

УДК 62-522.7

МОДЕРНІЗАЦІЯ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ПРОМИСЛОВОГО МАНІПУЛЯТОРА

Голубєв Л. П., Ківа І. Л., Цись Б. І.

Київський національний університет технологій та дизайну

Мета. Модернізація системи керування промислового пневматичного маніпулятора МП-9 за допомогою мікроконтролера сімейства Arduino.

Методика. На основі положень електротехніки та програмування мікроконтролерних систем було виконано проектування, збирання та тестування системи керування електропневматичним маніпулятором МП-9С.

Результати. Був розроблений блок керування маніпулятором, проведена модернізація системи керування пристроєм та створене спеціальне програмне забезпечення для коректної роботи маніпулятора.

Наукова новизна. Вперше розроблено новий метод керування електропневматичним маніпулятором МП-9С за допомогою мікропроцесорної системи Arduino Mega.

Практична значимість. Розроблена система керування роботом-маніпулятором може бути використана як на підприємствах для обслуговування виробничих агрегатів, так і у навчальних закладах з метою вивчення студентами циклічних програм керування.

Ключові слова: робот-маніпулятор, МП-9С, система керування, пневматичний маніпулятор, модернізація, Arduino

Промисловий робот МП-9С призначений для обслуговування штампувальних пресів, а також для автоматизації інших технологічних процесів, в яких потрібно здійснювати захват, перенесення і установку деталей на технологічне обладнання. Також дана модель пневматичного маніпулятора досить широко використовується для підготовки студентів у вищих навчальних закладах[1-3].

За роки роботи електронний цифровий блок програмного керування ЕЦПУ-6030 втратив свою актуальність та морально застарів. Тому виникає задача заміни електронного блоку керування на більш сучасну автоматизовану систему керування. В якості такої системи була вибрана мікропроцесорна схема Arduino. Так як в системі передбачена робота з великим числом вихідних контактів в якості мікропроцесорної системи була використана модель Arduino Mega.

Питання модернізації застарілого обладнання є на сьогодні дуже актуальними завдяки великій кількості цього обладнання, що працює на виробництві. Особливо актуальним являється модифікація системи керування цим обладнанням, зокрема,

доцільним є використовувати наявний електропневматичний маніпулятор МП-9С та вдосконалити його систему керування [4, 5].

Так, була проведена модифікація пневматичного маніпулятора МП-9С за допомогою мікропроцесорної системи Arduino, що дозволило зробити пристрій більш простим, інтуїтивно зрозумілим завдяки інтерфейсу користувача, підвищити ефективність керування та налаштування та додати деякі функції.

Для модернізації робота-маніпулятора було розроблено автоматизовану систему керування електропневматичним маніпулятором МП-9С. Ця система включає в себе мікроконтролерну схему, екран, клавіатуру та кнопку «СТОП». В корпусі маніпулятора розміщуються блоки живлення обох пристроїв та блок керування реле, що закріплені на його стінках. Автоматизована система керування з'єднується з маніпулятором 24-жильним кабелем.

Постановка завдання

Основна мета роботи – модифікація системи керування промислового пневматичного маніпулятора яка робить процес управління роботом більш зручним, зменшує кількість помилок оператора завдяки розробленому людино-машинного інтерфейсу. Для екстреної зупинки маніпулятора система оснащена відповідною кнопкою «СТОП». Для відображення команд що вводяться і виконуються система має LCD-екран. На екрані має відображатися поточний стан маніпулятора, послідовність команд (в автоматичному режимі), а також можливість вибору команди в режимі редагування для подальшої її заміни на іншу. Також необхідно ввести систему циклів, в якій можна буде вказувати кількість циклів виконання або ж невпинне виконання заданого циклу.

Результати досліджень

Пневматичний робот МП-9С призначений для автоматизації технологічних процесів в промисловості, переважно для обслуговування штампувальних пресів. Робот, оснащений захватним пристроєм пневматичного типу, здатний здійснювати захват, перенесення і позиціонування деталі в заданій точці робочої зони.

Маніпулятор складається з наступних основних вузлів (рис. 1):

- корпусу з вузлом розподілу повітря;
- механізму підйому;
- механізму повороту;

- муфти з упорами;
- руки;
- амортизатора руки;
- амортизатора повороту;
- захвату.

