

Міністерство освіти і науки України  
Національний університет «Чернігівська політехніка»

# **Промислові роботи**

## **Частина 1**

### **Методичні вказівки**

до виконання лабораторних робіт  
з дисципліни “Промислові роботи:  
будова, програмування, експлуатація”  
для здобувачів другого (магістерського) рівня вищої освіти  
за спеціальністю 133 “Галузеве машинобудування”  
освітньо-професійної програми “Галузеве машинобудування”

Затверджено  
на засіданні кафедри  
“Автомобільного транспор-  
ту та галузевого машинобу-  
дування”  
Протокол № 2  
від 31.08.2021 р.

Чернігів НУ «Чернігівська політехніка» 2021

Промислові роботи. Частина 1. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з дисципліни “Промислові роботи: будова, програмування, експлуатація” для здобувачів другого (магістерського) рівня вищої освіти за спеціальністю 133 “Галузеве машинобудування” освітньо-професійної програми “Галузеве машинобудування”/ Укл.: Кальченко В.В., Пасов Г.В. – Чернігів: НУ “Чернігівська політехніка”, 2021. – 58 с.

Укладачі:

Кальченко Володимир Віталійович  
доктор технічних наук, професор  
Пасов Геннадій Володимирович  
кандидат технічних наук, доцент

Відповідальний за випуск:

Кальченко В.І., завідувач кафедри,  
доктор технічних наук, професор

Рецензент:

Кологойда А.В., кандидат технічних наук,  
доцент кафедри “Автомобільний транспорт  
та галузеве машинобудування ”  
Національного університету  
“Чернігівська політехніка”

## ВСТУП

Основним напрямком розвитку машинобудування є збільшення випуску продукції і ріст її якості при одночасному зниженні трудових витрат. Це забезпечується шляхом покращення існуючих і впровадженням нових видів виробництва і технологічних процесів, засобів їхньої механізації й автоматизації, а також поліпшенням організації і керування виробництвом.

Робота над створенням і удосконалюванням засобів автоматизації повинна розвиватися в двох напрямках: створення засобів автоматизації, що випускаються і діючого в даний час обладнання з метою підвищення його ефективності; створення нових автоматизованих технологічних комплексів, де пов'язані питання підвищення продуктивності, надійності, точності виконання робіт, а також рівня автоматизації операцій з необхідною і економічно виправданою гнучкістю для швидкого переналагодження з метою адаптації до виробничих умов, що змінюються.

Рівень і способи автоматизації залежать від виду виробництва, його серійності, оснащеності технічними засобами.

Ефективність автоматизації за рахунок застосування робототехніки може бути досягнута тільки при комплексному підході до створення і впровадження промислових роботів (ПР), які обслуговують обладнання, засобів керування, допоміжних механізмів і пристроїв і т.п. Проводити значний обсяг організаційно-технологічних заходів заради одиничного впровадження ПР нерентабельно. Тільки розширене застосування ПР у складі складних роботизованих систем буде виправдано технічно, економічно і соціально. У порівнянні з традиційними засобами автоматизації застосування ПР забезпечує велику гнучкість технічних і організаційних рішень, зниження термінів комплектації і запуску у виробництво гнучких автоматизованих систем. За попередніми даними, наприклад, забезпечення автоматичної установки і зняття деталей на верстатах за допомогою ПР

дозволяє робітнику обслуговувати від чотирьох до восьми металорізальних верстатів. Тим самим промислові роботи необхідно розглядати і як важливий фактор забезпечення багатостатного обслуговування, а виходить, і економії робочої сили. Найбільший економічний ефект може бути досягнутий при обслуговуванні роботом декількох верстатів, при забезпеченні двох - та трьохзмінної роботи виробництва.

З економічними питаннями, що виникають при застосуванні промислових роботів, тісно зв'язаний і соціальний аспект їх використання. При встановленні доцільності застосування роботів у тому чи іншому випадку (особливо при необхідності заміни робітника для виконання робіт на ділянках з небезпечними, шкідливими для здоров'я умовами праці) на перше місце повинні висуватися інтереси людини, її безпека і зручність роботи. Треба враховувати і фактор безупинного росту рівня загальноосвітнього і спеціального підготування робітників.

Промислові роботи повинні звільнити людину від виконання бездумної механічної роботи, компенсувати усі зростаючі потреби у низькокваліфікованій праці.

Основними передумовами застосування промислових роботів є:

- полегшення праці робітника з кінцевою метою звільнення його від некваліфікованої, монотонної, а також важкої праці;
- підвищення продуктивності праці і якості продукції, що випускається, за рахунок інтенсифікації технологічних процесів і забезпечення постійного режиму роботи виробництва в дві і три зміни;
- створення передумов для наступного якісного стрибка в організації виробництва і переходу до цілком автоматизованого гнучкого виробництва.

Розширення областей застосування ПР у різних галузях машинобудування вимагає рішення при їхньому проектуванні наступних основних задач:

- 1) підвищення технологічної гнучкості з метою найкращого задоволення конкретним умовам використання;
- 2) спрощення конструкцій з метою зниження собівартості виготовлення й експлуатації.

Перша з поставлених задач може бути вирішена, наприклад, за допомогою універсальних ПР із технологічними можливостями, які значно перевищують вимоги конкретного виробництва. Універсальність звичайно досягається шляхом ускладнення конструкції маніпулятора, пристрою керування, а отже, подорожчання ПР. Крім того, тверда структура побудови роботів не завжди краще задовольняє необхідним умовам використання, що приводить до великої розмаїтості моделей ПР.

Друга задача вирішується шляхом створення цільових і спеціалізованих ПР, які найбільш повно задовольняють заданим технологічним вимогам. Однак розмаїтість технологічних задач приводить і в цьому випадку до дуже великої кількості моделей ПР, а отже, знову підвищує вартість їхнього виготовлення і експлуатації.

Зазначене протиріччя може бути переборене шляхом створення промислових роботів агрегатного типу на базі типових автономних конструктивних модулів, які можна використовувати індивідуально й у різних комбінаціях з іншими модулями. ПР модульного типу технологічно є найбільш гнучкими. У той же час собівартість виготовлення й експлуатація ПР агрегатно-модульного типу знижується за рахунок широкої уніфікації їхніх елементів як у механічній частині, так і в пристрої керування.

Використання єдиної системи агрегатно-модульної побудови ПР, що містить конструктивні модулі маніпуляторів, захватних механізмів, уніфіковані блоки циклового і числового програмного керування, а також комплектуючі вузли (електро-, гідро- і пневмоприводи, датчики-перетворювачі і засоби автоматики), дає можливість розробити загальний типаж засобів автоматизації в машинобудуванні. Створення такого типажу, у якому крім

основного технологічного виробництва, входять ПР, транспортно-завантажувальні пристрої, автоматизовані склади й інші допоміжні технічні засоби, сприяє скороченню часу на проектування, виготовлення і впровадження різних гнучких автоматизованих виробничих систем: ділянок, ліній, а, у подальшому – цехів і заводів-автоматів на їхній базі.

Структурним елементом при агрегатній побудові гнучких автоматизованих виробничих систем є робототехнічний комплекс у складі однієї чи декількох одиниць виробництва (верстатів, пресів і т.п. ) разом з обслуговуючим їх ПР.

Робототехнічні комплекси повинні відповідати наступним вимогам:

- 1) забезпечувати технологічну гнучкість і адаптацію до змін умов виробництва;
- 2) робити стикування обладнання різного призначення при широкому варіюванні транспортно-завантажувальних і інших допоміжних засобів;
- 3) мати високу працездатність і надійність в експлуатації;
- 4) передбачати можливість подальшого розвитку й удосконалення.

Створення єдиного типу робототехнічних комплексів і засобів автоматизації допоміжних операцій, що поєднують ці комплекси в загальному автоматизованому виробництві, є основою для подальшої розробки гнучких виробничих систем. При цьому трудомісткість створення, налагодження і впровадження гнучких виробничих систем, диференційованих по призначенню, складу і рівню автоматизації, може бути істотно зменшена.

# КЛАСИФІКАЦІЯ ПРОМИСЛОВИХ РОБОТІВ У МАШИНОБУДУВАННІ

## **Основні технічні параметри і позначення моделей промислових роботів**

Технологічні можливості і конструкцію промислових роботів (ПР) визначають наступні основні параметри: вантажопідйомність, кількість ступенів рухливості, форма і розміри робочої зони, помилка позиціонування і тип системи керування (ДСТ 25378-82).

Призначення ПР, передбачувана область застосування й умови виробництва, для яких він призначається, визначають значення перерахованих параметрів, що входять у технічну характеристику моделі. За винятком похибки позиціонування значення параметрів входять у таблиці типажу й у виді, що відповідає індексам – у позначенні моделі ПР.

При багаторукому та багатозахватному виконанні маніпулятора поряд з сумарною вантажопідйомністю вказується вантажопідйомність однієї руки (одного захватного пристрою).

Для промислових роботів і маніпуляторів з ручним керуванням, що випускаються для машинобудування, ДСТ 25204-82 визначає наступний ряд по вантажопідйомності (у кг):

- 1) надлегка серія (до 1,0 кг) – 0,08; 0,16; 0,32; 0,63;
- 2) легка серія (понад 1,0 до 10 кг) – 1,25; 2,5; 5,0; 10,0;
- 3) середня серія (понад 10 до 100 кг) – 20; 40; 80;
- 4) важка серія (понад 100 до 1000 кг) – 160; 250; 320; 500; 1000;
- 5) надважка серія (понад 1000 кг) – 1250; 1500; 2000; 2500; 3000; 5000; 7500; 10000.

Ряд вантажопідйомності ПР встановлений у результаті аналізу основного складу технологічного виробництва по галузях і розподілень деталей

різної маси, що виготовляються.

Пропонований ряд регламентує максимальне значення вантажопідйомності для кожного типорозміру ПР, забезпечуване при номінальних значеннях експлуатаційних характеристик (швидкості переміщень робочих органів маніпулятора, максимальних вильотах руки, похибки позиціонування та інше).

Для позначення моделей промислових роботів прийнята наступна система літерних і цифрових індексів, що визначають:

- 1) вид виробництва: М – маніпулятор, КМ – маніпулятори для ковальсько-пресового виробництва; ЛМ – для ливарного виробництва;
- 2) вантажопідйомність (кг) – числове значення відповідно до прийнятого ряду;
- 3) тип системи програмного керування: позиційна циклова (з обмеженою кількістю точок позиціонування) – Ц; позиційна числова – П; контурна (безупинна) – К; комбінована (універсальна) – У; у позначенні моделей маніпуляторів, керованих оператором, індекс типу системи керування опускається;
- 4) компоновальна схема – двозначне число (00, 01, ... , 99);
- 5) конструктивне виконання (кількість рук, величини ходів, наявність додаткових механізмів та т.п.) – двозначне число (00, 01, ... , 99).

Для позначення ПР агрегатно-модульної конструкції після індексу виду виробництва (М) вводиться індекс А. Наприклад, промисловий робот вантажопідйомністю 40 кг, з позиційною системою керування, що працює в циліндричній системі координат (компонування типу 81 і конструктивне виконання 01), має позначення: ПР М40П81.01.



## **Типорозмірні ряди промислових роботів**

Класифікація роботів у машинобудуванні поширюється на моделі, призначені для автоматизації допоміжних операцій при обслуговуванні основного технологічного виробництва, а також виконання складальних операцій.

Типорозмірні ряди ПР передбачають завдання основних параметрів і встановлення розмірних рядів промислових роботів машинобудівельного використання при обов'язковій умові їхньої придатності для роботи в складі гнучких виробничих модулів, дільниць чи ліній.

У класифікаційній таблиці ПР розділяються на групи у відповідності з видами виробництва: А – для обслуговування ливарних машин; Б – ковальсько-пресового виробництва; В – металорізальних верстатів; Г – ліній гальванопокриттів; Д – виконання складальних операцій. У межах кожної групи моделі ПР розташовуються у зростаючому порядку по вантажопідйомності.

Приклади типорозмірних рядів ПР, які використовують у верстатобудуванні для обслуговування ковальсько-пресового виробництва (група Б) і металорізальних верстатів (група В), приведені в таблицях 1, 2 [1].

### **Характеристики груп промислових роботів відповідно до виду виробництва**

Вибираються моделі промислових роботів, включених у таблицю типів, і встановлюються їхні технічні характеристики на підставі областей застосування і за результатами аналізу складу обладнання, конструктивно-технологічних параметрів виготовлених деталей, а також виконуваних функцій, характерних для кожного виду виробництва.

Промислові роботи повинні комплектуватися набором захватних пристроїв різного призначення в діапазоні розмірів, які визначаються технічною характеристикою моделі.

