктор

### **1.3 Контрольні запитання для самоперевірки і контролю підготовленості студентів до роботи**

1. Сформулюйте призначення промислового робота ПР-601/60.
2. Назвіть технічні дані маніпулятора робота.
3. Поясніть призначення й особливості устрою руки маніпулятора?
4. Опишіть кисть маніпулятора й устрій приводів вісів *A5* і *A6*.
5. Скажіть, які характеристики робочого простору робота Ви знаєте?
6. Сформулюйте призначення і принцип дії резольвера.
7. Назвіть устрій і принцип дії хвильового редуктора.

### **1.4 Порядок проведення лабораторної роботи**

1. Вивчити призначення, технічні характеристики, конструкцію механічної частини маніпулятора, технічні дані основних вузлів.
2. Вивчити особливості переміщення по всім вісям рухливості (*A1–A6*) і устрій приводу.
3. Проаналізувати особливості здійсненню переміщень по орієнтуючим вісям рухливості (*A4–A6*).
4. Нарисувати ескізи основних вузлів маніпулятора: руки, кисті, резольвера, хвильового редуктора.
5. Звіт по роботі.

### **1.5 Зміст звіту**

1. Тема та мета роботи.
2. Призначення і технічна характеристика маніпулятора.
3. Конструкція основних вузлів маніпулятора (із додатком ескізів).
4. Висновки по роботі.

## **ЛАБОРАТОРНОЇ РОБОТИ № 2**

### **ВИВЧЕННЯ СИСТЕМИ ЕНЕРГОЖИВЛЕННЯ І КЕРУВАННЯ РОБОТОМ ТИПУ ПР-601/60**

#### **2.1 Мета роботи**

Загальне ознайомлення майбутніх інженерів зварювальників із принципами керування роботом і застосовуваним при цьому устаткуванні.

#### **2.2 Загальні відомості**

Програмування, настроювання й обслуговування складної системи здійснюється тільки спеціалістами програмістами і електронщиками.

У систему енергоживлення і керування роботом входять:

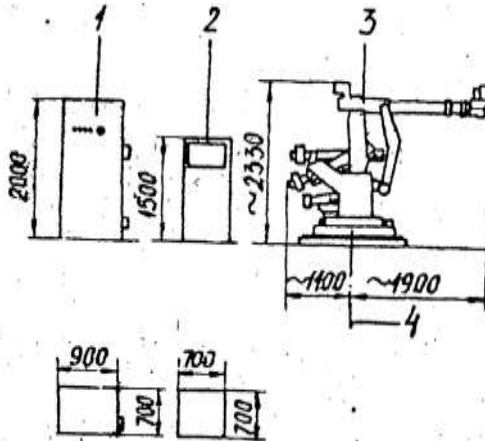
- силова шафа;
- устрій керування;
- переносний пульт програмування;
- переносний пульт ручного керування вісями;
- панель обслуговування;
- накопичувач на магнітній стрічці;
- єднальні кабелі.

##### **2.2.1 Призначення і технічна характеристика системи енергоживлення і керування роботом**

Енергосилова частина й устрій керування робота ПР-601/60 розміщуються в двох окремо встановлюваних шафах – шафа силова (електрошафа) 1 і шафа керування 2 (рис. 2.1). Робот, силова шафа та шафа керування пов'язані між собою кабелями, по яких передається

електроенергія, електричні імпульси контрольованих і керованих параметрів.

Силова шафа забезпечує живлення приводів робота, регулювання швидкості обертання двигунів і захист їх від перевантажень. Вона приймає сигнали від устрою керування роботом, і від блока узгодження (периферійне устаткування і централізоване керування).



1 – шафа силова; 2 – шафа управління; 3 – маніпулятор робота;  
4 – ось повороту (ось  $A1$ )

Рисунок 2.1 – Габаритні розміри робота ПР 601/60

У шафі встановлений силовий трансформатор для живлення приводів основних вісів ( $A1-A3$ ) і приводів кисті ( $A4-A6$ ), а також 24 В – блок живлення реле, контакторів і гальм вісів  $A1-A6$ . Для живлення приводів використовуються два тиристорних блоки, що містять по три імпульсних пости перетворювача. Обмеження пульсації струму здійснюється за допомогою комутуючих дроселів, приводи додатково захищені розцеплювачами максимального струму.

Через головний вимикач, що має захист від випадкового вмикання, у шафу вводиться 3х-фазний струм напругою 380 В, 50 Гц, споживана потужність 24 кВА.

Система керування складається з пристрою керування, переносного пульта програмування, переносного пульта ручного керування і накопичувача на магнітній стрічці.

Пристрій керування містить в собі електроніку керування роботом, що характеризується надійністю, забезпечує високу точність

позиціювання, простоту обслуговування.

До шафи керування від силової шафи підводиться однофазний струм напругою 220 В, 50 Гц, споживана потужність 1 кВА.

У блоці керування використаний центральний процесор на базі мікропроцесора Intel 3000, структура слів 16 біт, 8 рівнів пріоритету, 123 команди в мікропрограмі, обсяг адресації 64 Кбайт. Головний запам'ятовуючий устрій (ГЗУ) із довільним вибором 1 К слів із буферизацією (2 К слів без буферизації) для змінних даних, REPR0M 21 К слів для структурної програми. Програмний запам'ятовуючий устрій, із довільним вибором 16 біт, із буферизацією, ємністю 8 К слів із можливістю розширення до 20 К слів.

Керування позиційне (від точки до точки), 16 головних програми, 32 підпрограми, біля 1000 кроків програми.

### **2.2.2 Схема керування роботом і основні пристрої для керування**

Функціональна схема керування роботом приведена на рисунку 2.2. Тут можна виділити декілька зон: введення-виведення, пам'яті і регулювання.

У зоні введення-виведення через панель пристрою керування роботом (ПКР), переносний пульт програмування (ППП), централізоване керування, через касетний блок магнітної стрічки вводяться в зону пам'яті готові програми, параметри й інша інформація, що після опрацювання надходить в пристрої зони регулювання, сигнали яких управляють діями виконавчих і регулюючих блоків (тут *R* – резольвер, *G* – тахогенератор, *M* – мотор приводу вісів робота).

Схема взаємозв'язку між роботом і блоками керування приведена на рисунку 2.3. Тут ППРК – переносний пульт ручного керування, ППП – переносний пульт програмування, ПКР – пристрій керування роботом.