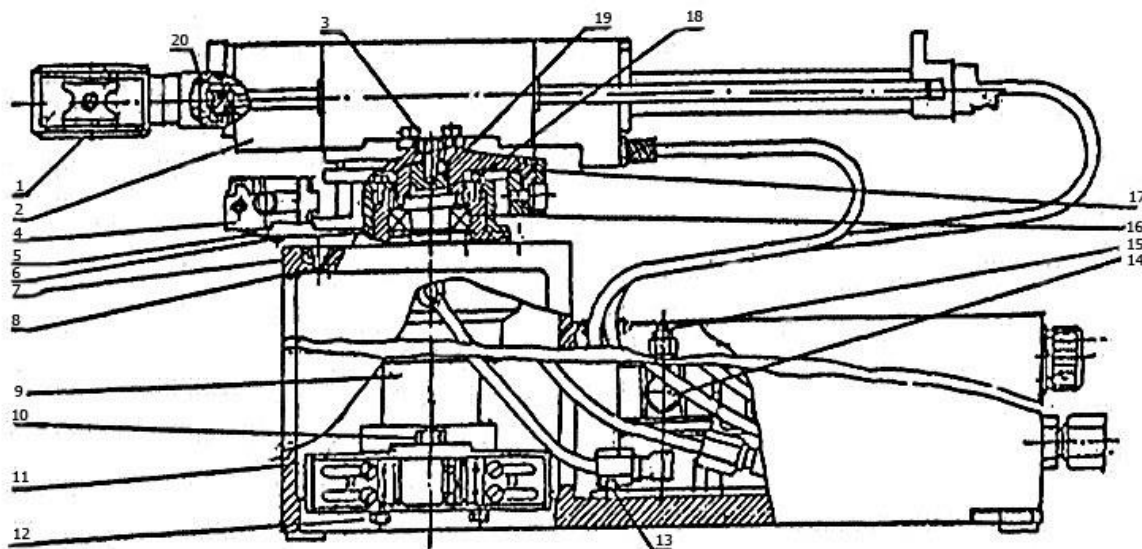


Рис. 1. Головний вигляд пневматичного робота МП-9С: 1 – захват, 2 – рука, 3 – болт, 4 – амортизатор повороту, 5 – кронштейн, 6 – гвинт, 7 – корпус, 8 – гвинт, 9 – механізм підйому, 10 – планка, 11 – механізм повороту, 12 – болт, 13 – гвинт, 14 – вузол розподілу, 15 – дросель, 16 – підшипник, 17 – муфта з упорами, 18 – гвинт, 19 – вал, 20 – пряме кінцеве з'єднання

Корпус маніпулятора є основою маніпулятора, в якому розміщений вузол розподілу повітря, що складається з 8 електропневматичних клапанів, обладнаних дроселями, до яких проведена вся електропневматична розводка. Для зручності обслуговування корпус має знімний кожух і дві бокові кришки. На задній стінці корпусу розміщений штуцер для підведення повітря до вузла розподілу і роз'єм для під'єднання кабелів електроживлення.

Для забезпечення підйому (опускання) руки маніпулятора використовується механізм підйому. Він складається з корпусу, штока і кришки. Для поліпшення динаміки роботи на підйом і опускання штокові порожнини виконані різних перетинів.

Механізм повороту призначений для забезпечення повороту руки маніпулятора. Механізм повороту складається з корпусу, в якому переміщається шток-рейка. На рейці встановлені магніти, а на корпусі встановлені плати з герконами. При установці

механізму повороту на механізмі підйому, зубці рейки входять в зачеплення з валом, встановленим в штоку механізму підйому, а при подачі повітря в пневмоциліндр через отвір поступальний рух рейки перетворюється в обертальний. При переміщенні рейки магніт підходить до геркону і відбувається спрацьовування останнього.

Рука призначена для забезпечення висування захвата в робочу зону і складається з корпусу, штока, що направляє основні упори, регульовальних упорів та амортизатора. Повітря підводиться до штуцерів і через канали, виконані всередині корпусу, надходить в штокові порожнини.

Захват призначений для захвату і утримання деталі (заготовки) та складається з корпусів, між якими затиснуті шарикопідшипники, важелів, що взаємодіють з поршнем, пружин і штока.

Утримання деталі (заготовки) в схваті відбувається за рахунок зусилля пружин. Відпускання заготовок відбувається при подачі повітря через порожній шток; при цьому повітря надходить під односторонньо ущільненого щодо штока поршня і далі по гвинтовій канавці останнього – в циліндр. Поршень переміщається, стискаючи пружини і повертає важелі, звільняючи деталь (заготовку).