Відповідно до вимог машинобудування передбачаються наступні технологічні групи ПР:

- для ливарного виробництва;
- для ковальсько-пресового виробництва;
- для обслуговування металорізальних верстатів;
- для виробництва цехів металопокриттів;
- для зборки.

### **Промислові роботи в ливарному виробництві**

Найбільш розповсюдженою областю застосування промислових робіт у ливарному виробництві є обслуговування машин для лиття під тиском, піскоструминних і дрібеметних камер, а також транспортування виливків.

Основними функціями, виконуваними ПР, є: витяг виливків з робочої зони машини, послідовний перенос виливка на позицію контролю, в охолодну установку, укладання в штамп обрізного преса, видалення зі штампа, розкладка в тару, установка стрижнів у ливарні форми, а також заливання металу.

ПР, застосовувані в ливарному виробництві, повинні мати спеціальне конструктивне виконання, що передбачає захист від впливу навколишнього середовища: герметизацію шаф, пультів, направляючих і тертьових поверхонь, розміщення системи керування в окремому блоці та інше.

Удосконалювання конструкцій ПР для обслуговування машин лиття під тиском і термопластавтоматів спрямовано на збільшення швидкодії й експлуатаційної надійності. Передбачено розширення виробництва спро-

щених конструкцій спеціалізованих промислових роботів, а також розробка конструкцій ПР, збудованих на агрегатно-модульному принципі.

### **Промислові роботи для обслуговування ковальсько-пресового виробництва**

У функції ПР, призначених для застосування у ковальсько-пресовому виробництві, входять: захват заготовки з орієнтованого положення, переніс на робочу позицію, перестановка з позиції на позицію (у тому числі з поворотом), знімання готової деталі й укладання її в тару, захоплення і скидання відходів, видача команд для керування обладнанням роботизованого технологічного комплексу.

До промислових роботів для обслуговування ковальсько-пресових машин відносяться:

- 1) ПР для пресів кривошипних, карбувальних кривошипно-колінних, гвинтових (групи Б1...Б6);
- 2) ПР для обслуговування пресів кривошипних горячештампувальних (групи Б7...Б8).

### **Промислові роботи для обслуговування металорізальних верстатів**

Найбільш ефективно застосування промислових роботів у складі гнучких виробничих модулів, ділянок і ліній у сполученні з автоматизованими верстатами середньої розмірної групи, які обробляють штучні заготовки.

Основними функціями, виконуваними ПР, є: установка заздалегідь орієнтованої заготовки в робочу зону верстата, зняття деталі з верстата й укладання її в тару (нагромаджувач), кантування деталей (при необхідності), очищення базових поверхонь деталей і пристосувань, видача технологічних команд (керування обладнанням), контроль деталей. Розширення

функціональних можливостей промислових роботів може бути забезпечене за рахунок застосування допоміжного оснащення і механізмів (координатних тактових столів, піднімальних платформ та т.д.).

Нові розробки ПР відрізняються в основному на агрегатні конструкції, що роблять можливим одержання декількох конструктивних модифікацій базової моделі.

### **Промислові роботи для складання**

У складальному виробництві ПР застосовуються як для обслуговування автоматичного складального виробництва, так і для безпосередньо виконання складальних операцій (установки в штабель, згвинчування, запресовування, клепок, згинання, отбортовки, склеювання). Для виконання операцій ПР повинні забезпечувати:

- 1) можливість прямолінійного руху руки переважно у вертикальному напрямку;
- 2) високу твердість конструкції уздовж вертикальної осі, що дозволяє створювати значні зусилля в напрямку зборки;
- 3) можливість компенсації помилок позиціонування (наприклад, за рахунок піддатливості конструкції в площині, яка перпендикулярна основному напрямку складання);
- 4) високу швидкість переміщення робочого органа.

З огляду на ці вимоги, найбільш доцільні конструкції складальних ПР з працюючої в горизонтальній площині шарнірно-зчленованою рукою і вертикальним ходом робочого органа. Вантажопідйомність ПР не перевищує 40 кг. Складальні ПР, крім того, відрізняються високою маневреністю маніпулятора і значних розмірів зони обслуговування при достатній компактності конструкції.

## **Промислові роботи для обслуговування обладнання цехів металопокриття**

Промислові роботи для обслуговування ванн чи гальванопокриттів, виконання фарбувальних робіт можуть використовуватися в різних галузях промисловості при нанесенні покриття на деталі гальванічним, хімічним і анодно-механічним способами.

Розвиток ПР даної групи спрямовано на підвищення продуктивності за рахунок збільшення швидкості переміщення маніпулятора і розробки конструкції з електроприводами, а також зменшення металоємності і займаної робочої площі.

### **Компонувальні схеми промислових робіт**

Компонувальні схеми ПР зручно класифікувати на основі змінюваної системи координатних переміщень маніпулятора.

Маніпулятори однієї групи можуть мати різне конструктивне виконання, тобто різні компонувальні схеми, яким привласнюється індекс (двозначне число). Перше число індексу співпадає з номером групи. Типи маніпуляторів визначаються наступними конструктивними ознаками: мобільністю (стаціонарні і пересувні), типом і конструкцією опорної системи (портальні, напільні, рейкові), кількістю рук (однорукі, дворуки, багаторуки), кількістю ступенів рухливості кисті рук, кількістю схватів і т.д.

Вибір оптимального компонування і конструктивного виконання маніпуляторів залежить від призначення ПР і особливостей його узгодження з конкретним технологічним обладнанням.

## Захватні пристрої промислових роботів

Захватні пристрої (ЗП) ПР призначені для базування і утримання об'єкта у визначеному положенні при маніпулюванні.

Ознаки, по яких класифікують хватні пристрої, приведені в таблиці 3 [1], де показана класифікаційна схема.

Найбільш важливою з технологічної точки зору є класифікація ЗП за характером базування об'єкта маніпулювання. ЗП, які центрують, визначають положення чи осі площини симетрії об'єкта (заготовки, деталі, інструмента і т.д.) при установці в затискне пристосування, накопичувальний пристрій або робочий орган верстата. Серед центруючих найбільш численна група механічних затискних ЗП, які оснащені кінематично зв'язаними робочими елементами схвата у вигляді губок, кулачків, призми і т.д., що центрують, можуть бути і ЗП з еластичними камерами, які деформуються під дією тиску повітря в їхніх внутрішніх порожнинах.

ЗП, які базують, визначають положення настановної поверхні (чи поверхонь) об'єкта маніпулювання, що характерно для підтримуючих і деяких затискних типів ЗП. Фіксуючі ЗП зберігають положення об'єкта маніпулювання, які той мав у момент захоплення.

Якщо потрібно забезпечувати перебазування об'єкта маніпулювання, то ЗП повинен мати автономно кероване переміщення кожного його робочого елемента. Такою властивістю володіють ЗП з багатоланковими шарнірними пальцями, які мають сенсорні пристрої. Однак ЗП, що перебазують об'єкт маніпулювання при його захопленні, не мають поки промислового застосування через важкість конструкції і керування.

При виборі типу ЗП для ПР необхідно в якості вихідних даних врахувати:

- 1) тип і конструкцію основного і допоміжного технологічного виробництва (наприклад, верстатів, накопичувальних чи транспортних при-

строїв і т.д.), які обслуговуються даним ПР;

- 2) характеристики об'єкта маніпулювання;
- 3) тип і конструкцію самого ПР;
- 4) особливості технологічного процесу, які виконуються робото-технічним комплексом.

У таблиці 4 [1] приведені найбільш розповсюджені конструкції ЗП, обумовлені типом об'єктів маніпулювання (заготовки чи деталі), а також характером їхнього базування при захваті. Показані в таблиці конструктивні схеми розрізняються типами приводу, виконавчими механізмами і робочими елементами – схватами.

У залежності від форми і габариту об'єктів маніпулювання ЗП можуть бути різних типорозмірів:

- 1) для коротких тіл обертання (типу фланців) діаметром до 160, 200, 250 і 315 мм (масою від 10 до 40 кг);
- 2) для довгих тіл обертання (типу валів) діаметром до 60, 80, 100 і 160 мм (з масою від 10 до 160 кг);
- 3) для призматичних (корпусних) виробів розміром до 160, 250 і 400 мм (з масою від 10 до 40 кг) і т.д.

Конструкція ЗП визначається двигуном приводу виконавчого механізму, що перетворює рух приводу в необхідне переміщення робочих елементів схвата. У ЗП використовують різні виконавчі механізми для перетворення з визначеним відношенням лінійного чи кутового руху вихідної ланки приводу в поступальне чи обертальне переміщення робочого елемента.

При цьому можна виділити дві групи виконавчих механізмів:

- 1) з постійним коефіцієнтом передачі робочого зусилля, яке не залежить від положення схвата;
- 2) з перемінним коефіцієнтом передачі зусилля в залежності від положення схвата.

Перевагою виконавчих механізмів з перемінним передатним відношенням є можливість досягнення великих зусиль затиску. Однак найбільші зусилля досягаються звичайно лише у вузькому діапазоні робочих переміщень.

У зв'язку з цим для забезпечення надійного утримання об'єктів маніпулювання при широкому діапазоні їхніх розмірів необхідно використовувати у ЗП виконавчі механізми з постійним передавальним механізмом (наприклад, зубчасто-рейкові, гвинтові, деякі підйомні та інші) чи передбачати переналагодження виконавчих механізмів з перемінним передатним відношенням (наприклад, важільного типу).

У таблиці 5 [1] приведені кінематичні схеми деяких ЗП і значення коефіцієнта передачі  $k = P/F$ , де  $P$  – тягова сила на приводі;  $F$  – сила затиску у функції основних геометричних параметрів виконавчих механізмів і положень схвата (при змінному коефіцієнті передачі зусилля).

Конструктивно місця кріплення змінних ЗП на кисті руки маніпулятора виконують у вигляді фланця з розточенням, що центрує, і кріпильними різьбовими отворами навколо нього. Така конструкція місця кріплення ЗП є найбільш простою та універсальною.

З метою уніфікації конструктивних елементів стандартизовані приєднувальні розміри фланцевих місць кріплення, а також діаметри циліндричних хвостовиків ЗП для ПР у машинобудуванні. Вантажопідйомність хватних пристроїв повинна відповідати одному зі значень наступного ряду: 0,63; 1,25; 2,5; 5; 10; 20; 40; 80; 160; 250; 500 і 1000 кг.



# ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №1

## 1 ПРОМИСЛОВИЙ РОБОТ “ЦИКЛОН-5”

### 1.1 Мета роботи

Вивчення конструкції і настроювання промислового робота з цикловим програмним керуванням. Придбання навичок по складанню програм.

### 1.2 Призначення промислового робота “Циклон-5”

Промислові роботи типу “Циклон-5” призначені для автоматизації процесів холодного штампування в умовах серійного і дрібносерійного виробництва, а також для завантаження і розвантаження технологічного обладнання, міжверстатного транспортування і міжопераційного складування в механічних, заготівельних та інших цехах.

### 1.3 Технічна характеристика промислового робота “Циклон-5”

|   |          |
|---|----------|
| Кількість рук .....   | 1...2    |
| Вантажопідйомність однієї руки, кг .....  | 5        |
| Радіус робочої зони, мм:  |          |
| найбільший R max .....  | 1560     |
| найменший R min .....   | 510      |
| Найбільший горизонтальний хід руки, мм .....  | 600      |
| Висота осі руки від рівня підлоги, мм:  |          |
| найменша .....  | 860      |
| найбільша .....   | 1110     |
| Найбільший вертикальний хід руки, мм .....  | 100      |
| Найбільший кут повороту рук у горизонтальній площині, град. ....                        | 180      |
| Межі установки кута положення кожної руки щодо поздовжньої осі маніпулятора, град ..... | ±30...15 |
| Найбільший кут повороту схвата навколо поздовжньої осі, град .....                      | 180      |

Точність позиціонування схвата, мм:

|                                   |       |
|-----------------------------------|-------|
| при повороті руки (на 180°) ..... | ±0,25 |
| при лінійних переміщеннях .....   | ±0,1  |

Маса маніпулятора, кг:

|                  |     |
|------------------|-----|
| однорукого ..... | 460 |
| дворукого .....  | 780 |

#### **1.4 Складові частини й основні вузли промислового робота “Циклон-5”**

Промисловий робот “Циклон-5” (рисунок 1) [1] складається з маніпулятора 1 (виконання 1 і 2) і пристрою 2 циклового програмного керування типу УЦМ-30. Для установки маніпулятора на необхідній висоті від рівня підлоги використовуються гвинтові домкрати 3. ПР “Циклон-5” (виконання 3) додатково оснащений модулем зрушення, що збільшує розмір зони обслуговування в горизонтальному напрямку (рисунок 1) [1].