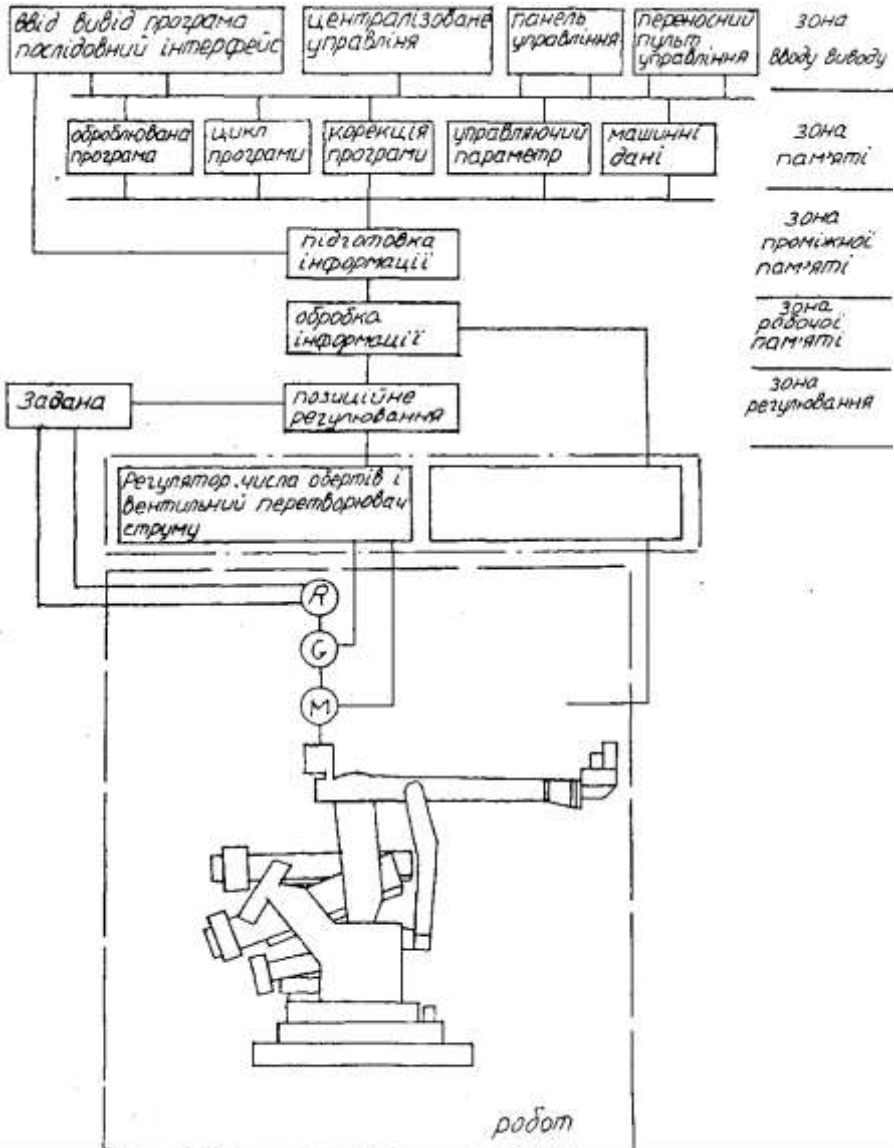


Рисунок 2.2 – Схема керування роботом

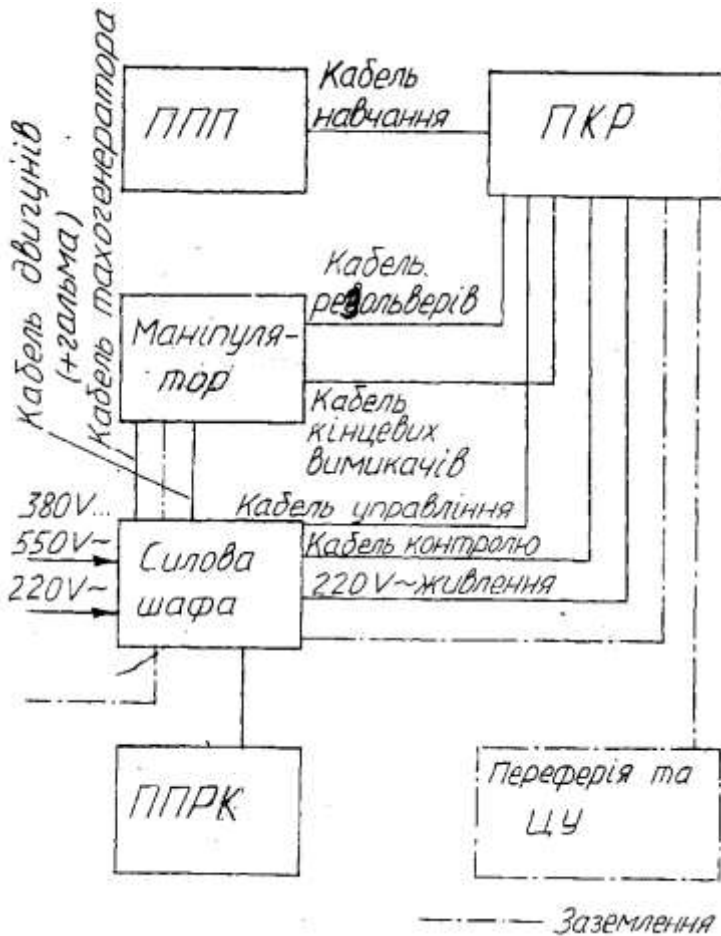
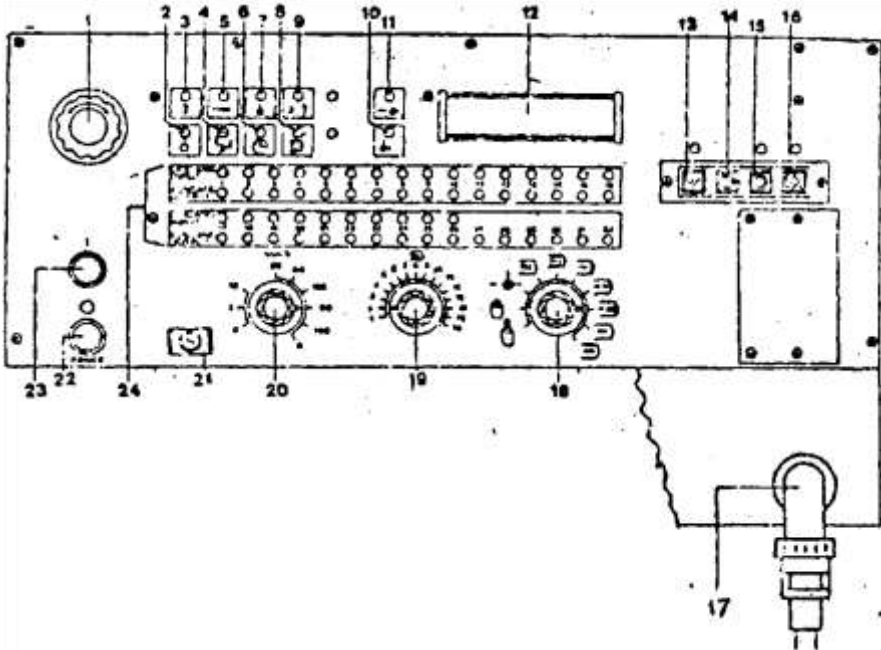


Рисунок 2.3 – Схема взаємодії між блоками управління роботом

Основні елементи керування розташовані на панелі ПКР (рис. 2.4).



1 – кнопка «Аварійне вимикання»; 2 – кнопка «Підхід до позиції»; 3 – кнопка «Аварійний сигнал»; 4 – кнопка «Позиція не досягнута»; 5 – кнопка (кінцевий вимикач надавлено); 6 – кнопка (час проходження); 7 – кнопка (перевищення температури); 8 – кнопка «активувати запрограмований останов»; 9 – кнопка (опитування входу); 10 – кнопка (робот знаходиться у початковій точці); 11 – кнопка (керування не синхронізоване); 12 – дисплей (№ програми і № кроку); 13 – кнопка з індикатором (кнопка квітровання); 14 – кнопка фіксує (включити запрограмований останов); 15 – кнопка з індикатором (пуск); 15 – кнопка з індикатором (стоп); 17 – роз'ємна колодка – (підключення до ППП); 18 – поворотний селекторний перемикач режимів; 19 – поворотний селекторний перемикач програм; 20 – те ж поворотний селекторний перемикач швидкостей; 21 – ключовий перемикач (блокування вводу); 22 – кнопка (пристрій керування відключити); 23 – кнопка (пристрій керування ввімкнути); 24 – індикатори (входи і виходи)

Рисунок 2.4 – Панель управління роботом

Основні елементи керування, розташовані на панелі ППП (рис. 2.5):

- 1 – дисплей 1 – фактичні призначення (повідомлення про збої, дату, введення з клавіатури);
- 2 – дисплей 2 – номер програми;
- 3 – дисплей 3 – номер кадру (кроку);

- 4 – кнопка – «Аварійне вимикання»;
- 5 – кнопка перемикач дисплея;
- 6 – індикатор – коригування програми;
- 7 – індикатор кінцевий вимикач надавлено;
- 8 – індикатор ланцюга оберненого сигналу;
- 9 – індикатор – обернене програмування;
- 10 – кнопки десятикової клавіатури;
- 11 – кнопка з індикатором – селектор функціональних груп;
- 12 – кнопка з індикатором – переключення номера кроку;
- 13 – кнопка стирання;
- 14 – кнопка з індикатором – адитивне введення;
- 15 – кнопка з індикатором – введення керуючих кадрів;
- 16 – кнопка з індикатором – введення кроків переміщення;
- 17 – кнопка – стерти запровадження кадрів;
- 18 – кнопка – стерти запровадження чисел;
- 19 – кнопки керування переміщення вісів;
- 20 – кнопка з індикатором – «стоп»;
- 21 – ключовий перемикач – блокування вводу;
- 22 – кнопка з індикатором – «пуск»;
- 23 – поворотний перемикач – селектор для режимів;
- 24 – поворотний перемикач – коригування подачі;
- 25 – кнопка з індикатором – об'єднання вісів (для контурного керування);
- 26 – кнопки – руху захоплення;
- 27 – кнопка – режими налагодження;
- 28 – імітування вхідних сигналів;
- 29 – кнопка – дисплей (індикація);
- 30 – кнопка коригування;
- 31 – кнопки – керуючі функції;
- 32 – індикатор розмір ланцюга (для контурного керування);
- 33 – індикатор кругова інтерполяція контуру;
- 34 – індикатор перехід на інший цикл;
- 35 – індикатор запиту номера кадру (дисплей 2);
- 36 – індикатор – запрограмований останів.

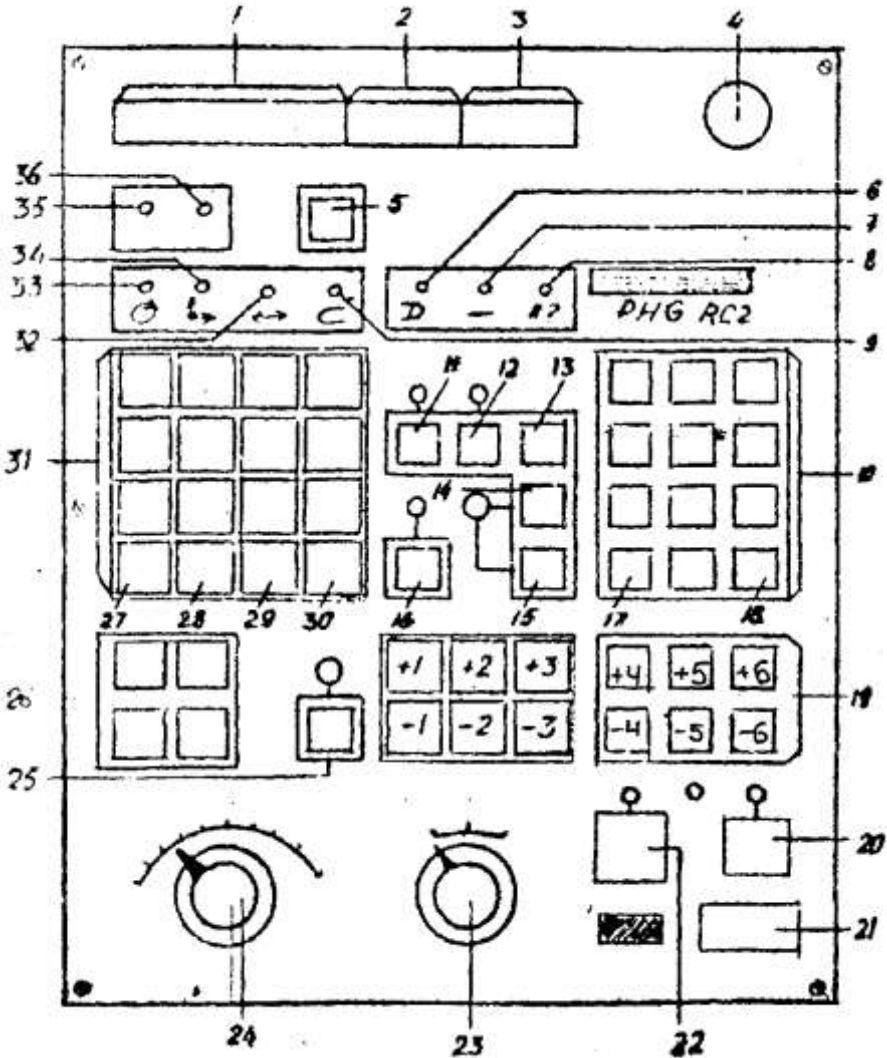
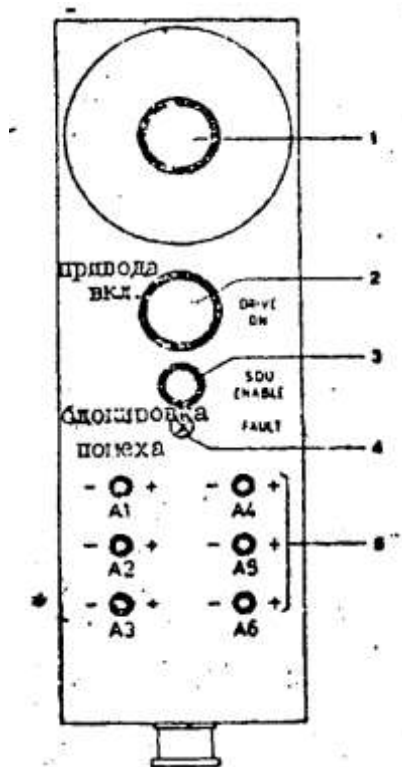


Рисунок 2.5 – Панель переносного пульта програмування

При виході з ладу (відмові) пристрою керування роботом вісі робота можуть переміщатися за допомогою переносного пульта ручного керування (рис. 2.6).



1 – «Аварійне відключення»; 2 – «Приводи ввімкнені»; 3 – «Деблокування»;  
4 – «Лампочка помилок»; 5 – шість кнопок переміщення вісів *A1–A6* у позитивному і негативному напрямках.

Рисунок 2.6 – Переносний пульт ручного керування

При роботі з ППРК кінцеві вимикачі не працюють. ППРК підключається роз'ємом до панелі силової шафи.

### 2.3 Контрольні запитання для самоперевірки і контролю підготовленості студентів до роботи

1. Поясніть принцип дії системи керування роботом.
2. Скажіть, що представляє собою силова шафа і назвіть алгоритм її підключення.
3. Сформулюйте призначення ППП.

4. Поясніть методику керування вісями за допомогою ППРК.

5. Скажіть, яке математичне забезпечення і програмування використовується для керування роботом?

## 2.4 Порядок проведення лабораторної роботи

1. На діючим РТК вивчити призначення основних органів керування роботом. Зарисувати схему підключення робота і ПКР.

2. Вивчити принцип роботи з переносним пультом ручного керування. Під керівництвом викладача зробити вручну переміщення зварювальних кліщів по всім вісям (A1–A6).

3. Вивчити призначення переносного пульта програмування, призначення елементів керування на ППП (рис. 2.4).

4. Вивчити склад математичного забезпечення і методику запровадження висновку інформації через блок касетного накопичувача на магнітній стрічці.

5. Вивчити послідовність ввімкнення робота і системи керування, ознаки готовості до роботи, пуск у роботу.

6. Методика навчання робота за допомогою переносного пульта програмування.

## 2.5 Зміст звіту

1. Тема та мета роботи.

2. Загальна характеристика системи енергопостачання і керування роботом.

3. Функціональна схема керування роботом.