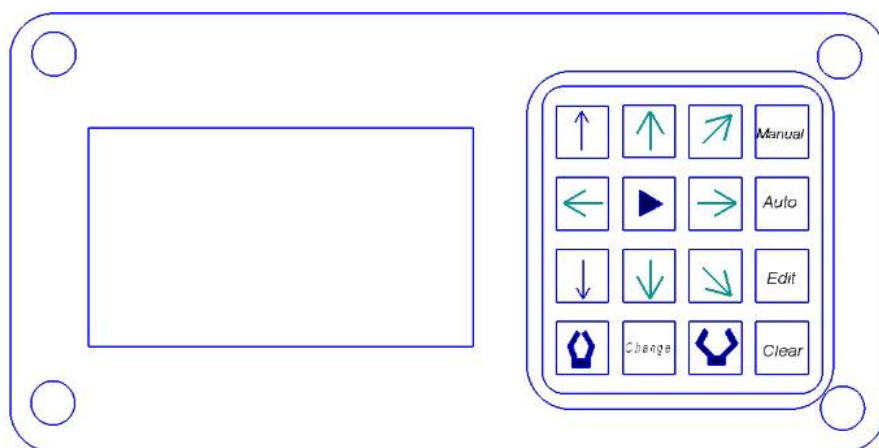


Рис. 2. Зовнішній вигляд електронного блока керування пристроєм

Зовнішній вигляд блока, наведений на рис. 2 має кнопку екстремного переривання «СТОП», місце під'єднання кабеля та фронтальну панель, на якій зображений екран та клавіатура. Клавіатура являє собою матричну панель 4 × 4, що з'єднана з мікроконтролерною системою. На клавіатурі посередині знаходиться кнопка «СТАРТ», що починає рухи маніпулятора в автоматичному режимі при заданій послідовності, навколо неї знаходяться відповідно команди «ВГОРУ» і «ВНИЗ», «ПРАВО» і «ЛІВО». З

лівої сторони розташовані команди «ВГОРУ ПО КОМАНДІ» і «ВНИЗ ПО КОМАНДІ» призначені для редагування команд, заданих в автоматичному режимі при переході в режим коригування команд. Знизу на клавіатурі розташовані «ЗАХВАТ» і «РОЗХВАТ», посередині внизу розташована кнопка «ЗМІНИТИ», що змінює команду у режимі редагування. Зверху та знизу від кнопки «ВПРАВО» знаходяться кнопки «ВПЕРЕД» та «НАЗАД», що виконують висунення та засов штоку маніпулятора. Справа знаходиться блок режимів, що включає в себе режими «РУЧНИЙ», «АВТОМАТИЧНИЙ», «РЕДАГУВАННЯ», а також кнопку «ОЧИЩЕННЯ», що видаляє усі записані команди з послідовностей.

Блок керування з'єднується з маніпулятором за допомогою пари роз'ємів 2PM27КПН24Г1В1 та 2PM27Б24Ш1В1, схема роз'єму 2PM27КПН24Г1В1 та розводки контактів наведена нижче на рис. 3.