Конструктивна і принципова гідропневматична схеми ПР типу “Циклон-5” приведені на рисунку 2 [1]. При надходженні команди від пристрою УЦМ-30 включаються у визначеній послідовності електромагніти  $У_1, У_2, \dots, У_{22}$  повітророзподільників. Повітророзподільники відкривають доступ повітря в пневмоциліндри механізмів приводу, і рука робить рух. При установці руки в задане положення спрацьовують кінцеві вимикачі  $S_1, S_2, \dots, S_8$ , які контролюють виконання відповідного переміщення і дають дозвіл на початок наступного руху. Поворот кисті руки, затиск-розтиск схвата, а також установка упорів повороту в потрібні точки контролюються не по переміщенню, яке задається кінцевими вимикачем, а за часом. На виконання цих рухів приділяється визначений інтервал часу (0,2 – 1,8 с) з дискретністю завдання 0,2 с. Маніпулятор є виконавчим механізмом ПР і має у собі наступні основні складальні одиниці: 1) рука (чи дві руки); 2) механізми підйому і повороту рук; 3) пневмосистема.

Рука маніпулятора виконана у вигляді уніфікованої конструкції, призначеної для захвату, утримання й орієнтації в просторі заготовок, чи дета-

лей технологічного оснащення масою до 5 кг (рисунок 3) [1]. Для здійснення зазначених вище операцій механізм руки має у собі приводи висування і повороту кисті, а також захватний пристрій (схват) із приводом затиску. Захват і затиск об'єкта маніпулювання відбувається за рахунок губок 1, які установлені на шарнірах у корпусі, що кріпиться до фланця 4, що сидить на шліцьовому хвостовику вала 3. Розміри і конфігурації губок можуть бути різноманітними в залежності від форми і маси деталі, у разі потреби припускається заміна усього схвата. Затиск і розтискання схвата здійснюється стисненням повітрям, що через штуцер 22 і отвір у втулці 15 підводиться у внутрішню порожнину валів 17 і 3, а потім надходить у робочу порожнину пневмоциліндра 2. Під тиском повітря шток-поршень пневмоциліндра 2 переміщається вліво і за допомогою закріпленого на штоку водила і важелів стискає губки схвата. Розтискання схвата відбувається під дією пружини при вимиканні тиску повітря в пневмоциліндрі 2. Привод повороту схвата складається з двох пневмоциліндрів 23, розташованих на корпусі 14. При подачі стиснутого повітря в робочу порожнину одного з циліндрів (наприклад, лівого) поршень 24 разом з рейкою 26 рухається вправо, приводячи в обертання шестірню 27, вали 17 і 3. Порожнина правого циліндра при цьому з'єднується з атмосферою. Для повороту схвата в протилежну сторону стиснене повітря подається в правий циліндр. Кут повороту схвата регулюється гвинтами-обмежувачами 25. Для забезпечення рівномірної швидкості повороту схвата використовується гідродемпфер 16, що кріпиться до корпусу 14. Лопата 28 демпфера встановлена на валу, який кінематично пов'язаний з валом 17. При повороті вала лопата 28 вичавлює масло з порожнини К в порожнину Л через дросель 29, за допомогою якого регулюється швидкість повороту схвата. Привод висування руки представляє собою пневмоциліндр, який складається з труби 10 із привареними на кінцях фланцями 13 і 18. Усередині труби розміщений порожній шток-поршень 11, на передньому кінці якого закріплений схват. До фланців кріпляться два корпуси 14 і 19. У корпусі 19 запресована бронзова втулка 20, що є направляючою штока 11. На штоку жорстко закріплений хомут

5, до якого кріпиться штанга 6 із двома упорами 7 і 12, які призначені для обмеження ходу штока. Пересуваючи упори по штанзі, можна регулювати хід руки. Положення упорів фіксується гвинтами 21. Штанга 6 одночасно служить для утримання штока-поршня 11 від провертання щодо поздовжньої осі руки. Штокова порожнина пневмоциліндра 10 постійно знаходиться під тиском. Для висування руки стиснене повітря подається в протилежну порожнину цього пневмоциліндра: шток 11 внаслідок різниці ефективних площ поршня починає переміщатися вліво разом зі штангою 6 і упорами 7, 12, здійснюючи висування руки до дотику упора 12 у підпружинений палець 8 датчика 9 положення. Датчик видає сигнал у систему керування про спрацьовування механізму висування. Для втягування руки тиск у безштоковій порожнині зменшується, і поршень під дією тиску повітря в штоковій порожнині починає рух назад.

Для збільшення швидкості втягування руки в магістралі підведення повітря з мережі встановлюється клапан швидкого скидання (позиція 26 на рисунку 2 [1]).

У корпусі 19 (рисунок 3) [1] розташований здвоєний гідродемпфер, який забезпечує гальмування руки при її русі чи вперед, чи назад при підході до точки позиціонування. Рука, рухається разом зі штоком, впливає на упори: упор 12 (при висуванні руки) чи упор 7 (при зворотному ході), які натискають на виступаючі штоки золотників 32, що утоплюють їх у корпусі. Масло при русі золотника 32 витісняється з порожнини М (чи И) через кільцевий отвір, утворений конічним хвостовиком золотника і свердлінням у корпусі. При переміщенні золотника перетин отвору зменшується, плавно збільшуючи опір руху руки – відбувається гальмування руки. Ефективність (час) гальмування можна регулювати дроселем. Масло, яке витиснуто при русі золотника 32, частково перетікає в порожнину К і переміщає поршень 30 у праву сторону, переборюючи тиск повітря, що постійно подається через штуцер 31. При зворотному русі руки упор 12 (чи 7) відходить від хвостовика золотника, і масло з порожнини К під дією тиску повітря в порожнині Л відкриває зворотні клапани, перетікає в порожнину М (чи Н)

і повертає золотник у вихідне положення.

Механізм підйому і повороту призначений для здійснення переміщення рук уздовж вертикальної осі маніпулятора і повороту рук навколо цієї осі (рисунок 4) [1]. Рука (чи руки) кріпляться на торці рухливого пневмоциліндра 1, що є приводом підйому. У пристрій підйому рук входить також шток 2 з поршнем 3, установлений на підшипниках 4 і 5 у корпусі 6 і нерухомо закріплений на стойці станини клапан гальмовий 7 із дроселем. Для підйому руки стиснене повітря через отвори в кришці 5 і в штоку 2 подається в безштокову порожнину циліндра 1. Верхнє положення циліндра з закріпленими на ньому руками визначається упором 9 який, упираючись у корпус гальмового клапана 7, перешкоджає подальшому переміщенню циліндра 1. При підйомі рук упор 9 циліндра підйому натискає на шток 10 золотника, який, піднімаючись, витісняє масло з порожнини П в порожнину К через дросель 11 і кільцевий отвір перемінного перерізу. Ефективність гальмування визначається часом перетікання масла і регулюється за допомогою дроселя 11. При цьому дросель настраюють так, щоб забезпечувалась ненаголошена зупинка рухливого циліндра у верхнім положенні. При опусканні рук (при відході упора 9) повернення штока-золотника 10 у вихідне положення здійснюється стисненим повітрям, що постійно подається з мережі в порожнину И, відділену від порожнини К поршнем 3б. Для прискорення повернення золотника масло в порожнину П перетікає через зворотний клапан 12. Інтенсивність гальмування при опусканні рук регулюється дроселем 13. Плавність ходу і регулювання швидкості підйому й опускання рук здійснюється за допомогою двох гідродемпферів 14. Корпус гідродемпферів кріпиться до стойки станини, а шток 15 з'єднаний з колектором 16. При підйомі й опусканні циліндра 1 разом зі штоком 15 масло вичавлюється з порожнини М в порожнину Н через дросель 17, за допомогою якого регулюється швидкість руху. У нижнім положенні циліндра 1 поршень 3 упирається в заглушку 18. У заданому положенні циліндра спрацьовує безконтактний шляховий датчик 19, у паз голівки якого входять прапорці 20, закріплені на качалці 21. Датчик сигналізує про виконан-

ня заданого переміщення.

Пристрій повороту (рисунок 4) [1] складається з двох малих 22 і двох великих 23 пневмоциліндрів. Штоки 24 поршнів 25 виконані у вигляді рейок. У порожнині поршнів знаходяться безконтактні шляхові датчики 26. Передні кінці штоків 24 служать плунжерами порожнин гідроциліндра гальмування 27 при повороті руки. На штоках 28 великих гідроциліндрів 23 закріплені планки 29, що, упираючись у регульовані гайки-упори 30, обмежують переміщення цих штоків. Штоки-рейки 24 в зачепленні із шестірнею 31, закріплені на штоку 2. Передача обертаючого моменту зі штока на рухливий циліндр 1 здійснюється за допомогою качалки 32, яка закріплена на кронштейні 33, і надає рух водилу 34, яке жорстко зв'язане з рухливим циліндром 1. Для здійснення повороту рук стиснене повітря подається в безштокову порожнину одного з пневмоциліндрів 22 – шток-рейка, переміщується під тиском повітря до упора в шток 28, приводить до обертання шестірню 21 і зв'язаний з нею рухливий циліндр 1 із закріпленими на ньому механічними руками. Для зменшення опору при повороті стиснене повітря в пневмоциліндри 22 подається через клапани швидкого випуску повітря 35, принцип дії яких аналогічний описуваному вище. Фіксація будь-яких чотирьох точок у зоні обслуговування робота при повороті рук здійснюється шляхом послідовної подачі стиснутого повітря у відповідні порожнини пневмоциліндрів 22 і 23.

Стиснене повітря для приводу рук подається з повітророзподільників по гнучких трубках у нижній колектор 16, що має можливість тільки вертикального переміщення, і далі по каналах у рухливому циліндрі - у верхній колектор (дивись схему на рисунку 2) [1].

### **1.5 Основні режими роботи промислового робота “Циклон-5”**

Основними режимами роботи пристрою є налагоджувальний, кроковий, одиночного циклу та автоматичний (рисунок 5) [1].

В налагоджувальному режимі команди на маніпулятор задаються з пульта керування. Контроль положення робочих органів маніпулятора

здійснюється за допомогою сигнальних ламп індикації на пульті керування.

У кроковому режимі пристрій забезпечує відпрацьовування одного кадру програми на платі завдання програми.

Блок керування забезпечує виконання наступних команд: позиціонування, затиск-розтиск схватів, технологічні команди, затримка перекладу кадру. Кінець відпрацьовування команд позиціонування фіксується по одержанню сигналів від датчиків положення, що надходять у блок керування, а також по закінченню відпрацьовування заданих витримок часу, формованих у блоці керування. Кінець відпрацювання команд на затиск-розтиск схватів визначається по закінченню витримки часу на виконання цих команд, формованих у блоці керувань. Кінець виконання технологічних команд визначається по отриманню відповіді від технологічного обладнання про виконання програми. У випадку неотримання відповіді на одну з “аварійних технологічних команд” блок керування формує сигнал “Стоп” і відпрацювання програми припиняється незалежно від подальшої відповіді на данні команди від обладнання. Наступне відпрацювання програми можливо лише у разі надання команди “Пуск” з пульта керування, при умові “тривалої” відповіді від технологічного обладнання.

У режимі “Одиночний цикл” зупинка відбувається після однократного відпрацьовування програми по команді “кінець програми”.

У режимі “Автоматичний” не відбувається зупинка у роботі після обробки кожного циклу.

## **1.6 Програмування промислового робота “Циклон-5”**

Основні команди і їхня розшифровка приведені в таблиці 6 [1]. Знак “х” може бути замінений на знак “0”. У деяких випадках визначені команди можна поєднувати. Наприклад: 10 – “висунути руку вперед”, 01 – “підняти руку угору”, 11 – “висунути і підняти руку одночасно”.

## **1.7 Порядок виконання роботи**

- 1) Вивчити призначення і конструкцію основних вузлів промислового

робота.

- 2) Ознайомитись з пристроєм циклового програмного керування. Вивчити панель пульта керування.
- 3) Для варіанта циклу, заданого викладачем, розробити програму керування промислового робота.
- 4) Набрати програму на складальному полі пульта керування.
- 5) Включити промисловий робот і перевірити його роботу в ручному режимі.
- 6) Перевірити роботу програми в “командному” (покроковому) режимі.
- 7) Перевірити роботу програми в режимі “одиначного циклу”.
- 8) Перевірити роботу програми в автоматичному режимі.
- 9) Проаналізувати результати роботи робота і зробити висновки.