4. Устрій керування роботом (УКР).

5. Переносний пульт ручного керування роботом (ППРК).

6. Переносний пульт програмування (ППП) і його призначення.

7. Програмування і запровадження-висновок інформації, касетний накопичувач на магнітній стрічці.

8. Висновки по роботі.

## ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 3

### ВИВЧЕННЯ ПРИСТРОЮ ТА ПРИНЦИПУ ДІЇ ПРОМИСЛОВОГО РОБОТУ МП-9С

#### 3.1 Мета роботи

Вивчення принципу дії, конструктивні особливості та способи налагодження промислового робота МП-9С.

#### 3.2 Загальні відомості

Промисловий робот МП-9С призначено для обслуговування різноманітного технологічного обладнання, для виконання операцій навантажування-розвантажування та встановлення деталей, а також для автоматизації інших технологічних процесів.

До складу робота входять: пневматичний маніпулятор, керуючий пристрій ЗЦПУ-6030, вузол підготовки повітря та єднальні кабелі.

Технічні характеристики робота:

|                                                 |              |
|-------------------------------------------------|--------------|
| Вантажність, кг                                 | 0,2          |
| Хід руки, мм                                    | 150          |
| Підйом руки, мм                                 | 30           |
| Поворот руки, град                              | 120          |
| Час максимального переміщення, с                |              |
| - висування та підйому                          | 0,5          |
| - поворот                                       | 0,8          |
| Найбільша абсолютна помилка позиціювання, мм    | 0,1          |
| Тип привода                                     | пневматичний |
| Робочий тиск повітря, МПа                       | 0,4-0,5      |
| Тип системи управління                          | цикловий     |
| Кількість кроків в програмі, шт.                | 30           |
| Кількість технологічних команд, шт.             | 6            |
| Кількість точок позиціювання по кожному ступеню |              |

|                                          |             |
|------------------------------------------|-------------|
| рухомості, шт.                           | 2           |
| Маса маніпулятора, кг                    | 32          |
| Маса керуючого пристрою, кг              | 26          |
| Габаритні розміри, мм:                   |             |
| - маніпулятора                           | 570×232×305 |
| - керуючого пристрою                     | 480×435×220 |
| До складу робота входять наступні вузли: |             |
| - маніпулятор;                           |             |
| - керуючий пристрій ЗЦПУ-6030;           |             |
| - кабель з'єднуючий;                     |             |
| - вузол підготовки повітря.              |             |

### 3.2.1 Загальний опис будови та роботи складових частин робота

На маніпулятор подається напруга постійного струму 24 В від ЗЦПУ-6030, який підключається до мережі змінного струму напругою 220 В. Стиснуте повітря подається до електропневматичних клапанів маніпулятора від цехової пневмомагістралі через вузол підготовки повітря, який забезпечує регулювання необхідного тиску, подачу повітря і змащування в пневмоциліндрі.

В маніпуляторі електропневматичний клапан встановлений на кожен рух, а також є один запасний для заміни клапану, який вийшов зі строю або для забезпечення можливості виконання якоїсь додаткової команди. Кожний клапан постачається дроселем, який встановлюють на виході. Регулювання дроселем дозволяє проводити змінення швидкості.

Робота маніпулятора здійснюється по кінцевим упорам, які регулюються.

Послідовність і кількість руху, відповідно з прийнятою технологічною схемою, встановлюється набором програми на пульті ЗЦПУ-6030. Сигнал про виконання кожного руху видають КЕМи при підході до виконання кожного руху (команди) здійснюється видача команди на виконання наступного руху.

При відсутності сигналу відповіді від КЕМа про виконання руху, відповідно програми, маніпулятор зупиняється і до отримання сигналу відповіді наступних рухів не відбувається. Амортизація

висування та повороту руки маніпулятора здійснюється дроселюванням подачі та відводу повітря.

### **3.2.2 Маніпулятор**

Конструкція маніпулятора представлена на рисунках 3.1 і 3.2. Маніпулятор складається, з таких основних вузлів:

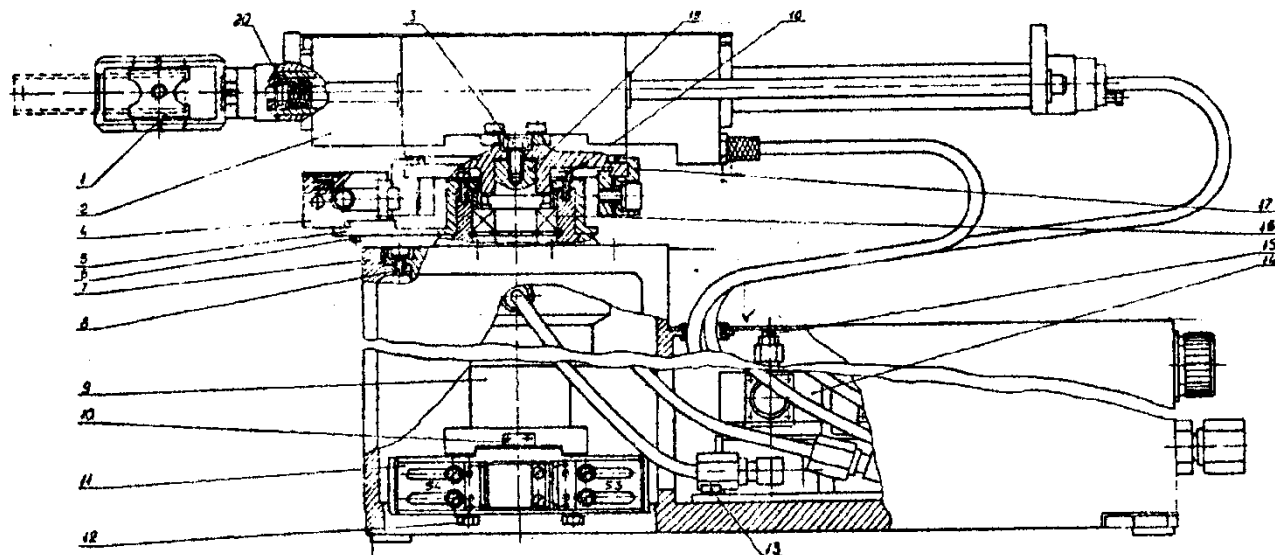
- корпус з вузлом розподілу повітря;
- механізм підйому;
- механізм повороту;
- муфта з упором;
- рука;
- амортизатор руки;
- амортизатор повороту;
- захват.

### **3.2.3 Корпус**

Корпус 7 (рис. 3.1) та 10 (рис. 3.2) маніпулятора є основою маніпулятора, в якому розташований вузол розподілу повітря – 14 (рис. 3.1) і 8 (рис. 3.2), який складається з 8 електропневматичних клапанів, які оснащені дроселями 15 (рис. 3.1), і проведене все електро- та пневморозведення. Для зручного обслуговування корпус має з'ємний кожух 5 (рис. 3.2) та дві бокові кришки 3 (рис. 3.2). На задній стінці корпусу розміщені штуцер 7 (рис. 3.2) для підводу повітря до вузла розподілу та два роз'єкти 8 і 3 (рис. 3.2) для підключення через кабелі електроживлення до ЗЦПУ-6030.

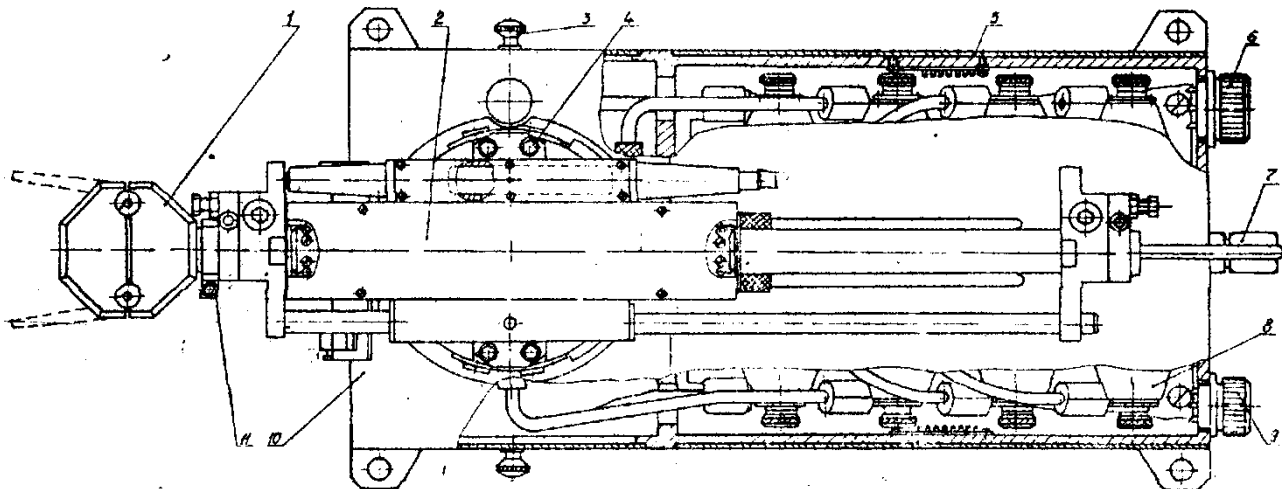
### **3.2.4 Механізм підйому**

Механізм підйому (рис. 3.3) призначений для забезпечення підйому (опускання) руки маніпулятора.



1 – захват; 2 – рука; 3, 12 – болт; 4 – амортизатор повороту; 5 – кронштейн; 6, 8, 13, 18 – гвинт; 7 – корпус; 9 – механізм підйому; 10 – планка; 11 – механізм повороту; 14 – вузол розподілення; 15 – дросель; 16 – підшипник; 17 – муфта с упорами; 19 – вал; 20 – з'єднання пряме кінцеве

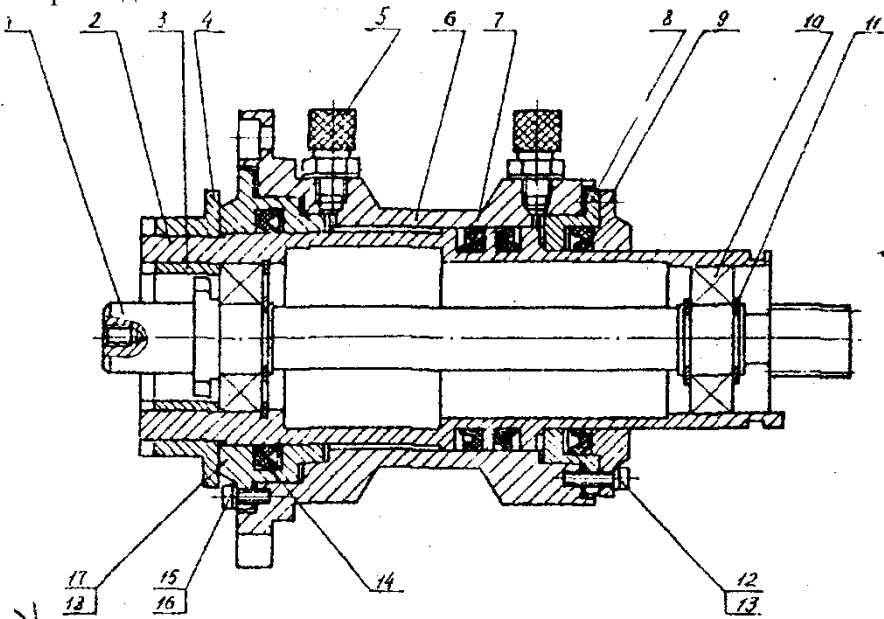
Рисунок 3.1 – Маніпулятор (вид збоку)



1 – захват; 2 – рука; 3 – кришка; 4 – болт; 5 – кожух; 6, 9 – штепсельний роз'єм; 7 – штуцер; 8 – вузол розподілення;  
10 – корпус; 11 – хомут

Рисунок 3.2 – Маніпулятор (вид зверху)

Механізм підйому складається з корпусу 6, штока 2 та кришок 8, 9 і 17. Порожнини пневмоциліндра герметизуються манжетами 7, 14 та прокладкою 18.