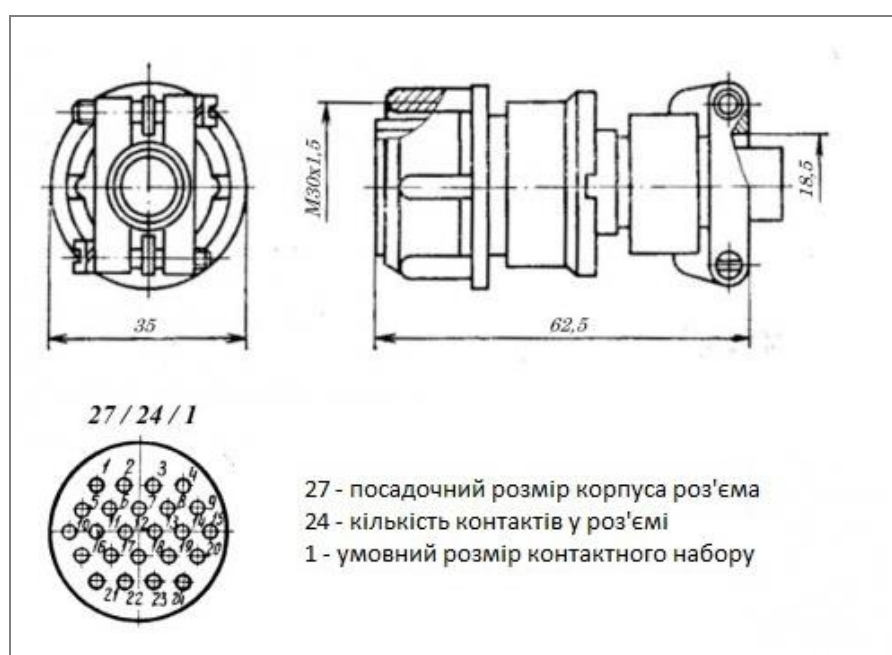


Рис. 3. Загальний вигляд роз'єму 2PM27КПН24Г1В1

На рис. 4 представлено як розводиться в системі 24-жильний з'єднувальний кабель. Тобто, перші 8 портів відповідають за живлення 5В, 9-15 порт відведені під блок реле керування, 16-24 – геркони, роль яких – відображення поточного стану маніпулятора шляхом замикання магнітних контактів, коли здійснюється рух тієї чи іншої частини маніпулятора.

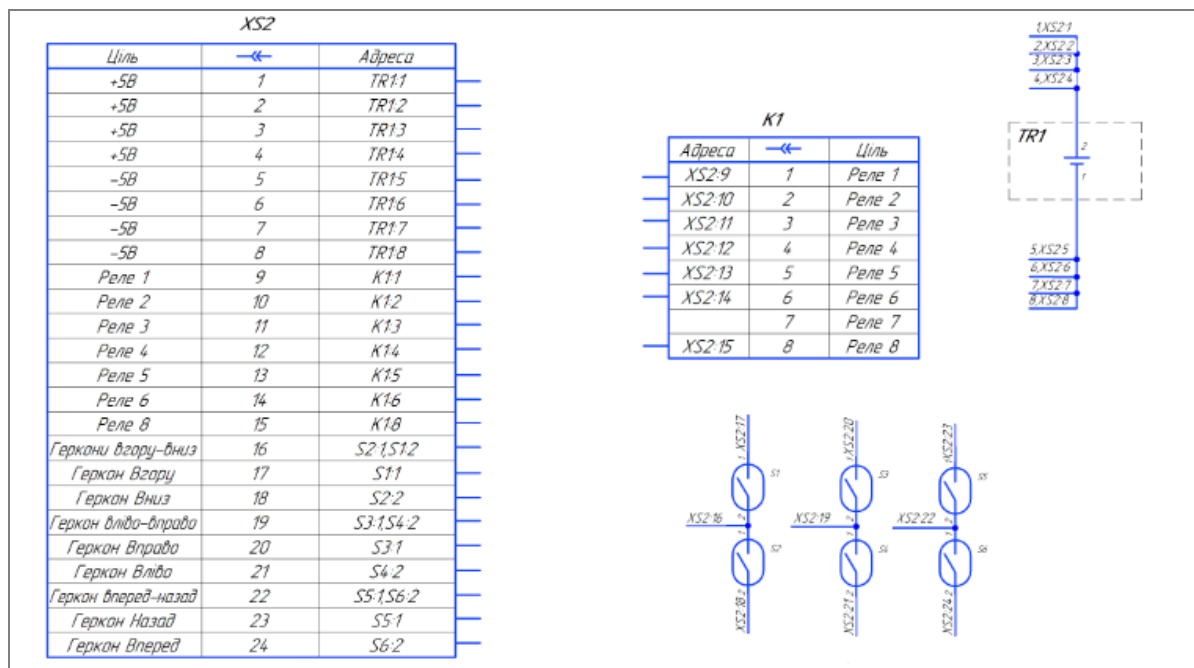


Рис. 4. Розводка роз'єму 2PM27KPN24Г1В1

Для початку роботи з пристроєм необхідно включити маніпулятор (а точніше, його блок живлення) у мережу 220 В та приєднати до штуцера пневмотрубки від компресора. Після чого оператор повинен перевірити, чи не натиснута кнопка «СТОП», потім дочекатися завантаження програми блока керування.

Програма має 4 основних режими:

- ручний, де рухи маніпулятора здійснюються безпосередньо за умови натискання відповідної кнопки;
- автоматичний, де можна задати цикл рухів та кількість циклів виконання. У автоматичному режимі оператор може відслідковувати виконання програми на екрані у реальному часі;
- режим редагування, у якому задані команди у автоматичному режимі можна змінювати, не видаляючи усю послідовність;
- режим «СТОП», що блокує виконання будь-яких команд, поки не буде зняте блокування фізичної кнопки екстреного переривання.

Після вибору необхідного режиму оператор може задати послідовність команд для виконання у автоматичному режимі чи керувати маніпулятором напряму за допомогою команд.