### **1.8 Зміст звіту**

Звіт по лабораторній роботі повинен містити:

- 1) Найменування роботи.
- 2) Мета роботи.
- 3) Основні вузли та їхня робота.
- 4) Основні режими роботи.
- 5) Порядок виконання роботи.
- 6) Програма керування.
- 7) Висновки по роботі.



## ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №2

### 2 ПРОМИСЛОВИЙ РОБОТ “РИТМ-01.02”

#### 2.1 Мета роботи

Вивчення конструкції і методики настроювання промислового робота типу “Ритм-01.02”.

#### 2.2 Призначення промислового робота “РИТМ-01.02”

Промислові роботи типу “Ритм-01” призначені для автоматизації технологічних процесів у листоштампувальному і механоскладальному виробництвах приладобудування. ПР даного типу випускаються з маніпулятором трьох виконань, що відрізняються друг від друга кількістю рук, кількістю їхніх ступенів рухливості і наявністю механізму поперечного зсуву.

#### 2.3 Технічна характеристика промислового робота “РИТМ-01.02”

|  |      |
|--|------|
| Кількість рук, шт. ....  | 2    |
| Номінальна вантажопідйомність руки, кг .....   | 0,5  |
| Кількість ступенів рухливості .....  | 5    |
| Межі регулювання кутового розташування кожної руки щодо осі маніпулятора (при повороті рук в одну сторону), град. .... | ±65  |
| Швидкість переміщень:  |      |
| підйому й опускання рук, м/с .....   | 0,17 |
| повороту рук, град/с .....   | 360  |
| висування рук, м/с .....   | 0,6  |
| поперечного зсуву, м/с .....   | 0,17 |
| повороту кистей рук, град/с .....  | 720  |
| Точність позиціонування об'єктів по кожному переміщенню, мм ...  | 0,1  |
| Маса маніпулятора (без пристрою ЧПК), кг .....   | 20   |

#### 2.4 Складові частини й основні вузли промислового робота “РИТМ-01.02”

На рисунку 6 [1] показана конструкція маніпулятора ПР “Ритм-01.01”,

що має дві руки. Загальна кількість ступенів рухливості маніпулятора – 5: рух підйому, поперечного зсуву, повороту рук у горизонтальній площині, осьового переміщення і повороту кисті руки з схватом щодо поздовжньої осі.

У ПР “Ритм-01.02” руки мають різне виконання: права – двохступенева (рух уздовж осі і поворот кисті щодо цієї осі), ліва – одноступенева (тільки осьовий рух). ПР “Ритм-01.03” має однорукий маніпулятор із двома ступенями рухливості, без механізму зсуву.

ПР типу “Ритм-01” можуть бути як стаціонарного, так і пересувного (на візку) виконання.

Маніпулятори ПР типу “Ритм-01” мають уніфіковану конструкцію, що складається з наступних складальних одиниць: руки 1 (одно- або двоступеневі); механізм зсуву 2; механізми повороту і підйому 3; основа 4; гнучкі трубопроводи 5; пневмоблоки 6; механізми установчих переміщень 7; пристрій циклового програмного керування (на рисунку 6 [1] не показано), з'єднаний з маніпулятором за допомогою кабелю.

Програма для циклу рухів маніпулятора задається на пульті керування. При надходженні команд із пристрою циклового програмного керування (ЦПК) включаються електромагніти відповідних пневморозподільвачів, що відкривають доступ повітря в пневмоциліндри виконавчих механізмів – маніпулятор робить визначені рухи. При досягненні схватом руки заданого положення шляхові безконтактні датчики (герконові перемикачі) формують електричні сигнали, що надходять у пристрій ЦПК, який видає команду на виконання чергового етапу циклу руху. Момент відпрацювання команд на поворот кисті руки і затискання-розтискання схвата фіксується по закінченні заданих витримок часу в інтервалі 0,1 – 0,9 с (з дискретністю 0,1 с), які формовані у блоці керування ЦПК. Крім того, можливе формування тимчасових інтервалів від 1 до 9 с (з дискретністю 1 с) між окремими етапами циклу руху маніпулятора.

Принципові схеми ПР типу “Ритм-01” – конструктивна (для різних виконань) і пневматична показані на рисунку 7 [1].

Механізм руки маніпулятора уніфікований для варіантів виконання: з одним (рисунок 8 [1]) чи двома (рисунок 9) [1] ступенями рухливості.

Механічна одностепенева рука (рисунок 8) [1] має тільки один механізм приводу висування кисті, а також пристрою для установки схвата при налагодженні в наступні положення: I – паралельно поздовжньої осі руки і співвісно з нею; II – паралельно поздовжньої осі руки і під нею; III – перпендикулярно поздовжній осі руки. Захватний механізм містить у собі пневмоциліндр 1 з підпружиненим штоком-поршнем 2 і систему важелів 3, на яких встановлюються змінні губки. Схват кріпиться на передньому фланці кисті 4, яка виконана у виді шарнірного паралелограма, що фіксується у визначених положеннях гайками. Для затиску губок схвата стиснене повітря подається в поршневу порожнину пневмоциліндра 1 через штуцер 5 і далі по гнучкому трубопроводу 6, що проходить усередині полою качалки 7 із фланцями для кріплення кисті 4 і кришки 8. Розтискання губок схвата здійснюється за допомогою пружини 9, яка при з'єднанні поршневої порожнини пневмоциліндра 1 з атмосферою відводить шток-поршень 2 вправо. При цьому пружини 10 повертають важелі 3 у вихідне положення. Механізм висування кисті руки складається з пневмоциліндра 11, корпусу 12 з кульковими обоймами 13 і порожньої скалки 7 з якою жорстко зв'язана кисть зі схватом. Шток пневмоциліндра 11 зв'язаний з качалкою за допомогою поперечної планки 14. Для висування кисті руки стиснене повітря подається в поршневу порожнину циліндра, і шток, висуваючись, переміщає скалку в кулькових обоймах корпусу. Зворотний хід кисті зі схватом здійснюється при подачі повітря в штокову порожнину пневмоциліндра 11. Для регулювання величини ходу висування на скалку 7 кріпиться упор 15. Для ненаголошеного останова в обох точках позиціонування передбачений гідродемпфер 16 двосторонньої дії. У гідродемпфері дві порожнини зі штоками-поршнями 17 заповнені маслом і з'єднуються між собою через дросель, за допомогою якого настраюється інтенсивність (час) гальмування. При висуванні руки упор 15 у кінці ходу взаємодіє зі штоком-поршнем 17, який утоплює його в корпус 16 гідродемпфера. Гальмування відбува-

ється за рахунок повільного перетікання масла з однієї порожнини гідродемпфера в іншу. Наприкінці ходу корпус 16 стикається з упором, при цьому правий шток-поршень гідродемпфера цілком утоплений, а лівий шток-поршень висунутий з корпусу. При зворотному ході руки з лівим штоком-поршнем взаємодіє планка 14. На пневмодемпфері встановлені два датчики положення 18 для відліку обох точок позиціонування.

Замість механічного захватного пристрою на маніпуляторі ПР може бути встановлений пневматичний схват, що також монтується на передньому фланці кисті руки. Усередині корпусу пневмосхвата розміщується ежектор 19 для створення розрідження під вакуумною присоскою 20. Для захвата деталі до ежектора подається стиснене повітря через ту ж магістраль, що і до механічного схвата. Для скидання деталі пневмомагістраль з'єднується з атмосферою.

Механічна рука з двома степенями рухливості складається зі схвата (механічного чи пневматичного) і двох механізмів приводов: повороту і висування кисті. Механізм руки маніпулятора з двома ступенями рухливості показаний на рисунку 9 [1] (на рисунках 8 [1] та 9 [1] уніфіковані елементи конструкції мають той самий номер позиції). Особливістю конструкції механізму руки з двома ступенями рухливості є те, що важелі 3 механічного схвата кріпляться на передньому фланці кисті 4, яка виконана у вигляді гільзи пневмоциліндра 1 затиску губок. Для затискання губок повітря подається в поршневу порожнину пневмоциліндра 1 через штуцер 5 кришки 21 і центральний отвір вала 22, який з'єднаний з трубопроводом 6, що проходить усередині порожньої скалки 7. Пневмосхват для даного маніпулятора показаний на рисунку 8 [1] (позиції 19 і 20). Механізм висування руки аналогічний раніше розглянутій конструкції (рисунок 8) [1].

Механізм повороту кисті руки (рисунок 9) [1] складається з пневмоциліндра 23, барабана 24 з гвинтовим пазом і вала 25 для передачі крутного моменту, а також упорний гвинт 26 для регулювання кута повороту. На шток 27 поршня пневмоциліндра встановлений штифт 28, що одночасно входить у прямолінійний паз направляючої втулки 14 і в гвинтовий паз ба-

рабана 24, який жорстко з'єднаний з валом 22. Для повороту кисті руки проти годинникової стрілки стиснуте повітря подається в поршневу порожнину пневмоциліндра 23, шток якого висувається і повертає за допомогою штифта 28 барабан 24. Для повороту кисті руки в протилежну сторону стиснене повітря подається в штокову порожнину пневмоциліндра 23. Кут повороту переднього фланця кисті 4 вала 25 регулюється кількістю кульок 30, що закладаються в кільцевий канал обойми 29, яка закріплена на передньому фланці руки. Поворот вала обмежений упорним гвинтом 26.

Механізм повороту і підйому маніпулятора показаний на рисунку 10 [1]. На планшайбі 1 встановлюються (у залежності від виконання маніпулятора) рука, або механізм зсуву з закріпленою на ньому рукою, або консоль із двома руками. Планшайба спирається на підшипник 2 і має можливість обертання під дією пневмоциліндра 3. Поршні циліндра з'єднані штоком-рейкою 4, яка входить у зачеплення з циліндричним зубчастим колесом 5. Обертання колеса 5 передається через тригранне з'єднання на голчастих підшипниках на вал 6 і закріплену на ньому планшайбу 1. Для регулювання кута повороту в механізмі є переналагоджувані упори 7, 8, 9, які болтами 10 притискаються до конічного паза планшайби 1. Гальмування в крайніх точках здійснюється гідродемпфером 11 при взаємодії упорів 8 чи 9 з плунжерами 12. При цьому відповідний плунжер утоплюється, переганяючи масло через дросель 13, яким регулюється інтенсивність гальмування, у порожнину підживлення 14. При відході упорів 8 чи 9 під дією поворотної пружини 15 переміщається поршень 16 зі зворотним клапаном 17, який, переганяючи масло з порожнини підживлення через відповідний зворотній клапан 18, прискорено повертає плунжер 12 у вихідне положення. На гідродемпфері встановлена плита з датчиком положення 19. Для гальмування і закріплення руки в середній точці встановлений механізм фіксації 20 – під дією стиснутого повітря, що надходить у порожнину циліндра 22 по команді від пристрою керування, плунжер 21 підгортається нагору і фіксує планшайбу 1. При повороті руки упор 7 давить на плунжер 21, переміщаючи його вниз – відбувається гальмування планшайби, завдяки по-

вільному перетіканню масла в нижню порожнину а. Положення руки фіксується при улученні верхнього кінця плунжера 21 у гніздо упора 7, при цьому спрацьовує датчик положення 23.

Механізм підйому представляє собою пневмоциліндр 24. Спільно з поршнем циліндра переміщуються платформа 25, трьохгранний вал 6, траверса 26 і планшайба 1. На бічних поверхнях траверси 26 установлені кулькові опори кочення 27, які переміщуються по направляючим, що виконані на корпусі механізму повороту. Регулювання ходу здійснюється упорами 28 та 29, які встановлені на скалці 30. Гальмування при підйомі відбувається гідродемпфером 31, який має два плунжери, які взаємодіють з упорами 28 і 29. На корпусі гідродемпфера встановлені датчики положення 32.

Механізм горизонтального переміщення (зсуву) руки (у напрямку, перпендикулярному осі руки) показаний на рисунку 11 [1]. Корпус 1 механізму зсуву кріпиться на планшайбі механізму повороту і підйому. З нерухомим корпусом 1 зв'язаний порожній шток-поршень 2 приводного пневмоциліндра 3. Зовнішня поверхня циліндра виконана у вигляді чотирьохгранної скалки. Циліндр може переміщуватись по направляючих кочення 4, кулькові обойми яких закріплені в корпусі 1. З рухливим циліндром 3 за допомогою кільця 5 і кришки 6 зв'язаний кронштейн 7, на якому кріпиться рука. Для переміщення руки повітря подається в поршневу порожнину пневмоциліндра через штуцер 8, штокова порожнина при цьому з'єднується з атмосферою. Регулювання ходу відбувається за рахунок переміщення упора 9 по скалці 10. Наприкінці ходу циліндра 3 його кришка 11 діє на упор 9 і, стискаючи пружину 12, переміщає скалку 10 вправо. При цьому важіль 13, повертаючись навколо осі, зміщає вліво скалку 14, яка жорстко зв'язана зі штоком пневмодемпфера 15. Шток утоплюється в корпус пневмодемпфера, що здійснює гальмування руху пневмоциліндра 3. Гальмування відбувається за рахунок стиску повітря яке знаходиться в порожнині пневмоциліндра до тих пір, доки не спрацює запобіжний клапан 16, пружина 17 якого налагоджена за допомогою гайки 18 на відповідний тиск.