1 – вал; 2 – шток; 3 – втулка; 4 – кронштейн; 5 – з’єднання пряме кінцеве;  
6 – корпус; 7, 14 – манжета; 8, 9, 17 – кришка; 10 – підшипник; 11 – кільце пружинне;  
12, 15 – гвинт; 13, 16 – шайба пружинна; 18 – прокладка

Рисунок 3.3 – Механізм підйому

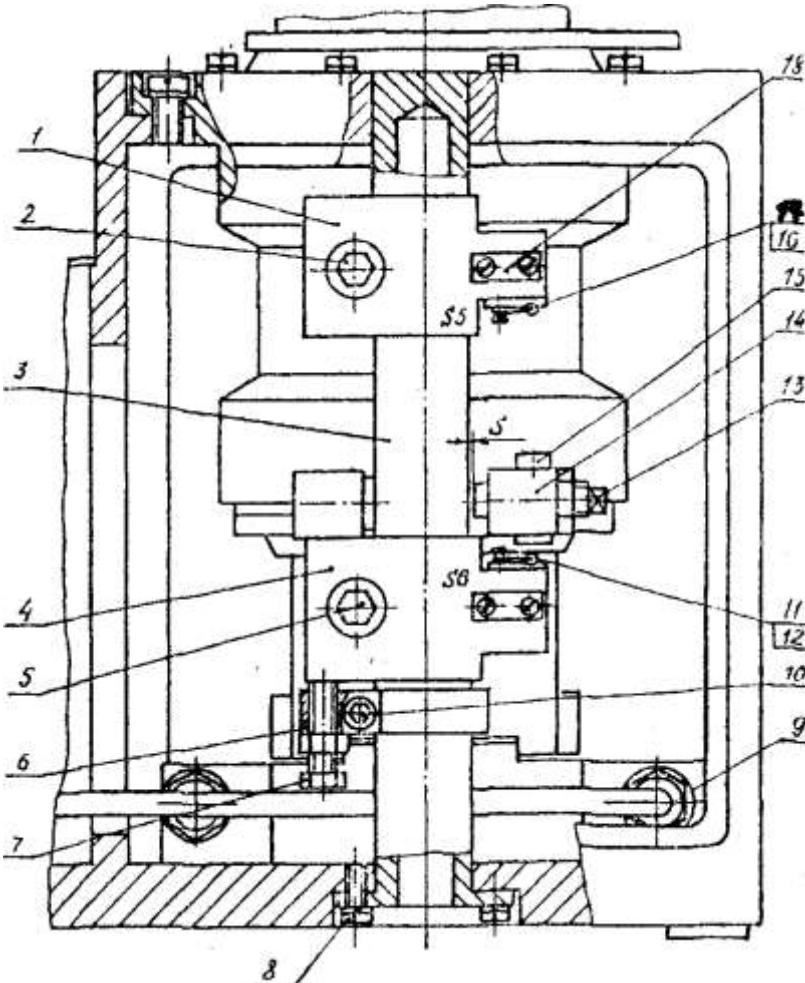
Для поліпшення динаміки роботи на підйом та опускання штокові порожнини виконані різних перерізів.

В середині штока на підшипниках 10 встановлений вал 1 механізму повороту. На нижній частині штока є проточка та виступ, котрі призначені для встановлення і фіксації механізму повороту. На верхньому кінці вала 1 знаходяться лиски та різьбовий отвір, призначені для встановлення та фіксації муфти з упорами. На верхній частині механізму підйому розміщений кронштейн, призначений для встановлення амортизатора повороту.

Застосовано два типи упорів механізму підйому (рис. 3.4): упори 1 і 4 основні; упор 6 допоміжний (регулюючий), призначений для полегшення налагодження нижнього основного упора, який знаходиться під час налагодження під дією ваги, руки.

На основних упорах встановлені КЕМи 12 та 17, а на кронштейні 14 – магніти 15.

Кронштейн 14 з'єднує механізм підйому з механізмом повороту і одночасно запобігає повороту останніх, взаємодіючи з направляючою 3.



- 1, 4 – упор; 2, 5, 8, 10, 13 – гвинт; 3 – напрямна; 6 – упор регулювальний;  
7 – мікрогвинт; 9 – з'єднання пряме кінцеве; 11, 16, 18 – плата;  
12, 17 – магнітокерований контакт; 14 – кронштейн; 15 – магніт

Рисунок 3.4 – Вид на упорі механізму підйому

Для забезпечення точності позиціювання необхідно гвинтом 13 встановити зазор не більш 0,05 мм.

Регулювання ходу механізму підйому проводиться таким чином:

- пересунути упори 4 і 8 на необхідну величину, спочатку ослабивши їх затяжку до направляючої 3, затягніть гвинт 10 упора 6;
- відрегулювати мікрогвинтом 7 точне положення упора 4 і затягнути його гвинтом 5;
- ослабити затяжку гвинта 2 упора 1;
- пересунути упор і на необхідну величину та затягнути гвинт 2.

При цьому слід урахувати, що максимальний хід мікрогвинта 7 становить 2 мм з контрогайкою та 6 мм без неї, а необхідні при регулюванні вертикальні переміщення руки здійснюються вручну або від ЗЦПУ-6030 під тиском повітря 0,1 МПа – 0,15 МПа.

Після регулювання ходу механізму підйому відбувається настроювання КЕМов, для чого:

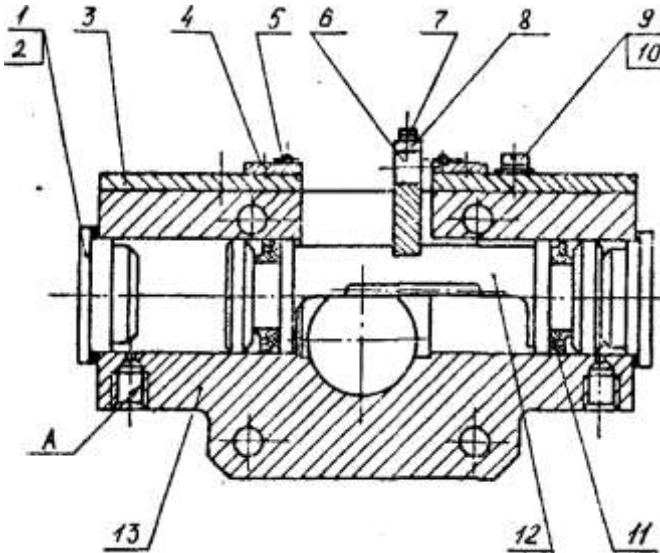
- пересуньте кронштейн 14 з магнітами 15 до упора 1;
- встановіть переміщенням положення плати 16 й КЕМа 17, при якому він надійно спрацьовує;
- закріпіть плату 16 гвинтами та КЕМ 17 клеєм.

Аналогічно проведіть установку плати 11 та КЕМа 12.

### 3.2.5 Механізм повороту

Механізм повороту (рис. 3.5) призначений для забезпечення повороту руки маніпулятора.

Механізм повороту складається з корпусу 13, в якому переміщується шток-рейка 12, ущільнювання манжетами 11, фланців 1 з прокладками 2, які зачиняють поршневі порожнини. На рейці 12 встановлена планка 8 з магнітом 6, а на корпусі 13 – планки 3 та плати 4 з КЕМом 5. При встановленні механізму повороту на механізмі підйому зуб'я рейки 12 входять у зачеплення з валом, встановленим у штоці механізму підйому, а при подаванні повітря в пневмоциліндр крізь отвір А поступовий рух рейки перетворюється у обертальний рух. Коли рейки рухаються, магніт 8 підходить до КЕМа і відбувається спрацьовування останнього.



1 – фланець; 2 – прокладка; 3 – планка; 4 – плата; 5 – магнітокерований контакт (КЕМ); 6 – магніт; 7, 9 – гвинт; 8 – планка; 10 – шайба пружинна; 11 – манжета; 12 – рейка; 13 – корпус

Рисунок 3.5 – Механізм повороту

### 3.2.6 Муфта з упорами

Муфта з упорами (рис. 3.6) призначена для з'єднання руки з валом механізму повороту і для забезпечення регулювання кутів повороту руки. Муфта з упорами складається з муфти 1, упорів 2 й регулюючих упорів 3. При здійсненні повороту, упор 2 насувається на виступ амортизатора і дожимає останній до упора.

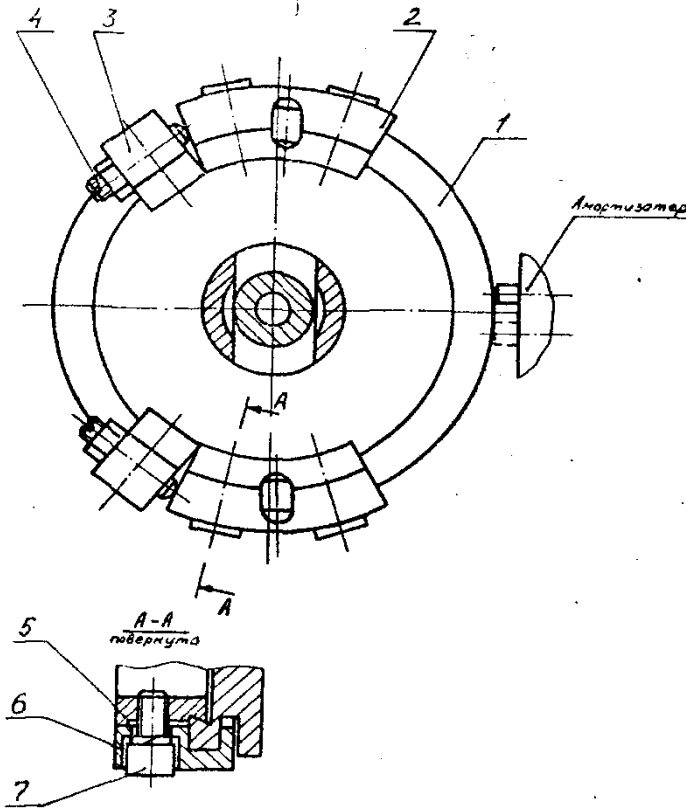
Регулювання механізму повороту зводиться до встановлення упорами 2 і 3 необхідного кута повороту руки в горизонтальній площині з наступним настроюванням КЕМов.

Для регулювання:

- ослабити затягнення гвинтів 7 до вільного переміщення упорів 2 і 3;
- повертати руку в необхідне положення і зафіксувати її;
- пересуньте упори 2 і 3 до виступу амортизатора, вибрав його

хід;

- затягніть гвинт 7 упора 3 і за допомогою мікрогвинта 4 установіть потрібну точність положення упора 2;
- затягніть гвинти 7 упора 2 після неодноразової перевірки відрегульованого положення.