При виборі команди у ручному режимі, в маніпуляторі вмикається реле відповідно команди, сама ж команда зберігається в оперативній пам'яті та

відображується на дисплеї пристрою. При виборі наступної команди, не протилежної попередній, вона також записується в оперативну пам'ять та відображається на дисплеї. Якщо ж вибрана протилежна команда, реле вимикається і вмикається інше, відповідне цій команді, сама команда при цьому перезаписується в оперативній пам'яті та виводиться.

При переході в автоматичний режим керування включається функція запису команд: усі команди, що були включені на клавіатурі, записуються в статичний масив оперативної пам'яті та відображаються на екрані. Після задання кількості циклів та самої послідовності, натискається кнопка «СТАРТ». Команди з оперативної пам'яті починають виконання у заданій послідовності, вмикаючи або вимикаючи відповідне реле керування до тих пір, поки не буде досягнута задана кількість циклів виконання.

Для керування реле у програмі була задіяна така функція:

```
switch (aIndex) {  
case 0: ArmCommand[0] = Open; ArmCommand[1] = Closed; break;  
case 1: ArmCommand[1] = Open; ArmCommand[0] = Closed; break;  
case 2: ArmCommand[2] = Open; ArmCommand[3] = Closed; break;  
case 3: ArmCommand[3] = Open; ArmCommand[2] = Closed; break;  
case 4: ArmCommand[4] = Open; ArmCommand[5] = Closed; break;  
case 5: ArmCommand[5] = Open; ArmCommand[4] = Closed; break;  
case 6: ArmCommand[6] = Open; break;  
case 7: ArmCommand[6] = Closed; break;  
case 8: ArmCommand[0] = Open; ArmCommand[1] = Closed;  
ArmCommand[2] = Open; ArmCommand[3] = Closed; ArmCommand[4] =  
Open; ArmCommand[5] = Closed; ArmCommand[6] = Closed; break;  
}
```

Вона задає поточний стан кожного з реле та не дає спрацьовувати одночасно двом парним реле, наприклад «ВВЕРХ» та «ВНИЗ».

Виведення інформації на екран діє таким чином: на екрані є декілька «неактивних» блоків. Як тільки спрацьовує якась команда, що дає зміну інформації, неактивний блок замінюється активним. В подальшому ці блоки взаємозамінюються і видаляються попередні, отже, оперативна пам'ять пристрою не засмічується.

Вивід інформації на прикладі однієї команди вказаний нижче:

```
Case '2': if(!isAutoMode&& !isEditCommands) { OpenArmCommand(0);  
}  
if (isManualMode) {  
Black(); myGLCD.print(Stance[0], CENTER - 250, 65);  
Gray(); myGLCD.print(Stance[1], CENTER - 250, 80);  
}  
pushNextCommand("0");  
break;
```

Клавіатура має 16 кнопок, що з'єднані матричним способом. Кнопки програмуються статичним масивом розміру 16 символів. Кожен з елементів масива відповідає за відповідну кнопку. В коді це можна задати як:

```
charcontrolHexaKeys[4][4] = {  
    {'1', '2', '3', 'A'},  
    {'4', '5', '6', 'B'},  
    {'7', '8', '9', 'C'},  
    {'*', '0', '#', 'D'}
```

Геркони також з'єднані матрицею та являють собою статичний масив з 8 символів:

```
charswitchHexaKeys[4][2] = {  
    {'E', 'F'},  
    {'G', 'H'},  
    {'I', 'J'},  
    {'K', 'L'}
```

Кожна з команд клавіатури відповідає за той чи інший стан, наприклад, у наведеному нижче коді видно, які кнопки відповідають за рухи маніпулятора.

```
char* defaultCommands[8][3] = {  
    {"2", "UP"},  
    {"8", "DOWN"},  
    {"6", "RIGHT"},  
    {"4", "LEFT"},  
    {"3", "FORWARD"},  
    {"9", "BACKWARD"},  
    {"*", "CLENCHED"},
```



```
{ "#", "UNCLENCHED" },  
};
```

Висновки

Після виконання запропонованої модернізації, маніпулятор МП-9С демонструє більшу компактність у порівнянні з ЕЦПУ-6030, також зросла швидкість обробки команд та з'явився інтуїтивно зрозумілий інтерфейс користувача, що дозволяє керування маніпулятором без вивчення додаткової літератури. Це може бути корисним для вивчення даної системи у навчальних закладах, а також для скорочення часу навчання операторів на виробничих установах.