Для повернення кронштейна 7 з рукою у вихідне положення стиснуте повітря подається в штокову порожнину пневмоциліндра 3 через центральний отвір в штоку 2. Гальмування наприкінці ходу відбувається за рахунок повільного витікання повітря з поршневої порожнини пневмоциліндра 3 в атмосферу через дросель 19. Під час цього ходу кришка 11 зміщається вліво, звільняючи упор 9, і пружина 12 повертає у вихідне положення скалку 10, важіль 13, скалку 14 і з'єднаний з нею шток пневмодемпфера, усередині якого відкривається зворотний клапан 20. На пневмодемпфері встановлені два датчики положення 21 для обох точок позиціювання.

## **2.5 Порядок виконання роботи**

- 1) Вивчити призначення і конструкцію основних вузлів промислового робота.
- 2) Перевірити роботу робота в різних його режимах.
- 3) Проаналізувати результати роботи робота і зробити висновки.

## **2.6 Зміст звіту**

Звіт по лабораторній роботі повинний містити:

- 1) Найменування роботи.
- 2) Мета роботи.
- 3) Основні вузли та їхня робота.
- 4) Порядок виконання роботи.
- 5) Висновки по роботі.

## ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №3

### 3 ПРОМИСЛОВИЙ РОБОТ М10П.62.01

#### 3.1 Мета роботи

Вивчити конструкцію, основні вузли і роботу промислового робота М10П.62.01. Придбати навички по складанню керуючої програми і на-строюванню робота.

#### 3.2 Призначення промислового робота М10П.62.01

Спеціалізовані ПР типу М10П призначені для обслуговування метало-різальних верстатів, наприклад, завантаження і розвантаження верстатів з ЧПК токарної групи. Особливістю ПР даного типу є можливість рухів робочого органа (схвата) маніпулятора в сферичній системі координат, а також конструктивне вбудовування безпосередньо в технологічне обладнання, яке обслуговується. Пристрій програмного керування ПР забезпечує позиціонування робочого органа маніпулятора по шести координатних осях, дві з яких є загальними для механізмів з чотирма ступенями рухливості.

#### 3.3 Технічна характеристика промислового робота М10П.62.01

Номінальна вантажопідйомність при установці схвата, кг:

|  |           |
|--|-----------|
| одинарного .....   | 10        |
| подвійного .....   | 2×5       |
| Кількість ступенів рухливості (керованих координатних рухів) ..... | 4-6       |
| Максимальні лінійні переміщення по X чи Z, мм .....                | 150       |
| Максимальні кутові переміщення, град:                              |           |
| A .....  | 90        |
| B .....  | 120       |
| C .....  | 180       |
| $\alpha$ (блок повороту – виконання 1) .....                       | 90 чи 180 |
| $\alpha$ (блок повороту – виконання 2) .....                       | 270       |

Діапазон швидкостей кутових переміщень, град/с:



|  |             |
|--|-------------|
| A, B та C .....  | 1,36...120  |
| $\alpha$ .....   | 90          |
| Діапазон швидкостей лінійних переміщень по X чи Z, м/с ... | 0,008...0,5 |
| Максимальна абсолютна похибка позиціонування, мм .....     | 0,5         |
| Найбільший виліт руки, мм .....                            | 630         |
| Зусилля захоплення, Н .....                                | 360...500   |
| Діапазон розмірів деталей, які завантажуються, мм:         |             |
| по зовнішньому діаметру .....                              | 20...150    |
| по внутрішньому діаметру .....                             | 38...168    |
| Маса, кг .....   | 110         |

### **3.4 Основні частини й основні вузли промислового робота М10П.62.01**

Загальний вигляд ПР М10П.62.01 приведений на рисунку 12 [1]. Промисловий робот складається з основи 1, вузла механічної руки 2, уніфікованих поворотних блоків 6 кисті руки, перехідної втулки 7 і змінних схватів 8, а також пристрою керування (на рисунку не показано). Основа 1 містить у собі механізм повороту руки у вертикальній площині (рух В). Вузол 2 руки складається з: 1) механізму 4 горизонтального (рух Z) чи вертикального (рух X) лінійного переміщення (найменування даного переміщення залежить від попередньої установки руки маніпулятора щодо координатних осей X і Z – горизонтально або вертикально); 2) механізму 5 повороту у вертикальній (рух А) чи горизонтальній (С) площинах. Блок 6 повороту кисті відносно поздовжньої осі (рух  $\alpha$ ) може бути виконаний у двох виконаннях – 1 чи 2.

На рисунку 13 [1] показані кінематична і принципова пневматичні схеми ПР. Переміщення X чи Z здійснюється за допомогою регульованого електродвигуна М1 постійного струму типу 4ДПУ, який встановлений у вузлі руки, через приводний зубцюватий пас з передавальним відношенням 2/3 ( $z_9=16$ ,  $z_{10} = 24$ ), пари конічних зубчастих коліс  $z_{11} = 15$ ,  $z_{12}=30$  на багатозахідну кульковогвинтову передачу з ходом  $t = 60$  мм. Разом з гай-

кою передачі переміщається по кульковій направляючій кронштейн із установленим на ньому блоком повороту. Для запобігання довільного опускання кронштейна, при вимкненні живлення, вал конічної шестірні  $z_{11}$  з'єднаний з електромагнітним гальмом. Контроль переміщення здійснюється перемикачами, на які діють упори, установлені на кронштейні. Механізм повороту (рух В) містить у собі регульований електродвигун М2 постійного струму типу 4ДПУ, який через зубчасто-пасову передачу  $z_1 = 16$ ,  $z_2 = 26$  приводить в обертання однозахідний черв'як  $z_3 = 1$  і зчеплене з ним черв'ячне колесо  $z_4 = 55$ . Черв'ячне колесо встановлене на вихідному валу, який жорстко зв'язаний з механізмом руки маніпулятора. На протилежному кінці цього вала закріплений диск з упорами, які впливають на шляхові перемикачі в схемі керування рухом повороту В.

Конструкція основи ПР із механізмом повороту руки у вертикальній площині показана на рисунку 14 [1], де: 1 – електродвигун; 2 – зубчасто-пасова передача; 3 – вал-черв'як; 4 – черв'ячне колесо; 5 – вихідний вал; 6 – диск з упорами (командо-апарат); 7 – корпус основи; 8 – приєднувальний фланець механізму повороту.

Механізм повороту руки маніпулятора у вертикальній (рух А) чи горизонтальній (рух С) площинах (кінематична схема на рисунку 13 [1]) приводиться в рух електродвигунами постійного струму М3, який через приводний зубцюватий пас з передатним відношенням  $2/3$  ( $z_5=16$ ,  $z_6 = 24$ ) обертає вал черв'яка  $z_7 = 1$  і зчеплене з ним черв'ячне колесо  $z_8 = 55$ . Останнє нерухомо закріплено на осі, яка встановлена в корпусі механізму повороту (позиція 8 на рисунку 15 [1]). В результаті обкатування черв'яка по нерухомому черв'ячному колесу відбувається рух А чи С корпуса руки щодо осі цього колеса.

Конструкція механізмів осьового переміщення Х (чи Z) і повороту А (чи С) руки маніпулятора показана на рисунку 14 [1], де: 1 – електродвигун М1 (дивись кінематичну схему) осьового переміщення; 2 – зубчасто-пасова передача; 3 – зубцювата конічна передача; 4 – ходовий багатозахідний гвинт; 5 – кулькова гайка; 6 – кронштейн; 7 – кулькова втулка; 8 – на-

правляюча качалка; 9 – електромагнітне гальмо; 10 – шляховий перемикач механізму осьового переміщення; 11 – вал-черв'як механізму повороту руки; 12 – черв'ячне колесо; 13 – вісь повороту руки; 14 – диск з упором механізму повороту руки; 15 і 16 – шляхові перемикачі механізму повороту А (чи С) руки; 17 – корпус механізму руки.

Обертання блоку повороту кисті руки навколо поздовжньої осі (рух  $\alpha$ ) відбувається за допомогою напівобертового пневмодвигуна. Пневмообладнання ПР (дивись принципову пневмосхему на рисунку 12 [1]) містить у собі: 1) вузол підготовки повітря, який кріпиться на задній стінці електрошафи; 2) блоки пневмоапаратури приводів поворотних блоків (виконання 1, 2) і змінні схватні пристрої різних типів. Стиснене повітря від заводської мережі надходить у вузол підготовки, що містить у собі фільтр-вологовідділювач (ВД) для очищення повітря і відділення конденсату, а також маслорозподілювач (МР) для насичення повітря маслом.

Очищене і насичене маслом повітря надходить до пневмоапаратури керування поворотними блоками. У блоці повороту (виконання 1) при відключених електромагнітах  $YA1$  і  $YA2$  повітря по магістралям 1, 2 і 3 надходить з обох порожнин пневмодвигуна Д. При включеному електромагніті  $YA1$  пневморозподілювача Р1 відбувається поворот блоку щодо його поздовжньої осі (рух  $\alpha$ ) проти годинникової стрілки. При цьому повітря з порожнини пневмодвигун М витісняється по магістралі 2 через пневморозподілювач Р1 в атмосферу. При включеному електромагніті  $YA2$  пневморозподілювача Р2 здійснюється аналогічним чином поворот блоку за годинниковою стрілкою.

У блоці повороту виконання 2 на відміну від виконання 1 установлені дроселі ДР1 і ДР2, через які повітря з порожнини пневмодвигуна М витісняється по магістралях 6 і 2 через пневморозподілювач Р1 (чи по магістралях 7 і 3 через пневморозподілювач Р2 – при зміні напрямку повороту). Крім того, передбачена фіксація блоку при відключених електромагнітах  $YA1, \dots, YA4$  пневморозподілювачів Р1,  $\dots, Р4$ . При цьому стиснене повітря по магістралям 2, 3, 6 і 7 надходить в обидві порожнини пневмодвигу-

на Д, а по магістралі 5 – у поршневу порожнину пневмоциліндра Ц. Розфіксація блоку відбувається при вимиканні електромагнітів УА3 і УА4 пневморозподільвачі Р3 і Р4. При цьому стиснене повітря по магістралі 4 надходить у штокову порожнину пневмоциліндра Ц.

Конструкція блоку повороту кисті руки маніпулятора у виконанні 1 показана на рисунку 15 [1]. На передньому торці напівобертового пневмодвигуна 1 закріплена перехідна втулка 2, у якій на підшипниках встановлено стакан 3, який з'єднаний за допомогою шпонки з вихідним валом пневмодвигуна. До переднього фланця стакана 3 кріпиться змінний схват конструкція якого аналогічна показаній на рисунку 28 [1]. На протилежній стороні пневмодвигуна змонтований двопозиційний пристрій керування 4, що забезпечує включення і вимикання пневморозподільвача. Фіксація кисті при повороті на кут  $90^\circ$  і  $180^\circ$  у двох її положеннях ( $0$  і  $90^\circ$  чи  $0$  і  $180^\circ$ ) здійснюється за допомогою стопора 5, тип якого вибирають у залежності від необхідного кута повороту. У середині корпусу 4 є амортизатор 6, який зменшує удар при підході стопора 5 до упорів 7. Там же встановлений кінцевий перемикач 8, використовуваний для контролю положення зупинки.

Конструкція блоку повороту кисті руки у виконанні 2 показана на рисунку 15 [1], де: 1 – пневмодвигун; 2 – перехідна втулка; 3 – стакан з фланцем для кріплення схвата; 4 – стопорний пристрій, що забезпечує чотири кутових положення ( $0$ ,  $+90^\circ$ ,  $180^\circ$  і  $-90^\circ$ ); 5 – корпус стопорного пристрою; 6 – шток пневмоциліндра фіксації; 7 – фіксатор; 8 – шляхові перемикачі; 9 – блок пневмоапаратури приводів.

### **3.5 Режими роботи промислового робота М10П.62.01**

Керуючий пристрій працює в 4-х основних режимах: навчання і редагування, відтворення, діагностика і робота з зовнішнім запам'ятовуючим пристроєм ЗЗП “Ізодиск”.