1 – муфта; 2 – упор; 3 – упор регулюючий; 4 – мікрогвинт; 5, 6 – сектор; 7 – гвинт

Рисунок 3.6 – Муфта з упорами

Аналогічно виконується установка іншої пари упорів 2 і 3. Настроювання КЕМом виконується в наступному порядку:

- поверніть руку до упору у виступ амортизатора;
- встановіть переміщенням планки 3 (рис. 3.5) 1 КЕМа 5 положення, при якому він надійно спрацьовує;
- закріпити (зафіксувати) планку 3 гвинтами 9 і КЕМ 5

клеєм Д9.

Аналогічно проведіть установку спрацьовування іншого КЕМа.

Для запобігання поломки КЕМів необхідно перед кожною наступною установкою кута повороту зробити настройку спрацьовування КЕМів.

### 3.2.7 Рука

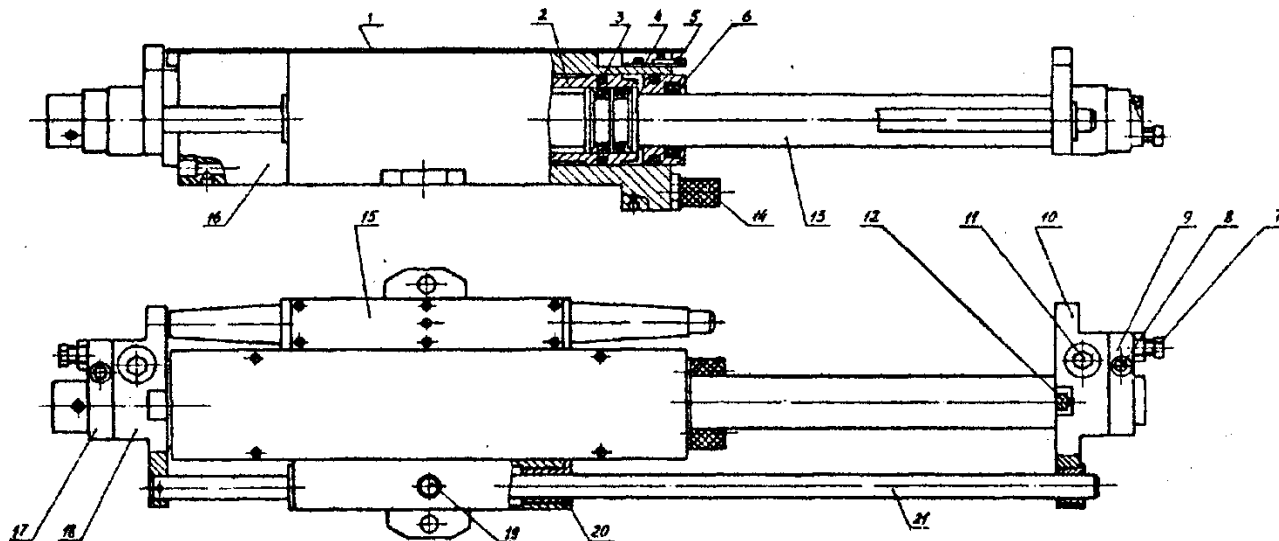
Рука (рис. 3.7) призначена для забезпечення висування, захвату в робочій зоні і складається з корпусу 16, штока 13, напрямної 21, основних упорів 10 і 18, регулюючих упорів 9 і 17, амортизатора 15. У корпусі 16 встановлена ущільнена кільцями 3 гільза 2, в якій ходить шток-поршень 13, ущільнений манжетами 6. Повітря підводиться до штуцерів 14 і крізь канали виконані всередині корпусу, надходить в штокові порожнини.

Напрявні 21 служать обмежувачем штока, і як слідство, і захвату, від повороту. Періодичне змазування напрямних втулок 20 виконується крізь прес-маслянку 19.

Під кришкою 1 розташовані КЕМи 5 та дроти, які надходять до них, а на основних упорах 10 і 13 встановлені магніти 12. Якщо подається повітря, відбувається переміщення штока-поршня 13 разом з напрямними 21 і упорами 9. Тоді упор 10 знаходить на амортизатор, вдавлює шток амортизатора 15 до упора. Одночасно магніт 12 підходить до КЕМа 5, який спрацьовує, видає сигнал про виконання команди. Регулювання руки зводиться до установки упорів 9, 10, 17 і 18 необхідної величини висування штоку, для чого:

- послабте затягнені гвинти 8 та 11 до вільного переміщення упорів 9 та 10;
- висуňte шток на потрібну величину;
- перемістіть упори 9 та 10 до упора, вибрав хід штока амортизатора;
- затягніть гвинт 8 упора 9 і мікрогвинтом 7 установіть потрібне точне положення упора 10;
- затягніть гвинт 11 упора 10 після неодноразової перевірки відрегульованого положення.

Аналогічно виконується установка іншої пари упорів 17 та 18.



- 1 – кришка; 2 – гільза; 3 – кільце гумове; 4 – скоба; 5 – магнітокерусмий контакт (КЗМ); 6 – манжета; 7 – мікрогвинт;  
 8, 11 – гвинт; 9, 17 – упор регулювальний; 10, 18 – упор; 12 – магніт; 13 – шток; 14 – з'єднання пряме кінцеве;  
 15 – амортизатор; 16 – корпус; 19 – маслянка; 20 – втулка; 21 – напрямна.

Рисунок 3.7 – Рука

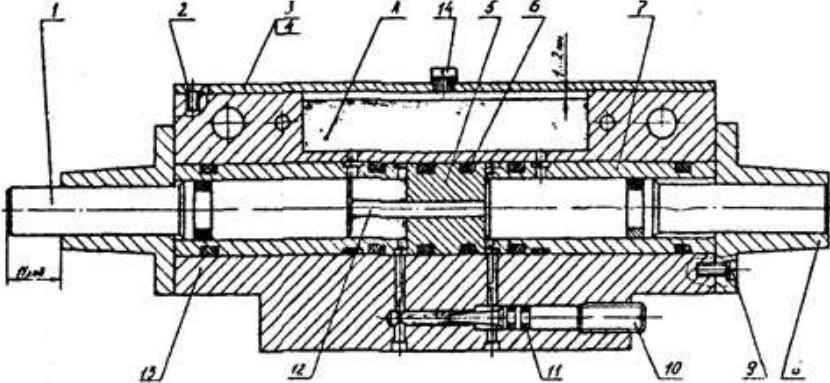
Для настроювання КЕМів:

- висуňte шток з упором 10, вибрав хід штока амортизатора 15, до упора установіть переміщенням скоби 4 і КЕМа 5 у положення, при якому він закріпить скобу 4 гвинтами.

Аналогічно виконайте установку спрацювання іншого КЕМа.

### 3.2.8 Амортизатор руки

Амортизатор руки (рис. 3.8) призначений для забезпечення плавного гальмування рухомих елементів руки при виході на упор. Амортизатор складається з корпусу 13, в якому встановлені два притертих додатково ущільнених гумовими кільцями штока 1, з регулювальної голки 10, притертого стержня 12, втулок 5 та 7, ущільнених кільцями 6 і фланців 8. Під кришкою 3 розташований заповнений мастилом підживлюючий резервуар А.



- 1 – шток; 2 – гвинт; 3 – кришка; 4 – прокладка; 5 – втулка; 6 – кільце гумове;  
7 – втулка; 8 – фланець; 9 – гвинт; 10 – голка; 11 – кільце гумове; 12 – стержень;  
13 – корпус; 14 – гвинт

Рисунок 3.8 – Амортизатор руки

При переміщенні штока 1 спочатку відбувається перекриття отвору, який з'єднує підживлюючий резервуар з штоковою порожниною, а потім відсічений об'єм мастила по каналу, задрасельованому голкою 10, передавлюється в протилежну штокову порожнину, яка утворюється при висуванні протилежного штока 1.

При повному вдавлюванні штока 1 відбувається перекачка мастила в протилежну порожнину, повне висування протилежного штока 1 і з'єднання, яке утворило штокову порожнину з підживлюючим резервуаром А. Наявність підживлюючого резервуара дозволяє компенсувати можливі витікання мастила і забезпечує надійну роботу амортизатора.

### 3.2.9 Амортизатор повороту

Амортизатор повороту (рис. 3.9) призначений для забезпечення плавного гальмування поворотних елементів механізму повороту і руки. Амортизатор повороту за виконанням, роботою та експлуатацією важелів аналогічний амортизатору руки (п. 3.2.8). Різниця тільки в тому, що штоки пов'язані між собою скобою 1, яка має виступ, котрий при повороті руки взаємодіє з упорами.

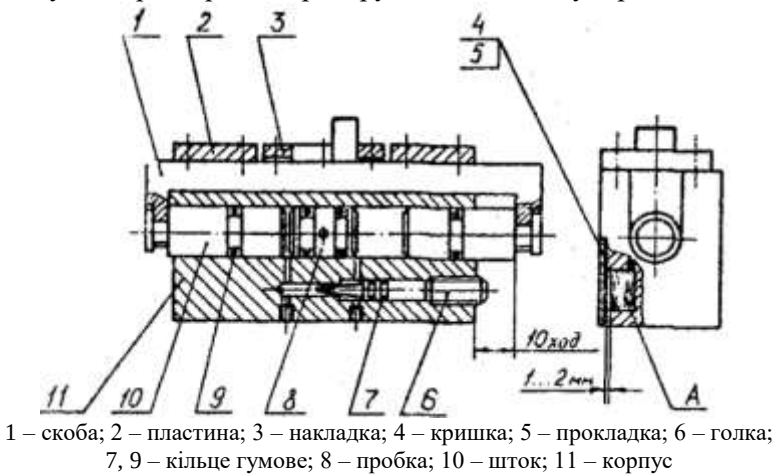


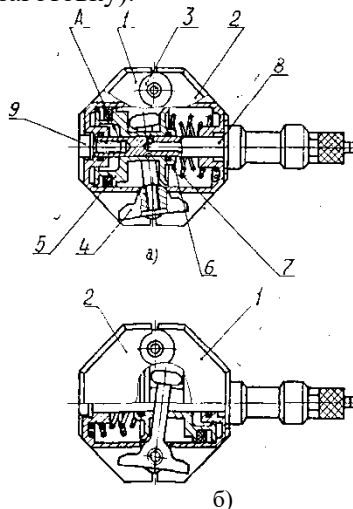
Рисунок 3.9 – Амортизатор повороту

### 3.2.10 Захват

Маніпулятор комплектується одним універсальним захватом (рис. 3.10), який призначений для затискання і утримання деталей

(заготовки) з внутрішньої або зовнішньої поверхні. Конструкція захвату дозволяє компонувати його в двох виконаннях – для затиску деталей по внутрішній (рис. 3.10 а) та зовнішній (рис. 3.10 б) поверхнях.

Захват складається з корпусів 1, 2, між якими затиснені шарикопідшипники 3, важелі 4, які взаємодіють з поршнем 5, пружинами 6, 7 і штоком 8. Утримання деталі (заготовки) в захваті відбувається за рахунок зусилля пружин 6, 7. Відпускання заготовок відбувається при подачі повітря крізь порожній шток 8; при цьому повітря поступає під поршень 5, який однобічно ущільнений відносно штока, і далі, по гвинтовій канавці останнього, в циліндр А. Поршень 5 пересовується, стискаючи пружини 6, 7 і повертає важелі 4, звільнюючи деталь (заготовку).



1, 2 – корпус; 3 – шарикопідшипник; 4 – важіль; 5 – поршень; 6, 7 – пружина;  
8 – шток; 9 – гвинт

Рисунок 3.10 – Захват

### 3.3 Контрольні запитання для самоперевірки і контролю підготовленості студентів до роботи

1. Розкажіть, яким чином відбувається настроювання переміщень руки робота?