Модернізація, запропонована в цій статті, зможе повернути пневматичний маніпулятор МП-9С виробництва «АвтоВАЗ» до сучасного промислового використання, а також для вивчення циклічних програм керування у закладах навчання. Недоліками розробленої системи є неможливість точно позиціонувати руку маніпулятора, а також погана ремонтпридатність з'єднувального кабеля.

Список використаних джерел

1. Попов А. Ю. Устройство и программирование промышленного робота МП-9С / А. Ю. Попов, А. Ю. Кorytov – М.: МИИТ, 2004. – 36 с.
2. Кулешов В. С. Машиностроение / В. С. Кулешов, Н. А. Лакота, В. В. Андриунин и др.; Под. общ. ред. Е. П. Попова., – М.: Мир, 1986. – 328 с.
3. Гонсалес К. Р. Робототехника / К. Р. Гонсалес, К. Ли. – М.: Мир, 1989. – 624 с.
4. Попов Е. П. Манипуляционные роботы: динамика и алгоритмы / Е. П. Попов, А. Ф. Верещагин, С. Л. Зенкевич – М.: Наука, 1978. – 400 с.
5. Шахинпур М. Курс робототехники – М.: Мир, 1990. – 527 с.

References

1. Popov, A.Yu. & Korytov, A.Yu. (2004). *Ustroystvo i programmirovaniye promyshlennogo robota MP-9S* [Construction and programming of industrial robot MP-9S]. Moscow: MIIT [in Russian].
2. Kuleshov, V.S., Lakota, N.A. & Andriunin, V.V. et al. (1986). *Mashinostroenie* [Mechanical Engineering]. Ye.P. Popov (Ed.); Moscow: Mir [in Russian].
3. Gonsales, K.R. & Li, K. (1989). *Robototekhnika* [Robotics]. Moscow: Mir [in Russian].
4. Popov, Ye.P., Vereshchagin, A.F. & Zenkevich, S.L. (1978). *Manipulyatsionnye roboty: dinamika i algoritmy* [Manipulation robots: dynamics and algorithms]. Moscow: Nauka [in Russian].
5. Shakhinpur, M. (1990). *Kurs robototekhniki* [Robotics course]. Moscow: Mir [in Russian].

Golubev LeontiyORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2980-8017>golubevl@ukr.netKyiv National University of
Technologies and Design**Tsys Bohdan**tsysbogdan@gmail.comKyiv National University of
Technologies and Design**Kiva Igor**ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2920-5312>leonidovich1259@gmail.comKyiv National University of
Technologies and Design**Модернизация системы управления промышленным манипулятором****Голубев Л. П., Кива И. Л., Цись Б. И.**

Киевский национальный университет технологий и дизайна

Цель. Модернизация системы управления промышленного пневматического манипулятора МП-9 с помощью микроконтроллера семейства Arduino.**Методика.** На основе положений электротехники и программирования микроконтроллерных систем было выполнено проектирование, сбор и тестирование системы управления электропневматическим манипулятором МП-9С.**Результаты.** Был разработан блок управления манипулятором, проведена модернизация системы управления устройством и создано специальное программное обеспечение для корректной работы манипулятора.**Научная новизна.** Впервые разработан новый метод управления электропневматическим манипулятором МП-9С с помощью микропроцессорной системы Arduino Mega.**Практическая значимость.** Разработанная система управления роботом-манипулятором может быть использована как на предприятиях для обслуживания производственных агрегатов, так и в учебных заведениях с целью изучения студентами циклических программ управления.**Ключевые слова:** робот-манипулятор, МП-9С, система управления, пневматический манипулятор, модернизация, Arduino**Control system modernization of industrial manipulator****Golubev L. P., Kiva I. L., Tsys B. I.**

Kiev National University of Technology and Design

Purpose. Modernization of the control system of an industrial pneumatic manipulator MP-9 using a microcontroller of the Arduino family.**Methodology.** On the basis of the provisions of electrical engineering and programming of microcontroller systems, the design, assembly and testing of the control system of the electropneumatic manipulator MP-9C was performed.**Findings.** The manipulator control unit was developed, the control system of the device was modernized and special software was created for the manipulator to function properly.**Originality.** A new method of controlling the MP-9C electropneumatic manipulator using the Arduino Mega microprocessor system was first developed.**Practical value.** The developed robot manipulator control system can be used both at manufacturing units and in schools to study cyclic control programs for students.**Keywords:** robot manipulator, MP-9C, control system, pneumatic manipulator, modernization, Arduino