Після первісного включення система встановлюється в режим “Діагностика”. Рекомендується робити первісне нулювання робота. За допомогою ручного руху кожний із суглобів потрібно довести до положення, бли-

зького до нульового, перш ніж запустити функцію “Встановлення в нульовій позиції” кнопкою “старт”.

Не можна переходити до режимів навчання, редагування і виконання програм перед тим, як нулювати роботу. Ручний рух регулювання роботи здійснюється незважаючи на обмеження припустимої зони руху, тому повинен виконуватись оператором дуже уважно.

Робота в режимі “Робота з ЗЗП” не залежить від стану роботи (нулювати чи ні).

#### **Режим “Навчання і редагування”**

У цьому режимі можна виконувати наступні функції:

- запис, корекцію, перейменування і стирання програм;
- запис, корекцію і стирання кроків;
- запис, корекцію і стирання точок;
- ручний рух робота;
- виконання однієї команди;
- заповнення, корекцію і стирання таблиць штабелювання.

#### **Режим “Відтворення”**

У цьому режимі виконуються наступні функції:

- запуск і зупинка технологічної програми;
- підключення до керування і звільнення від керування машини;
- включення повітряного струменя;
- відкриття і закриття щита машини;
- покрокове виконання програми;
- виконання G - команд програми;
- виконання M - команд програми;
- діагностичні функції;
- вибір програми і номера команди початку інтерпретації.

#### **Режим “Діагностика”**

У цьому режимі виконуються наступні функції:

- установлення робота в нульовій позиції;
- читання і корекція параметрів настроювання;

- скидання аварійної помилки;
- ручний рух;
- вивід робота з зони крайнього вимикача;
- перекидання базових величин параметрів з постійної пам'яті в CMOS-пам'ять;
- автоматична корекція сумарної помилки при керуванні осями;
- ініціалізація параметрів, необхідних для сервокерування.

### Режим *“Робота з ЗЗП”*

У цьому режимі виконуються наступні функції:

- форматування гнучкого магнітного міні-диска;
- запис файлу на гнучкому диску;
- читання файлу з гнучкого диска;
- порівняння файлу гнучкого магнітного диска з файлом пам'яті;
- стирання файлу з гнучкого диска;
- читання існуючих на гнучкому диску файлів.

### **3.6 Програмування та види команд**

У програмній пам'яті можна записати до 99 різних програм. Одна програма представляє собою послідовність команд і підпрограм і описує дії роботизованого комплексу при виконанні визначеного технологічного циклу. Послідовність розташування програм у пам'яті визначається послідовністю їхнього введення. Кожна програма викликається для виконання за допомогою свого номера, під яким вона була введена. Під тими ж номерами вони записуються на гнучкому диску і викликаються з його. Кожна програма може звертатися до іншої програми як до підпрограми (команда M93). Як правило для виконання одного технологічного циклу записується одна головна програма, що використовує інші програми як підпрограми. Бажано, щоб головна програма завершувалася однією з команд M02 (стоп з поверненням у початок програми), M97 (безумовний перехід у початок програми,) чи M92 (безумовний перехід до мітки). Кожна підпрограма обов'язково повинна завершуватися командою M95 (кінець підпрограми).

Для більш універсального виконання підпрограм передбачена команда G 91 (присвоєння точки точці). У такий спосіб підпрограма може працювати з “формальними” точками, тобто це точки, які використовуються в підпрограмі і яким необхідно присвоїти конкретні величини перед звертанням головної програми до цієї підпрограми. Це означає, що та ж сама підпрограма може виконувати ті ж самі дії в різних геометричних місцях робочого простору робота.

### **3.6.1 Види команд і типи перемінних**

У залежності від свого призначення команди поділяються на наступні групи:

- команди руху робота;
- команди керування зовнішнім технологічним обладнанням;
- команди керування схватами;
- команди керування програмним ходом.

У таблиці 8 [1] наведено команди мови разом з їхнім значенням і форматом, а в цьому розділі буде описана докладно їхня дія.

Змінними є:

- точки;
- швидкість у відсотках;
- час затримки;
- таблиці штабелювання;
- внутрішні реєстри;
- вхідні сигнали;
- вихідні сигнали;
- лічильники циклів;
- мітки.

#### ***Точки***

Можлива кількість точок, які можна записати в пам'яті 300. Кожна точка є сукупністю суглобних координат по X/Z, A/C, B та  $\alpha$ , які визначають дане положення робота в просторі. Один раз записані їх можна використа-

ти у всіх програмах, тобто величина кожної точки, у якої свій номер, що бере участь у різних програмах, та ж сама.

### ***Швидкість***

Ця перемінна використовується в команді G01 і визначає швидкість руху робота до зустрічі наступної команди G01. Вона дає відсоток максимальної швидкості, яка задана параметрами 8, 108 та 208 для відповідних осей.

### ***Затримка часу***

Ця перемінна використовується в команді G04 і визначає час затримки виконання програми. Одиниці затримки часу дорівнюють 0,1 сек. Максимальна величина, якою можна задатися 999 одиниць.

### ***Таблиці штабелювання***

Таблиці штабелювання зв'язані з командами G90, G67, G 77. У програмній пам'яті можна записати до 5 таких таблиць. Кожна з них описує одну палету в просторі і спосіб роботи з нею. Пошук таблиць у пам'яті здійснюється як пошук точок з номерами 301÷305. У кожній з них описані:

- підхід до стовпця – P1;
- початок палети – P2;
- точка, що визначає висоту деталей (крок по Z) – P3;
- точка, що визначає відстань між стовпцями (крок по C) – P4;
- кількість деталей по Z і C – n1, n2;
- поточні індекси при упорядкуванні деталей по Z і C – n3, n4;
- швидкість (у відсотках) руху з P1n3 і P2n3, n4 і назад – U;
- послідовність упорядкування деталей (як послідовність по осях) –  
0 – Z, C; 1 – C, Z – A1;
- використовуваний хват – A2;
- мітка переходу в програмі при заповненні пам'яті – L.

Параметр A2 може приймати наступні величини:

- 0 – хват 1 і захоплення по зовнішньому діаметру;
- 1 – хват 1 і захоплення по внутрішньому діаметру;
- 2 – хват 2 і захоплення по зовнішньому діаметру;



3 – хват 2 і захоплення по внутрішньому діаметру.

За допомогою таблиці задається положення палети в робочому просторі. Лічильники  $n_3$  і  $n_4$  показують перше порожнє місце в палеті.

Нехай в одній палеті  $n_1 = n$  і  $n_2 = m$ .

При дештабелюванні в лічильники  $n_3$  і  $n_4$  необхідно заряджати 1 і  $m+1$  для  $A_1 = 0$  і  $n+1$  і 1 для  $A_1 = 1$  і першою буде взята деталь з позиції  $n$  і  $m$ .

Якщо палета порожня при дештабелюванні ( $n_3 = 1$ ;  $n_4 = 1$ ) чи повна при штабелюванні ( $A_1 = 0$ ,  $n_3 = 1$ ,  $n_4 = m+1$  чи  $A_1 = 1$ ,  $n_3 = n+1$ ,  $n_4 = 1$ ), тоді перехід до мітки L виконується відразу без руху до точки підходу.

### ***Внутрішні реєстри***

При програмуванні можна використовувати також внутрішні реєстри. Їхня кількість 16 та вони є загальними для всіх програм у пам'яті. Використовуються в командах: M58 – установлення внутрішнього реєстра, M59 – зменшення внутрішнього реєстра та M89 – умовний перехід по внутрішньому реєстру. Їхню величину можна прочитати у режимі “Діагностика” – параметри 701 – 716.

### ***Вхідні сигнали***

У систему входять 16 вхідних сигналів, які служать для керування програмою в залежності від стану машин і іншого технологічного обладнання, що входять у роботизований комплекс. Кожна програма має доступ до них та може розгалужуватися або зупинятися до встановлення необхідних сигналів. За допомогою чотирьох додаткових входів здійснюється керування програмою за допомогою десяткового коду.

### ***Вихідні сигнали***

З системи виведені 16 керуючих релейних сигналів, які служать для керування машиною, роботизованого комплексу. Кожна працююча програма може видавати потенційні сигнали на рівні логічного “0”, логічної “1” чи імпульси в послідовності 0 – 1 – 0 з широтою імпульсу 200 мсек.

### ***Лічильники циклу***

Лічильники циклу використовуються в зв'язку з командами M94 і

M96. Вони представляють собою цілі числа з максимальною величиною 255. Лічильники вказують скільки разів необхідно повторити визначену ділянку програми. Кожний з них жорстко зв'язаний з командою, у якій використовується. Його величина не змінюється під час виконання програми, тобто кожне входження в робочий режим приводить до встановлення його максимальної величини.

### ***Мітки***

Мітки вказують місце переходу в програмі, до якого звертаються команди умовного і безумовного переходу і команди штабелювання. Їхня кількість може бути до 99 у програмі і не є загальною для всіх програм у пам'яті. Більш спеціальні функції виконують мітки з номерами 90÷98. До них звертається команда M85 переходу до десяткового коду з машини. Місце мітки задається командою M99. При звертанні до нього виконання програми продовжується з наступної за M99 команди.

## **3.6.2 Команди керування рухом робота (G – команди)**

### ***Рух до точки – G00***

Формат: G00 PX

При зустрічі цієї команди в програмі робот виконує рух з поточної своєї позиції до позиції, записаної як суглобні координати в точці “X”. Послідовність рухів по осям X/Z, A/C, B та  $\alpha$ . Якщо поточне положення якого-небудь суглоба збігається з положенням, записаним у точці, то завдання руху до цього суглоба не подається. Виконання наступної команди починається після досягнення всіма суглобами заданої позиції.

### ***Завдання швидкості руху – G01***

Формат: G01 UX

Ця команда задає величину швидкості руху робота. Вона знаходиться в зв'язку з командою G00, а також визначає швидкість при досягненні точки P1 у командах G67 і G77, “X” – це відсоток максимальної швидкості по осях X/Z, A/C та B, які задані параметрами 8, 108 і 208.

Кожна команда G01 визначає швидкість руху до її зміни іншою ко-

мандою G01.

### ***Затримка часу – G04***

Формат: G04 T XXX

Команда викликає зупинку виконання програми на час, заданий за допомогою X. Розмірність X = 0,1 сек., тобто максимальна тривалість затримки часу, викликаної однієї командою, – 99,9 секунди.

### ***Штабелювання і дештабелювання деталей***

Формат: G67 CX (аналогічно для G77)

X – це номер таблиці штабелювання. На рисунку 16 [1] дана геометрична інтерпретація точок таблиці і формату команд. Точки P3 і P4 визначають розмір деталей по осях Z та C. Послідовність виконання однієї такої команди наступний:

а) перехід з поточної позиції робота до точки P1<sub>N4</sub> зі швидкістю, заданої до того в програмі. Послідовність руху наступна – X/Z, A/C, B. Кисть встановлюється в положенні, заданому в точці P1<sub>N4</sub> після чого до закінчення штабелювання не змінюється;

б) відкривається чи закривається обраний схват у залежності від того, що необхідно виконувати – брати чи залишати деталі (від параметра A2). Якщо схват уже відкритий (закритий), то дія не виконується;

в) виконується рух з точки P1<sub>N4</sub> до точки P2<sub>N3, N4</sub> зі швидкістю відповідно до наведеної нижче:

$$ZP1_{N4} = ZP1;$$

$$CP1_{N4} = CP1 + N4 * (CP4 - CP2);$$

$$BP1_{N4} = BP1;$$

$$ZP2_{N3, N4} = ZP1 + N3 * (ZP3 - ZP2);$$

$$CP2_{N3, N4} = CP1 + N4 * (CP4 - CP2);$$

$$BP2_{N3, N4} = BP1;$$

г) відкривається (закривається) обраний схват для залишення (узяття) деталі;

д) змінюється стан поточних лічильників, які вказують положення наступної деталі в палеті. Послідовність їх збільшення (зменшення) задається

параметром A1;

е) виконується рух з точки  $P2_{n3,n4}$  до  $P1_{n4}$  зі швидкістю відповідно до наведеної вище;

ж) перевіряється чи повна (порожня) палета. У цьому випадку виконання програми продовжується з мітки, заданої в таблиці штабелювання. Якщо упорядкування палети не закінчено, тоді переходять до виконання наступної команди програми.

Примітка: Пояснення, що знаходяться в дужках, відносяться до команди дештабелювання.

### ***Зміна поточних лічильників у таблиці штабелювання – G90***

Формат: G90 CX; N3Y1; N4Y2

Команда виконує актуалізацію поточних лічильників n3 та n4 таблиці X величинами Y1 і Y2. Вона використовується у випадках, коли послідовність упорядкування деталей у пам'яті не співпадає з їхнім місцем розташування (наприклад при роботі з інструментальним магазином) чи коли необхідна нова ініціалізація лічильників для нової палети раніше закінчення циклу по попередній.