2. Скажіть, як регулюється швидкість переміщення ланцюгів?
3. Назвіть характеристики способів демпфування переміщень ланцюгів.
4. Сформулюйте призначення магнітокеруючих контактів (КЕМів).
5. Скажіть, як регулюються вузли повороту руки?
6. Поясніть принцип роботи та переналадки захвату.

### **3.4 Порядок проведення лабораторної роботи**

1. Вивчити призначення, технічні характеристики конструкцію механічної частини маніпулятора, технічні дані основних вузлів.
2. Вивчити особливості переміщення по всім вісям рухливості (A1–A6) і устрій приводу.
3. Проаналізувати особливості здійсненню переміщень по орієнтуючим вісям рухливості (A4–A6).
4. Накреслити ескізи основних вузлів маніпулятора – руки, кисті, резольвера, хвилястого редуктора.
5. Звіт по роботі.

### **3.5 Зміст звіту**

1. Тема та мета роботи.
2. Методика проведення роботи
3. По вказівці викладача виконуються особисті креслення вузлів робота, та способи їх налагодження та програмування.
4. Вказуються результати вимірювань.
5. Висновки по роботі.

### **Рекомендована література**

[1-7].

## ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 4

### РОЗРОБКА ПРОГРАМИ КЕРУВАННЯ ТРАЄКТОРІЄЮ МАНІПУЛЮВАННЯ ПРОМИСЛОВОГО РОБОТА ТА ЙОГО НАСТРОЙКА

#### 4.1 Мета роботи

Вивчити структуру та резерви місцевих траєкторій маніпулювання робота, отримати навички складання оптимальних по продуктивності траєкторій маніпулювання, придбати та закріпити професійні навички в управлінні й настройці промислового робота МП9-С.

#### 4.2 Загальні відомості

Траєкторії руху захвату робота при виконанні одного повного циклу прийнято називати місцевими траєкторіями маніпулювання. Такі траєкторії складаються з окремих рухів – переходів. Тривалість циклу виконання всієї траєкторії маніпулювання визначають за формулою:

$$T_p = \sum_{v=1}^n t_v = \sum_{v=1}^n \frac{l_v}{V_\mu},$$

де  $t_v$  – тривалість виконання переходу, с;

$l_v$  – довжина переходу траєкторії, м;

$V_\mu$  – швидкість ступеня рухомості, за допомогою якої реалізується даний перехід, м/с.

Для скорочення  $T_p$ , що рівносильно збільшенню продуктивності робота, можна зменшити довжину переходів  $l_v$  або їх кількість  $n$ . Довжина переходів  $l_v$  встановлюється за допомогою упорів (ходів) робота. Кількість переходів  $n$  можна скоротити за рахунок їх раціонального об'єднання. При меншому числі переходів  $n$  в одному циклі можна перемістити роботом в автоматичному режимі більше

вантажів, використавши при цьому всі 29 кадрів набірної поля системи керування робота МП9-С.

#### 4.2.1 Опис лабораторного стенда

Стенд (рис. 4.1) складається з промислового робота 1 типу МП9-С з пристроєм керування 3 типу ЕЦПК-6030.

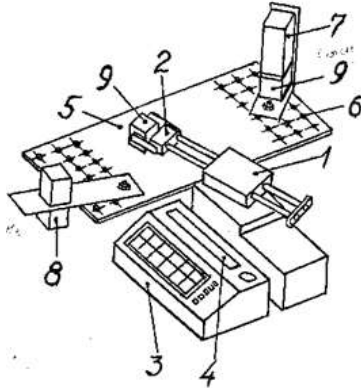


Рисунок 4.1 – Лабораторний стенд  
Коди керування роботом приведені в таблиці 4.1.  
Таблиця 4.1 – Коди команд робота МП9-С

| Назва основних команд | Код поля |       |
|-----------------------|----------|-------|
|                       | Верхнє   | Нижнє |
| Витягування руки      | 1        | 0     |
| Втягування руки       | 2        | 0     |
| Поворот праворуч      | 3        | 0     |
| Поворот ліворуч       | 4        | 0     |
| Піднімання            | 0        | 1     |
| Опускання             | 0        | 2     |
| Розкриття захвату     | 0        | 5     |
| Закриття захвату      | 0        | 6     |
| Витримка часу         | 0        | 9     |
| Зупинка               | 9        | 9     |
| Кінець програми       | 0        | 0     |

Основа робота жорстко закріплена на координатному столі 5 з нумерованими місцями 6 кріплення магазинів видачі 7 й приймання 8. Магазины можуть бути закріплені в різних точках на координатному столі. В якості вантажу, що переміщується (об'єкта маніпулювання) користуються кубами 9.

Куби переміщують таким чином. Захват 2 входить фронтально в зону поштучної видачі магазину 7 та захоплює куб 9. При втягуванні захвату відбувається витягання куба з магазину. Транспортне переміщення відбувається поворотом руки відносно вертикальної вісі. При виставлянні захвату куб позиціонується над прийомним отвором магазину 8. Після відкриття захвата добре спозиціонований куб входить в магазин. Вказаний алгоритм рухів робот повинен виконувати в автоматичному режимі. Послідовність всіх рухів захвату робота устанавлюється за допомогою програмоносія 4 пристрою керування 3.

#### **4.3 Контрольні запитання для самоперевірки і контролю підготовленості студентів до роботи**

1. Поясніть, який тип системи керування використовується в комплексі?
2. Скажіть, який рівень автоматизації має кожна одиниця обладнання?

#### **4.4 Матеріали, інструмент, прилади, обладнання**

1. Куби дерев'яні розмірами 40 мм × 40 мм × 40 мм.
2. Лабораторний стенд.

#### **4.5 Порядок проведення лабораторної роботи**

1. Вивчити конструкцію робота МП9-С та його систему керування. Перед початком роботи вивчити технологічні описи й

паспорта на робот та систему керування, користуючись технічною документацією та реальним устаткуванням, ознайомитися з конструкцією, функціональними можливостями, порядком настроювання промислового робота МП9-С.

2. Провести пробне настроювання та пуск робота в автоматичному режимі. Під час практичних занять по установленню упорів та складанню керуючих програм для робота звернути особу увагу на методи підвищення продуктивності робота, за рахунок оптимізації траєкторій маніпулювання й суміщення траєкторій захвату. Провести пробні пуски робота для автоматичного переміщення кубів. На опробування робота використати 45 хвилин. Для виконання пробного варіанту магазину поштучної видачі й приймання закріплюються по номерам на координатному полі. Номера позицій установки обох магазинів кожен учасник обирає за допомогою псевдовипадкових чисел, введеного в програму ЕОМ ДЗ-29.

3. Закріпити магазини поштучної видачі кубів на координатному полі. Кожен студент отримує робота з розслабленими упорами за трьома ступенями рухомості й з важелями набірного поля системи керування, встановленими в нульове положення. Магазин поштучної видачі перед початком заряджують кубами.

4. Настроїти робота на автоматичну роботу по переміщенню кубів з магазину поштучної видачі в приймальний. Студент повинен самостійно настроїти робота моделі МП9-С на автоматичну програмну роботу по переміщенню кубів з магазину видачі в приймальний магазин. Захват кубів слід виконувати фронтальним входом захвату в зону поштучної видачі першого магазину. Настроюють робота на автоматичну роботу шляхом встановлення й закріплення упорів за всіма трьома ступенями рухомості робота та з допомогою набору програми на пульті системи керування.

5. Зарядити магазин поштучної видачі кубами.

6. Продемонструвати викладачу автоматичну роботу по переміщенню кубів з магазину поштучної видачі в приймальний. При заліковій демонстрації перед викладачем та аудиторією робота робота в автоматичному режимі по переміщенню кубів студент має право один раз натиснути кнопку «Пуск» на пульті керування. Після обробки програми робота повинен зупинитись без допомоги людини. Професійні навички студента визначаються кількістю переміщених

роботом кубів до його зупинки та кількістю задіяних для цього кадрів програми. На залікове настроювання робота відпускається 45 хвилин.

#### 7. Критерії оцінки професійних навиків.

Оцінка «задовільно» ставиться за переміщення роботом в автоматичному режимі трьох кубів, якщо при цьому студент не вичерпав ліміт залікового часу. Та ж оцінка проставляється якщо робот перемістив чотири куба, але тривалість його настроювання склала більш 50 хвилин.

Оцінка «добре» виставляється, якщо робот перемістив чотири куба та налагодочний ліміт часу не перебільшений, або п'ять кубів при тривалості настроювання робота більш 50 хвилин.

Оцінка «відмінно» проставляється за переміщення роботом п'яти кубів з виконанням регламенту часу на залікове настроювання, або більш п'яти кубів при тривалості настроювання робота більш 50 хв.

### 4.6 Зміст звіту

1. Тема та мета роботи.
2. Висновки по роботі.

### Рекомендована література

[1-25].

## **ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 5**

### **ДОСЛІДЖЕННЯ РТК ЛИСТОВОГО ШТАМПУВАННЯ**

#### **5.1 Мета роботи**

Дослідити взаємодію, всіх одиниць обладнання та інформаційних засобів РТК для листового штампування.

#### **5.2 Загальні відомості**

Один з типових варіантів компоновки РТК – використання напільного промислового робота в якості допоміжного вантажно-розвантажного пристрою. Переваги такої компоновки заключаються в автономності обладнання, що дозволяє виробляти, перекомпоновку всього комплексу. У такого типа РТК пріоритетною системою керування є система промислового робота. При цьому, для надійної роботи комплексу важливі відповідність рівня автоматизації всього обладнання та узгодженість роботи інформаційних, захисних, діагностичних систем комплексу. Роботу всіх систем ефективно зіставляти за допомогою циклограм.

Комплекс (рис. 5.1) складається із преса 1 типу КД2322 з шафою керування 2 типу БУП-1А, робота 3 типу МП9-С, призначеного для завантаження пресу заготівками. Комплекс керується системою керування робота 4 типу ЕЦПУ-6030. Шахтний магазин 5 видає заготівку 6 в зону захвату. Захват 7 поштучно бере заготівку за допомогою електромагніту. Поштучна подача заготівки магазином регулюється індуктивним датчиком 8. Готовий виріб удаляється із штампку пневмоструменем з сопла 9.

Об'єкт маніпулювання в цьому комплекті-заготівка (рис. 5.2 а) в виді листа із сталі ВСтЗпс (ГОСТ 380–71). Деталь після удару штампку має вид, показаний на рисунку 5.2 б.

Цикл роботи комплексу починається із входу захвату в робочу зону магазину шляхом висування руки. Потім після опускання колони робота вмикається електромагнітний захват, який притягує одну

заготівку із стопи. Після цього відбуваються піднімання колони, втягування та поворот руки в сторону преса. При цьому індуктивний датчик 3 дає команду на піднімання стопи заготовок в шахтному магазині на один крок, рівній товщині листа заготівки.