Максимальна величина індексів, якою можна задатися, 251.

### **3.6.3 Команди керування програмним ходом**

#### ***Програмний стоп – M00***

#### ***Програмний стоп з видачею аварійної помилки – M01***

#### ***Програмний стоп з поверненням у початок програми – M02***

Формат: M00; M01; M02

При зустрічі цих команд виконання програми припиняється. Для продовження роботи системи необхідно натиснути кнопку “СТАРТ” (для M00 та M02). При M00 виконання програми буде продовжено з наступної команди, а при M02 – з початку програми. Ці команди використовуються в тому випадку, коли необхідне втручання оператора під час технологічного циклу або разом з командами M66, M67, M76 та M77 для зупинки системи в непередбачених ситуаціях. Після команди M01 на дисплеї індицирується

помилка E70 і система встановлюється в режимі “Діагностика”. У випадку, коли команда M00 знаходиться в кінці програми, після її виконання буде індицирована помилка E21 (Кінець програми).

***Робота з внутрішніми регістрами – M58, M59, M89 та G92***

Формат: M58 FY VX; M59 FY; M89 LZ FY; G92 F1 X1 F2 X2

Внутрішні регістри служать для маркірування подій, які будуть перевірятися в інших частинах програми. Їх можна використати також як лічильники для формування циклу. З їхньою допомогою здійснюється внутрішнє розгалуження у програмі. Команда M58 заряджає величину X у регістр з номером Y. Команда M59 зменшує зміст регістра Y на одиницю. Якщо регістр Y дорівнює нулю, то команда M59 його не змінює. Команда M89 перевіряє регістр Y та в залежності від його змісту продовжує виконання програми з різних місць. Якщо регістр Y не дорівнює нулю, програма продовжується з мітки, у протилежному випадку виконується наступна команда. Команда G92 присвоює зміст регістра X2 регістру X1.

Робота з внутрішніми регістрами представлена у програмі 1.

***Програма №1***

Послідовне упорядкування 2-х палет, описаних таблицями 2 та 5, причому деталі беруться з точки 417. Для керування послідовністю використовується регістр 11. В обох таблицях задана мітка 27 переходу при повній палеті. Програма зупиняється, коли буде заповнена одна з палет. Блок-схема цієї програми задана на рисунку 17 [1].

|             |  |
|-------------|--|
| M69         | Початкове устанавлення схвата            |
| M58 F11 V0  | Початкове встановлення регістру 11 у “0” |
| M99 L1      | Початок циклічного упорядкування         |
| G01 U80     | Завдання швидкості                       |
| G00 P417    | Рух до точки 417                         |
| M68         | Взяти деталь (закрити схват)             |
| G0I U10     | Швидкість для досягнення точки P1 палети |
| M89 L10 F11 | Яку палету необхідно упорядкувати?       |
| G67 C2      | Штабелювання палети 2                    |

|            |  |
|------------|--|
| M58 F11 B1 | Встановлення реєстру 11 у “1” для упорядкування іншої палети |
| M92 L1     | Перехід у початок циклічного упорядкування – крок 3          |
| M99 L10    | Звідси продовжується упорядкування іншої палети              |
| G67 C5     | Штабелювання палети 5  |
| M59 F11    | Встановлення реєстру 11 у “0”                                |
| M92 L1     | Перехід у початок циклічного упорядкування – крок 3          |
| M99 L27    | Тут закінчується виконання програми                          |
| M02        |  |

***Безумовні переходи – M92, M97, M98***

Формат: M92 LX; M97; M98 LX

При M92 керування передається команді з міткою X, M97 – у початок програми, а при M98 – програмі з номером X. Ці команди служать для організування нескінченного циклу або для стикування декількох програм.

***Завдання мітки – M99***

Формат: M99 LX

Ця команда визначає місце мітки X в тілі програми. Звертання до неї приводить до виконання послідовності команд, що впливають безпосередньо за командою M99. Якщо до того моменту в програмі вже була уведена мітка під тим же номером X, то індицирується помилка E65 – мітка яка повторюється. Після скидання помилки відновлюється стан до введення команди з міткою X.

***Робота з підпрограмами – M93, M95***

Формат: M93 LX; M95

Під підпрограмою розуміють довільну програму, яка при послідовному виконанні завершується командою M95 (повернення з підпрограми). Ця структура дає можливість оформлення у виді підпрограм послідовних дій, що часто зустрічаються, які виконуються багаторазово в одній або декількох різних програмах.

При зустрічі команди M93 керування передається першій команді програми з номером X, введеним у якості оператора M93. При зустрічі ко-

манди M95 керування передається першій команді, яка є наступною за M93 (туди, звідки була викликана підпрограма).

Кожна підпрограма може звертатися до інших підпрограм. Число звертань до підпрограм необмежено. На рисунку 18 [1] дана структура звертання до однієї підпрограми.

K3 є першою командою підпрограми яка виконується. При зустрічі M95 виконання підпрограми припиняється і виконується команда (у випадку K1 та K2), наступна безпосередньо за M93, яка викликала виконання програми. У тілі кожної підпрограми може бути звертання до інших підпрограм, причому кількість таких вкладень обмежене до 10.

### ***Присвоєння точки точці – G91***

Формат: G91 P1X; P2Y

Ця команда використовується, як правило, при роботі з підпрограмами. Величина точки P2 присвоюється точці P1. У такий спосіб P1 може брати участь як формальний параметр у підпрограмі. У цьому випадку G91 з фактичним параметром P2 повинна бути присутня у головній програмі раніш M93. Перед виконанням команди обидві точки повинні бути записані.

### ***Організація циклу – M94, M96***

Формат: M94 BK; M96

За допомогою цих команд можна організувати кратне виконання групи команд програми. Початок циклу задається за допомогою M94, де K визначає кількість повторень групи команд. При зустрічі M96 виконується перевірка закінчення циклічного виконання. Якщо цикл завершений, виконання програми продовжується з команди, що є наступною безпосередньо за M96. Тіло одного циклу може містити інші організовані цикли, причому кількість вкладень обмежене до 10.

### ***Програма №2***

Програма руху між точками з номерами 13, 97 та 274, причому рух до точки 13 виконується зі швидкістю 15% від максимальної, а до інших – 67%. Цей цикл виконується 20 разів, після чого робот зупиняється та очі-

кує натискання кнопки “СТАРТ” для повторного виконання.

|          |  |
|----------|--|
| M94 B20  | Завдання початку циклу   |
| G01 U15  | Завдання швидкості 15% руху до точки 13  |
| G00 P13  | Рух до точки 13  |
| G01 U67  | Зміна швидкості – 67%  |
| G00 P97  | Рух до точки 97  |
| G00 P274 | Рух до точки 274 з тієї ж швидкістю 67%  |
| M96      | Кінець циклу, програма продовжується з кроку 1, причому лічильник автоматично зменшується на 1 |
| M02      | Стоп з поверненням у початок програми – крок 1   |

### **3.6.4 Команди керування машиною і технологічним обладнанням**

#### ***Подача керуючих сигналів до машини – M80, M81, M82***

Формат: M80 01, 02,..., 0n (аналогічно для інших – M81, M82)

Команда M80 видає імпульсний сигнал з широтою 200 мсек по усіх виходах з номерами 01, ..., 0n, які задаються в якості операндов команди. Команда M81 видає потенційні сигнали логічної “1” по усіх виходах, заданим у якості операндів. Аналогічно команда M82 видає потенційні сигнали логічного “0” по усіх виходах, заданим у якості операндів.

#### ***Команда керування конвеєром – M 80***

Формат: M 80 12.

Команди M 80 видає імпульсний сигнал на вихід 12 (у даному випадку на конвеєрі відбувається зсув на 1 позицію).

#### ***Команди керування патроном – M 81, M 82***

Формат: M81 1; M 81 2; M 82 1; M 82 2

Команда M 81 1 видає сигнал на затиск патрона. Для зняття поданого сигналу служить команда M 82 1. Команда M 81 2 видає сигнал на розтиск патрона. Для зняття поданого сигналу служить команда M 82 2.

#### ***Команди керування пінолі – M 81, M 82***

Команда M 81 3 видає сигнал на висування пінолі. Для зняття поданого сигналу служить команда M 82 3. Команда M 81 4 видає сигнал на пі-



ноть що висувається. Для зняття поданого сигналу служить команда M 82 4.

### ***Чекання встановлення входних сигналів – M83, M84***

Формат: M83 J1, ..., Jn (аналогічно для M84)

При зустрічі цих команд виконання програми зупиняється до встановлення й останнього входного сигналу J1 на рівень “0” для M83 і на рівні “1” для M84. Після виконання цієї умови нормальний хід програми відновлюється наступною командою.

Команда M83 виконує чекання до моменту, коли логічний вираз буде правдивим:  $(J1 \vee J2 \vee \dots \vee Jn = 0)$ , де  $\vee$  – булева функція диз'юнкція.

Команда M84 виконує чекання до моменту, коли логічний вираз буде правдивим:  $(J1 \wedge J2 \wedge \dots \wedge Jn = 0)$ , де  $\wedge$  – булева функція кон'юнкція.

### ***Умовні переходи по входних сигналах – M90, M91***

Формат: M90 LX; J1 ..... JN (аналогічно для M91)

Ця команда перевіряє моментний стан входних сигналів. Якщо всі J1 ..... JN на рівні “0” для M90 або на рівні “1” для M91, то виконання програми продовжується з мітки X. Якщо один чи більш сигналів не відповідає цій умові, тоді виконується наступна команда.

Команда M90 може бути описана наступним чином:

Якщо  $(J1 \vee J2 \vee \dots \vee J_N = 0)$ , тоді перехід до мітки X, в іншому випадку виконання наступної команди.

Команда M91 може бути описана наступним чином:

Якщо  $(J1 \wedge J2 \wedge \dots \wedge J_N = 1)$ , тоді перехід до мітки X, в іншому випадку виконання наступної команди.

### ***Читання керуючих кодів машин – M85***

Формат: M85

Керуючі коди подаються з машин до пристрою за допомогою входних сигналів RSR1÷RSR3 та RSR4. Інформація з них сприймається як десяткове число від 1 до 8. Команда M85 передає керування програмою мітці 9X, де X – десятковий код, прочитаний з вищезгаданих входів.

Команда M85 дає можливість машині повідомити роботу по якій про-

грамі продовжувати роботу в залежності від деталі, яку необхідно обробляти в даний момент. При використанні команди M85 бажано, щоб у програмі були визначені всі мітки 9X, X = 0, 1, ... 8, для того, щоб при будь-якому отриманому з машини коду робот міг продовжити безаварійно виконання програми. Наприклад, якщо можна обробляти тільки два види деталей і для них написані підпрограми, які починаються мітками L1 та L2 то бажано, щоб при складанні програми визначити які дії виконувати у випадку одержання з машини коду L0, L3, ..... L8. Це є аварійною ситуацією (несподіваним повідомленням) і бажано, щоб вона була визначена в програмі.

### **3.6.5 Команди керування схватами**

#### ***Команди відкриття і закриття схватів – M68, M69, M78, M79***

Формат: M68 (аналогічно для інших)

M68 та M69 відносяться до схвата 1, а M78 і M79 – до схвата 2. M68 та M78 закривають схвати, а M69 та M79 відкривають їх. При зустрічі цих команд у програмі подаються відповідні керуючі сигнали закриття (відкриття) схватів, які виконуються з затримкою часу, визначеною параметрами 411 або 412, після чого продовжують нормальне виконання інших команд. При повному відкритті (закритті) схватів відповідні сигнали до них припиняються.

#### ***Команди відкриття (закриття) схватів зі слідкуванням за їхнім повним відкриттям (закриттям) – M66, M67, M76, M77***

Формат: M66 LX (аналогічно для інших)

M66 і M67 відносяться до схвата 1, а M76 і M77 – до схвата 2. M66 та M76 подають сигнали закриття схватів, а M67 і M77 – сигнали відкриття. Дія цих команд аналогічна описаному в попередньому пункті з тією різницею, що після закінчення часу відкриття (закриття) перевіряється сигнал цілком відкритого (закритого) хвата. Якщо він не поданий, то керування програмою передається наступній по порядку команді, а в противному випадку – до мітки X.

### ***Подача керуючих сигналів до службових виходів – M60, M61, M62***

Формат: M60 RX (аналогічно для інших)

Команда M60 видає імпульс з широтою 200 мсек до X. Команди M61 та M62 видають потенційні сигнали до виходів, записаним як операнди. M61 видає логічну “1”, а M62 – логічний “0”.