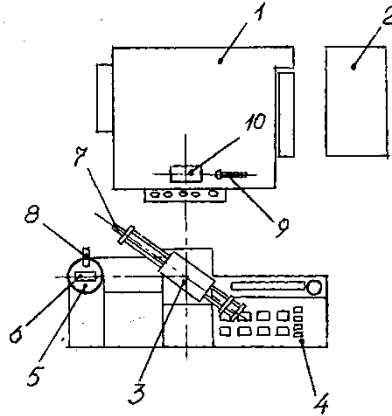
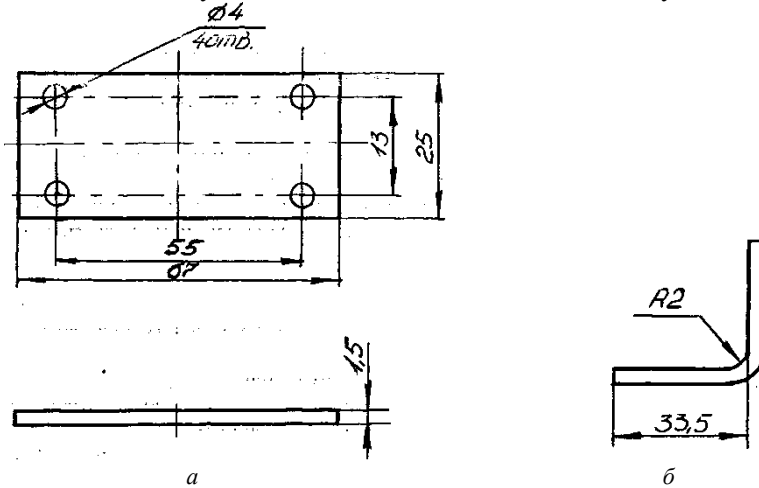


Рисунок 5.1 – РТК для листового штампування



а – заготівка; б – деталь

Рисунок 5.2 – Об'єкт маніпулювання

Захват 7 із заготівкою (рис. 5.1) за рахунок висування руки входить в робочу зону преса 1, де після вимикання магніту залишає заготівку на матриці 10 штампу.

Після виходу захвата робота з робочої зони прес виконує один удар по штампу. В кінці холостого ходу пуансона вмикається пневмообдув із сопла 9, який удаляє виріб із штампу. Одночасно, робот повертає руку на 90° ліворуч, починає наступний цикл. Керування й пуск всього комплексу виконується системою керування робота.

### **5.3 Контрольні запитання для самоперевірки і контролю підготовленості студентів до роботи**

1. Поясніть, яким чином досягнуто герметичне узгодження обладнання в комплексі?
2. Скажіть, якого типу датчики використовуються в комплексі?

### **5.4 Порядок проведення лабораторної роботи**

Вивчити технічні паспорти та інструкції з експлуатації обладнання, яке входить до складу комплексу.

Дослідити цикл роботи всього комплексу та взаємодію інформаційних систем складання та вивчення циклограм.

Визначити часові складові циклу роботи комплексу.

Провести інженерний аналіз можливості підвищення продуктивності комплексу.

Комплекс запускати наступним чином:

- подати тиск у пневмосистему комплексу;
- ввімкнути шафу керування преса й запустити його;
- ввімкнути систему керування робота й встановити захват його в початкове положення;
- ввімкнути систему керування шахтним магазином й прослідити подачу заготовки в зону захвату;
- перевести робот на автоматичний режим і натиснути «Пуск»;
- після повторення двох-трьох циклів увімкнути комплекс в зворотній послідовності.

Під час роботи комплексу зафіксувати секундоміром тривалість подачі магазином чергової заготовки та тривалість всього циклу. Вивчити керуючу програму та знайти можливість суміщення переходів. Зоставити циклограму роботи обладнання комплексу, по якій визначити часи простоїв робота й преса. Дати пропозиції по скороченню циклу роботи комплексу за рахунок зміни його планування, покращити керуючу програму суміщення переходів під час руху робота, використання додаткових інформаційних систем й засобів автоматики.

### 5.5 Зміст звіту

1. Тема та мета роботи.
2. Планування РТК для листового штампування з специфікації.
3. Алгоритм роботи комплексу.
4. Циклограма роботи обладнання.
5. Опис типів датчиків і системи керування комплексу.
6. Інженерні пропозиції по скороченню циклу роботи комплексу.
7. Висновки по роботі.

## **ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 6**

### **ПРОМИСЛОВА КОМПЛЕКСНО-МЕХАНІЗОВАНА ЛІНІЯ РОЗКРОЮ ЛИСТОВОЇ СТАЛІ**

#### **6.1 Мета роботи**

Вивчити пристрій і принцип дії комплексно-механізованої лінії розкрою листової сталі із застосуванням машин повітряно-плазмового різання «Кристал» із програмним управлінням. Вивчити особливості будови машини «Кристал ТПл-2,5К» для повітряно-плазмового різання і освоїти методику налагодження машини для роботи в автоматичному режимі з програмним управлінням.

#### **6.2 Загальні відомості**

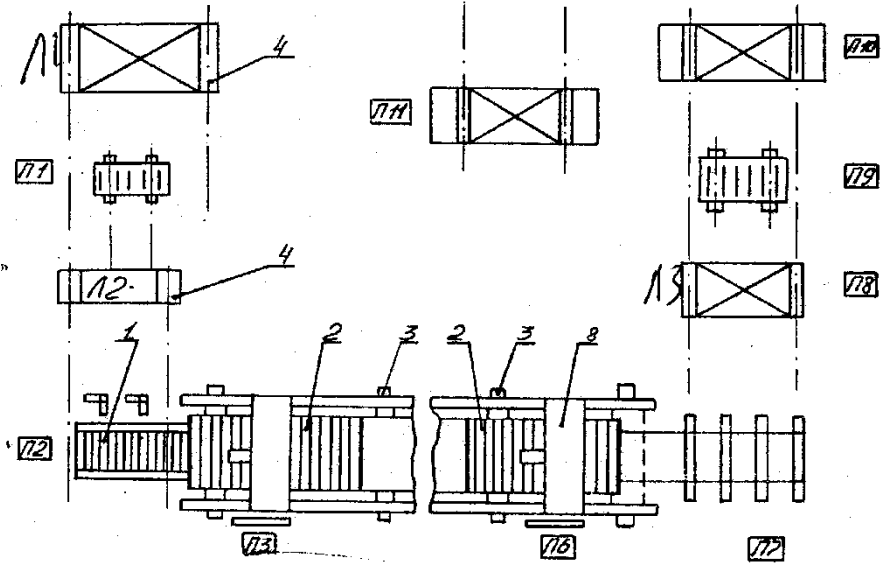
При виготовленні зварних конструкцій в технологічному комплексі великий обсяг робіт припадає на заготівельні операції, в тому числі на виготовлення деталей з листового прокату методами газотермічного різання.

Для зниження трудомісткості виготовлення деталей складної конфігурації застосовується механізоване вирізання деталей з використанням машин газокисневого і повітряно-плазмового різання, що працюють в автоматизованому режимі (з фотокопіювальними пристроями, програмним керуванням і т.п.). Однак, в цьому випадку допоміжні операції (подача вихідної заготовки, сортування деталей, прибирання обрізків та ін.) здійснюються робочими з використанням загальноцехових підйомно-транспортних засобів (мостових кранів, візків).

Комплексно-механізована потокова лінія розкрою листової сталі, яка об'єднала в єдиний технологічний потік основні і допоміжні операції та призначена для розкрою листової сталі машинами повітряно-плазмового різання типу «Кристал ТПл-2,5К» з програмним управлінням.

Лінія розрахована на різання листів з максимальними габаритними розмірами  $10000 \times 2500 \times 55$  мм і масою до 10 т.

Комплексно-механізована поточна лінія складається з наступних механізмів і пристроїв (рис. 6.1).



1 – рольганг (1 комплект); 2 – рама розкрійна (2 шт.); 3 – підйомник гвинтовий (16 шт.); 4 – листоукладальник (3 шт.); 5 – сортувальник (2 шт.); 6 – механізм орієнтації листів (2 шт.); 7 – візок рольганговий (2 шт.); 8 – машина «Кристал ТПл-2,5К» (4 шт.); 9 – пульт керування ПІ-ІІІ

Рисунок 6.1 – Схема лінії розкрою листової сталі

### 6.2.1 Робота механізованої лінії

Технологічний процес розкрою листів здійснюється на п'яти позиціях:

- 1-а – завантаження листа на розкрійну раму;
- 2-а – повітряно-плазмовий розкрій листа;
- 3-тя – маркування деталей;
- 4-а – розвантаження порізаного листа на рольганговий візок;
- 5-а – сортування деталей.

На позицію завантаження лист надходить за допомогою цехового рольганга, який викликає оператор пульта управління П1. Лист по рольгангу заїжджає в зону дії листоукладальника Л1.

Листоукладальник за допомогою кінцевих вимикачів зупиняється точно над рольгангом, захоплює і укладає лист на рольганговий візок. Оператор пульта П1 дає сигнал «готовність», що дозволяє виклик рольгангового візка в зону дії листоукладальника Л2. Оператор пульта П2 включає привід рольгангового візка, який з листом пересувається в зону дії листоукладальника Л2, де автоматично зупиняється строго проти додаткових роликів.

Оператор включає привод роликів візків, і лист займає положення, симетричне прольоту крана.

За допомогою листоукладчика Л2 лист укладається на розкрійну раму зі звисанням 20-40 мм над її боковиною. За допомогою механізму орієнтації проводиться точна установка листа щодо осі базової рейки різальної машини. Оператор пульта П2 дає сигнал «готовність», що дозволяють виклик розкрійної рами на позицію розкрою.

На позиції розкрою виконуються наступні операції.

Оператор пульта П3 для першої газорізальної машини включає привод рольганга. Зупинка розкрійної рами під першою газорізальною машиною проводиться автоматично кінцевим вимикачем. Аналогічно цьому на пультах П4-П6 включається привод рольганга для подачі розкрійної рами до газорізальних машин № 2-4.

Оператор включає підйомник, і розкрійна рама піднімається на 600 мм над роликами рольганга. Хід 600 мм обраний з умови проходження наступної розкрійної рами з листом до інших машин під рамою, яка знаходиться в процесі різання. Верхні і нижні положення підйомника обмежуються кінцевими вимикачами. Після підйому рами оператор включає витягну вентиляцію і газорізальні машини, здійснює розкрій листа за програмою. Після закінчення різання оператор вимикає машину і витягну вентиляцію, включає підйомник на опускання розкрійної рами на рольганг, дає сигнал «готовність», що дозволяє виклик розкрійної рами на позицію маркування.

На позиції маркування оператор пульта П7 включає привод рольганга. Розкрійна рама на цій позиції фіксується автоматично кінцевими вимикачами. Оператор здійснює маркування деталей

фарбою, після чого подається сигнал «готовність», який дозволяє виклик розкрійної рами на позицію розвантаження.

На позиції розвантаження виконуються наступні операції. Оператор пульта П8 включає привод рольганга. Розкрійна рама з розрізаним листом зупиняється під листоукладацьником автоматично. Оператор здійснює розвантаження порізаного листа з рами на рольганговий візок. Подається сигнал «готовність», який дозволяє виклик рольгангового візка на позицію сортування.

На позиції сортування оператор пульта П9 включає привод рольгангового візка. Зупинка візка на позиції сортування проводиться автоматично. Оператор включає привод роликів візка і привод приймального рольганга. Порізаний лист подається в зону дії сортувальника С1, за допомогою якого оператор здійснює розвантаження і сортування деталей і відходів.

Після закінчення сортування оператор включає сигнал «готовність», який дозволяє виклик нового рольгангового візка на позицію розвантаження. Оператор пульта П8 здійснює повторні операції.

Оператор пульта П9 включає привод рольгангового візка. Зупинка візка під сортувальником С2 проводиться автоматично. Оператор виконує розвантаження і сортування деталей і відходів. Далі цикл повторюється.

### **6.2.2 Машина «Кристал ТПл-2,5К»**

Машина призначена для плазмового вирізання деталей без розбирання крайок під зварювання з листової сталі будь-яких марок, а також сплавів на основі міді та алюмінію.

Машина встановлюється в потокових лініях зварювально-заготівельних цехах, а також може бути використана автономно на ділянці термічного різання металів (табл. 6.1).

Машина «Кристал ТПл-2,5К» складається з наступних основних складальних одиниць:

- а) виконавчий механізм, який керується цифровою системою програмного керування;
- б) рейковий шлях;

в) установка плазмового різання АПР-403 зі станцією управління;

г) пульт управління.

Таблиця 6.1 – Характеристики машини «Кристал ТПл-2,5К»

| Показник                                       | Значення      |
|------------------------------------------------|---------------|
| Клас точності машини за ГОСТ 5614-74           | 1-й           |
| Точність обробки програми, мм                  | 0,5...1       |
| Розмір листа, який оброблюється, мм            | 2500x10000    |
| Товщина листа, мм:<br>сталь<br>мідь і алюміній | 5-28<br>до 70 |
| Кількість різаків, шт.                         | 1             |

Технічні характеристики установки плазмового різання типу АПР-403 наведені у таблиці 6.2.

Таблиця 6.2 – Технічні характеристики установки АПР-403

| Показник                                                                                                                 | Значення             |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|
| Потужність, кВт·А                                                                                                        | 120                  |
| Струм ріжучої дуги, А                                                                                                    | 400                  |
| Розміри рельсового шляху, мм:<br>ширина<br>довжина<br>висота (від фундаменту)                                            | 3300<br>12000<br>500 |
| Габаритні розміри виконавчого механізму, мм:<br>довжина (уздовж рейкового шляху)<br>ширина<br>висота (над головою рейки) | 1465<br>4050<br>1100 |
| Маса, кг                                                                                                                 | 800                  |

Всі основні частини машини (крім АПР-403) змонтовані на порталі, що переміщається на 4 опорних ковзанках по рейковому шляху. Управління машиною здійснюється з пульта управління, розташованого на порталі.

Портал переміщується по рейковому шляху (вісь «Х») від приводу подовжнього ходу, який встановлений в центрі балки portalу і складається з двоступеневого редуктора з електродвигуном СЛ-661, тахогенератора ТД-102 і датчика зворотного зв'язку ВТМ-1В. Від приводу через проміжні вали обертання передається на два редуктори, які прикріплені до корпусу portalу. Вихідні шестерні редукторів

входять в зачеплення з зубчастими рейками рейкового шляху. Для забезпечення прямолінійності переміщення машини в корпусі направляючого катка вбудовані ролики, що охоплюють головку рейки.

Каретка поперечного ходу (вісь «У») переміщується по напрямних портала за допомогою приводу, що складається з безлюфтового редуктора і електродвигуна СЛ-661. Контроль за переміщеннями каретки здійснюється за допомогою тахогенератора ТД-102 і обертового трансформатора ВТМ-1В.

На каретці встановлений блок плазмового різача, який за допомогою механізму може переміщатися по вертикалі.

Привід підйому–опускання складається з трехиступеневого редуктора, одним із ступенів якого є самогальмуюча черв'ячна пара, і електродвигуна СЛ-369. Управління роботою приводу підйому може здійснюватися вручну з пульта управління і в автоматичному режимі для підтримки стабільності положення різача над поверхнею листа, який розрізається.

На каретці встановлений електромагнітний клапан для подачі повітря і манометр, що показує тиск газу. У блок плазмового різача входить світлозахисний пристрій для захисту обслуговуючого персоналу від світла плазмової дуги.

Рейковий шлях змонтований із секцій довжиною 2 м. Секція складається з рейки із прикріпленою зубчастою рейкою для переміщення машини. Рейки покладені на балку, встановлену на стояках на фундамент.

У шафі блоку агрегатів розміщуються: перетворюючий агрегат; електромашинні підсилювачі ЕМУ-12А (2 шт.) для живлення електродвигунів поздовжнього і поперечного переміщень; електромашинний підсилювач ЕМУ-3А для живлення електродвигуна підйому блоку плазмового різача; блок живлення СПУ.

Пульт управління розташований безпосередньо на порталі. Для зручності обслуговування перед пультом встановлено крісло, що повертається.

### **6.3 Контрольні запитання для самоперевірки і контролю підготовленості студентів до роботи**

1. Сформулюйте призначення комплексно-механізованої лінії.
2. Опишіть технічну характеристику лінії.
3. Поясніть принцип дії листоукладальника.
4. Поясніть принцип роботи поточно-механізованої лінії.
5. Скажіть, які методи контролю якості деталей Ви знаєте?
6. Перелічте заходи з техніки безпеки при роботі лінії.
7. Поясніть принцип дії сортувальника.
8. Перелічте характеристики деталі, які вирізані на лінії розкрою.
9. Назвіть призначення машини «Кристал».
10. Сформулюйте технічну характеристику машини.

### **6.4 Порядок проведення лабораторної роботи**

1. Ознайомитися із загальною схемою поточно-механізованої лінії розкрою листової сталі. Вивчити склад обладнання, що входить в лінію:

- характеристика обладнання на позиції завантаження. Пристрій і принцип дії листоукладальників Л1 і Л2. Розкрійна рама, призначення і пристрій. Механізм орієнтації листа;

- характеристика обладнання на позиції розкрою. Пристрій і призначення підйомника;

- характеристика обладнання на позиції сортування. Пристрій і принцип дії сортувальника, рольгангового візка.

2. Вивчити пристрій, технічні характеристики і принцип дії машини плазмового різання «Кристал ТПл-2,5К». Накреслити кінематичну схему машини. Ознайомитися з послідовністю підготовки машини до роботи.

3. За командою оператора цеху включити машину для роботи в автоматичному режимі для вирізання деталі. Перевірити якість виготовленої деталі.

4. Написати звіт про роботу.

### 6.5 Зміст звіту

1. Тема та мета роботи.
2. Вступ.
3. Схема комплексно-механізованої лінії і принцип роботи. Технічна характеристика обладнання лінії. Ескізи механізмів і пристроїв (за погодженням з викладачем).
4. Технічна характеристика, пристрій і принцип дії машини «Кристал ТПл-2,5К».
5. Контроль якості.
6. Висновки по роботі.

## **ВКАЗІВКИ З ТЕХНІКИ БЕЗПЕКИ**

1. До лабораторних робіт допускаються студенти після інструктажу з охорони праці та пожежної безпеки.

2. Забороняється вмикати електричні прилади та обладнання без дозволу завідуючого лабораторією або викладача.

3. У випадку виявлення неполадок обладнання студент мусить негайно повідомити викладача або завідуючого лабораторією.

4. У випадку виникнення пожежі або ураження електричним струмом студенти повинні діяти у відповідності до затверджених інструкцій з охорони праці та пожежної безпеки.

5. Дільниця, яка обслуговується роботом, має бути огорожена. У проході повинна висіти табличка, яка забороняє вхід до дільниці стороннім особам.

6. Пристрій ЗЦПУ-6030 повинен знаходитись поза зоною дії руху маніпулятора і мати зручний доступ.

7. Маніпулятор МП-9С і пристрій ЩПУ-6030 повинні бути заземлені.

8. Важелі упорів всіх ступенів рухомості мають бути надійно затягнуті, а регулюючі важелі законтрені.

9. КЕМи повинні бути налагоджені і надійно закріплені.

10. Амортизатори – залиті індустріальним мастилом И-20А ГОСТ 20799–75 і відрегульовані.

11. Поверхні, що труться, повинні бути змащені змазкою ЦИАТИМ 221 ГОСТ 9433–80.

12. Забороняється проводити змащування поверхні, що труться, під час роботи маніпулятора МП-9С.

13. Забороняється залучення до роботи з роботом осіб, які не пройшли інструктаж з техніки безпеки і навчання в обов'язки наступної роботи з роботом.

14. При перших ознаках несправності та некерованості робота слід негайно зупинити роботу натисненням червоної кнопки «Аварийная остановка», розміщеною зверху пристрою ЗЦПУ-6030.

## РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Техническое описание и инструкция по эксплуатации робота МП-9С. Волжский автомобильный завод им. 50-летия СССР.
2. Тимченко А. В., Сухомлин А. А. Роботизация сварочного производства. Киев: Техника, 1988. 175 с.
3. Козырев Ю. Г. Промышленные роботы: справочник 2-е изд., доп. Москва: Машиностроение, 1988. 392 с.
4. Геттерт В., Герден Г., Гюттер Х. Сварочные роботы / под ред. Г. Гердена; пер. с нем. Г. Н. Клебанова, Д. Г. Тесменицкого. Москва: Машиностроение, 1988. 288 с.
5. Асфаль Р. Роботы и автоматизация производства: пер. с англ. Москва: Машиностроение, 1989. 448 с.
6. Механика промышленных роботов: учебн. пос. для вузов в 3 кн. Москва: Высш. шк., 1989. 383 с.
7. Фу К., Гонсалес Р. Ли К. Робототехника: пер. с англ. Москва: Мир, 1989. 624 с.
8. Краснопрошина А. А., Скаржепа В. А., Яковлев В. Б. Электрические элементы систем управления промышленными роботами / под ред. А. А. Краснопрошиной. Киев: Высш. шк., 1990. 248 с.
9. Накано Э. Введение в робототехнику. 1988. 247 с.
10. Воротников С. А. Информационные устройства робототехнических систем (Робототехника). 2005. 205 с.
11. Мацкевич В. В. Занимательная анатомия роботов. 1988. 198 с.
12. Андре П., Кофман Ж-М., Лот Ф., Тайар Ж-П. Конструирование роботов: пер. с франц. Москва: Мир, 1986. 360 с.
13. Механика промышленных роботов: учеб. пособие для вузов / под ред. К. В. Фролова, Е. И. Воробьева. Москва: Высш. Шк., 1989. 383 с.
14. Смирнов А. Б. Мехатроника и робототехника. Системы микроперемещений с пьезоэлектрическими приводами: учебное пособие, 2003. 160 с.
15. Юревич Е. И. Моделирование и программирование робототехнических комплексов. Основы робототехники. 2005. 31 с.

16. Бишоп О. Настольная книга разработчика роботов. Киев: МК-Пресс, СПб.: КОРОНА-ВЕК, 2010. 400 с.
17. Панфилов Ю. В., Рябов В. Т., Цветков Ю. Б. Оборудование производства интегральных микросхем и промышленные роботы: учебник для техникумов. Москва: Радио и связь, 1988. 320 с.
18. Василенко Н. В., Никитан К. Д., Пономарёв В. П., Смолин А. Ю. Основы робототехники. Томск: МГП РАСКО, 1993. 470 с.
19. Юревич Е. И. Основы робототехники: 2-е изд., доп. СПб.: БХВ-Петербург, 2005. 416 с.
20. Оуэн Бишоп Настольная книга разработчика роботов. Киев: МК-Пресс, 2010. 400 с.
21. Боголюбов А. Н., Никитин Д. А. Популярно о робототехнике. Киев: Наукова думка, 1989. 200 с.
22. Козырев Ю. Г. Промышленные роботы: справ. 2-е изд., доп. Москва: Машиностроение, 1988. 392 с.
23. Янг Дж. Ф. Робототехника: пер. с англ. / под. ред. М. Б. Игнатьев. Ленинград: Машиностроение. 1979. 300 с.
24. Асфаль Р. Роботы и автоматизация производства: пер. с англ. М. Ю. Евстегнеев и др. Москва: Машиностроение, 1989. 448 с.
25. Устройства управления роботами. Схемотехника и программирование: пер. с англ. Предко М. Киев: ДМК Пресс, 2005. 404 с.