### ***Чекання встановлення службових вхідних сигналів – M63, M64***

Формат: M63 SX (аналогічно для M64)

При зустрічі цих команд виконання програми припиняється до установавлення вхідного сигналу X в “0” для M63 та в “1” для M64. Після виконання цієї умови відновлюється нормальний хід програми наступної по порядку командою.

### ***Умовні переходи по службовим вхідним сигналам – M70, M71***

Формат: M70 LX SY (аналогічно для M71)

Ця команда перевіряє миттєвий стан вхідних сигналів. Якщо вхід “Y” в “0” для M70 та в “1” для M71, то виконання програми продовжується з мітки X. У іншому випадку виконується наступна команда.

Ці команди дають можливість споживачу організувати самостійне керування технологічним обладнанням, що сконструював він сам (наприклад специфічними кистями, хватами, пристосуваннями і т.д.). Їх також можна використовувати для створення додаткового контролю усередині програм (наприклад перевірка повністю відкритого схвата без його відкриття).

### ***Програма №3***

Схема роботи робота представлена на рисунку 19 [1]. Заготовки розташовані в стовпцях по 5 штук на конвеєрі та описані у виді одномірної палети в таблиці штабелювань 1. Готові деталі ставляться в палету розмірністю 3x4, задану таблицею штабелювань 2. Після обробки одного стовпця конвеєра подається сигнал руху конвеєра на один крок, а при заповненні палети сигнал повної палети. Після обробки кожних 100 деталей подається сигнал зміни інструмента. Величини в таблицях і номери вхідних і вихідних сигналів наступні:

Таблиця штабелювань 1

P1 – 20

P2 – 31

P3 – 32

P4 – 31

N1 – 5

N2 – 1

N3 – 1

N4 – 2

U – 15

A1 – 0

A2 – 0

L – 40

Вхідні сигнали:

J1 – щит відкритий

J2 – щит закритий

J3 – патрон відкритий

J10 – конвеєр установлений  
в позиції

J12 – палета встановлена

J13 – завершений цикл  
обробки деталі

Таблиця штабелювань 2

P1 – 40

P2 – 41

P3 – 42

P4 – 43

N1 – 4

N2 – 3

N3 – 1

N4 – 1

U – 15

A1 – 1

A2 – 0

L – 45

Вихідні сигнали:

01 – Відкриття (закриття) щита  
02 – Відкриття (закриття) патрона  
05 – Рух конвеєра (імпульсний)  
08 – Сигнал повної палети  
(імпульсний)  
09 – Заміна інструмента  
010 – Старт циклу обробки  
деталі (імпульсний)

Блок-схема роботи робота за даною програмою представлена на рисунку 20 [1].

Програма:

|     |            |                                   |
|-----|------------|-----------------------------------|
| 001 | M81 01, 02 | Відкриття щита і патрона          |
| 002 | M80 05     | Зрушення конвеєра на один крок    |
| 003 | M67 L88    | Відкриття схвата 1                |
| 004 | M01        | Аварія, якщо не відкриється схват |
| 005 | M99 L88    |                                   |

|     |                         |   |
|-----|-------------------------|---|
| 006 | M84 J1, J2,<br>J10, J12 | Чекання встановлення початкових умов роботи |
| 007 | M94 B100                | Початок циклу обробки 100 деталей           |
| 008 | G01 U90                 | Завдання транспортної швидкості             |
| 009 | G00 P20                 |   |
| 010 | G77 C1                  | Взяти деталь з конвеєра                     |
| 011 | M99 L70                 | Повернення після пересування конвеєра       |
| 012 | G00 P10                 |   |
| 013 | G01 U20                 |   |
| 014 | G00 P11                 | Вставлення деталі в патрон                  |
| 015 | G00 P12                 |   |
| 016 | M82 02                  | Закриття патрона                            |
| 017 | G04 T50                 | Чекання закриття патрона                    |
| 018 | M67 L89                 | Відкриття схвата                            |
| 019 | M01                     |   |
| 020 | M99 L89                 |   |
| 021 | G00 P11                 | Відхід з машини                             |
| 022 | G00 P10                 |   |
| 023 | M82 01                  | Закриття щита                               |
| 024 | M84 J2                  | Підтвердження на закриття щита              |
| 025 | M80 010                 | Старт обробки                               |
| 026 | M84 J13                 | Чекання кінця циклу                         |
| 027 | M81 01                  | Відкриття щита                              |
| 028 | M84 J1                  | Чекання відкрита щита                       |
| 029 | G00 P11                 |   |
| 030 | G00 P12                 |   |
| 031 | M67 L44                 | Взяти оброблену деталь                      |
| 032 | M81 02                  | Відкриття патрона                           |
| 033 | M84 J3                  | Підтвердження відкриття патрона             |
| 034 | G00 P11                 |   |

|     |         |  |
|-----|---------|--|
| 035 | G00 P10 | Відхід з машини  |
| 036 | G01 U90 | Завдання транспортної швидкості  |
| 037 | G00 P20 |  |
| 038 | G67 C2  | Вставлення деталі  |
| 039 | M99 L71 | Місце повернення в програму після заміни палети                            |
| 040 | G00 P20 |  |
| 041 | M96     | Кінець циклу обробки 100 деталей   |
| 042 | M80 09  | Заміна інструмента   |
| 043 | M92 L88 | Перехід у початок  |
| 044 | M99 L44 | Програма продовжується звідси у випадку, якщо не знайдена деталь у патроні |
| 045 | G00 P11 |  |
| 046 | G00 P10 | Відхід з машини  |
| 047 | M01     | Стоп – аварія  |
| 048 | M99 L40 | Закінчено стовпець на конвеєрі   |
| 049 | M80 05  | Рух конвеєра   |
| 050 | G04 T10 |  |
| 051 | M84 J10 | Чекання встановлення конвеєра в позицію                                    |
| 052 | M92 L70 | Продовження програми   |
| 053 | M99 L45 | Заміна полети  |
| 054 | M80 08  |  |
| 055 | G04 T10 |  |
| 056 | M92 L71 |  |

### **3.6.6 Настроювання робота**

Настроювання робота здійснюється за допомогою пульта керування представленого на рисунку 21 [1]. Позначення клавiш керування і їхнє призначення представлені в таблиці 7 [1].

Настроювання робота більш докладно викладено у [2].

### **3.7 Порядок виконання роботи**

- 1) Вивчити призначення, конструкцію і принцип дії промислового робота М10П.62.01.
- 2) За заданим завданням скласти програму керування роботом М10П.62.01.
- 3) Увести розроблену програму в систему керування.
- 4) Вивчити різні режими роботи робота.
- 5) Проаналізувати отримані результати і зробити висновки по лабораторній роботі.

### **3.8 Зміст звіту**

Звіт по лабораторній роботі повинний містити:

- 1) Найменування роботи.
- 2) Мета роботи.
- 3) Технічна характеристика робота М10П.62.01.
- 4) Кінематична схема промислового робота М10П.62.01 і короткий її опис.
- 5) Основні вузли і їхня робота (з рисунками).
- 6) Основні режими роботи робота.
- 7) Порядок виконання роботи.
- 8) Програма керування і схема руху по заданій програмі.
- 9) Висновки по роботі.

## Рекомендована література

1. Промышленные роботы в машиностроении: Альбом схем и чертежей: Учеб. пособие для технических вузов / Ю.П. Соломенцев, К.П. Жуков, Ю.А. Павлов и др.; Под общ. Ред. Ю.М. Соломенцева. – М.: Машиностроение, 1986. – 140 с.: ил.
2. Попов Е.П., Письменный Г.В. Основы робототехники: Введение в специальность: Учеб. для вузов по спец. “Робототехнические системы и комплексы” – М.: Высш. шк., 1990. – 224 с.: ил.
3. Тимофеев А.В. Управление роботами: Учеб. пособие – Л.: Изд-во Ленингр. ун-та. 1986. – 240 с.
4. Металлорежущие станки: Учебник для машиностроительных вузов/ Под ред. В.Э. Пуша. – М.: Машиностроение, 1985. – 256 с., ил.
5. Скотт П. Промышленные роботы – переворот в производстве: Сокр. пер. с англ. / Авт. предисл. и науч. ред. Л.И. Волчкевич. М.: Экономика, 1987. – 304 с.
6. Промышленные роботы агрегатно-модульного типа / Е.И. Воробьев, Ю.Г. Козырев, В.И. Царенко; Под общ. ред. Е.П. Попова. – М.: Машиностроение, 1988. – 240 с.: ил. – (Автоматические манипуляторы и робототехнические системы).
7. Козырев Ю.Г. Промышленные роботы: Справочник. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1988. – 392 с: ил.

## Перелік посилань

1. Промислові роботи. Альбом до методичних вказівок до виконання лабораторних робіт з дисципліни “Промислові роботи: будова, програмування, експлуатація” для здобувачів другого (магістерського) рівня вищої освіти за спеціальністю 133 “Галузеве машинобудування” освітньо-професійної програми “Галузеве машинобудування” / Укл.: Кальченко В.В., Пасов Г.В. – Чернігів: НУ “Чернігівська політехніка”, 2021. – 55 с.
2. Промышленный робот М10П.62.01. Руководство по программированию робота. Стара Загора, 1987, – 490 с.



| Зміст  | Стор |
|--|------|
| Вступ .....  | 3    |
| Класифікація промислових робіт у машинобудуванні .....                         | 7    |
| Основні технічні параметри і позначення моделей<br>промислових робіт .....     | 7    |
| Типорозмірні ряди промислових робіт .....                                      | 9    |
| Характеристики груп промислових робіт відповідно<br>до виду виробництва .....  | 9    |
| Промислові роботи в ливарному виробництві .....                                | 10   |
| Промислові роботи для обслуговування ковальсько-пресового<br>виробництва ..... | 11   |
| Промислові роботи для обслуговування металорізальних<br>верстатів .....        | 11   |
| Промислові роботи для складання .....  | 12   |
| Промислові роботи для обслуговування обладнання<br>цехів металопокриття .....  | 13   |
| Компонувальні схеми промислових робіт .....                                    | 13   |
| Захватні пристрої промислових робіт .....                                      | 14   |
| Лабораторна робота №1 “Промисловий робот “Циклон-5” .....                      | 17   |
| 1.1 Мета роботи .....  | 17   |
| 1.2 Призначення промислового робота “Циклон-5” .....                           | 17   |
| 1.3 Технічна характеристика промислового робота “Циклон-5” ..                  | 17   |
| 1.4 Складові частини й основні вузли промислового<br>робота “Циклон-5” .....   | 18   |
| 1.5 Основні режими роботи промислового робота “Циклон-5” ....                  | 22   |
| 1.6 Програмування промислового робота “Циклон-5” .....                         | 23   |
| 1.7 Порядок виконання роботи .....   | 23   |
| 1.8 Зміст звіту .....  | 24   |

|  |    |
|--|----|
| Лабораторна робота №2 “Промисловий робот “РИТМ-01.02” .....                    | 25 |
| 2.1 Мета роботи .....  | 25 |
| 2.2 Призначення промислового робота “РИТМ-01.02” .....                         | 25 |
| 2.3 Технічна характеристика промислового робота<br>“РИТМ-01.02” .....          | 25 |
| 2.4 Складові частини й основні вузли промислового<br>робота “РИТМ-01.02” ..... | 25 |
| 2.5 Порядок виконання роботи .....   | 31 |
| 2.6 Зміст звіту .....  | 31 |
| Лабораторна робота №3 “Промисловий робот М10П.62.01 .....                      | 32 |
| 3.1 Мета роботи .....  | 32 |
| 3.2 Призначення промислового робота М10П.62.01 .....                           | 32 |
| 3.3 Технічна характеристика промислового робота М10П.62.01 ..                  | 32 |
| 3.4 Основні частини й основні вузли промислового<br>робота М10П.62.01 .....    | 33 |
| 3.5 Режими роботи промислового робота М10П.62.01 .....                         | 36 |
| 3.6 Програмування та види команд .....   | 38 |
| 3.6.1 Види команд і типи перемінних .....                                      | 39 |
| 3.6.2 Команди керування рухом робота (G – команди) .....                       | 42 |
| 3.6.3 Команди керування програмним ходом .....                                 | 44 |
| 3.6.4 Команди керування машиною і технологічним<br>обладнанням .....           | 48 |
| 3.6.5 Команди керування схватами .....   | 50 |
| 3.6.6 Настроювання робота .....  | 54 |
| 3.7 Порядок виконання роботи .....   | 55 |
| 3.8 Зміст звіту .....  | 55 |
| Рекомендована література .....   | 56 |
| Перелік посилань .....   | 56 |