

Додаток А

АБРОБАЦІЯ НАУКОВИХ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕННЯ

Міністерство освіти і науки України



NURE

Харківський національний університет
радіоелектроніки

ЗБІРНИК

студентських наукових статей

«Автоматизація та приладобудування»

«Automation and Development of Electronic Devices»

ADED-2023

(Випуск 2)

[електронне видання]



<http://nure.ua/department/kafedra-komp-yuterno-integrovanih-tehnologiy-avtomatizatsiyi-ta-mehatroniki-kitam>



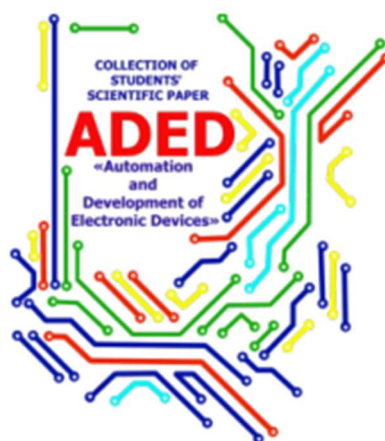
<http://itez.zntu.edu.ua/>



<http://kafea.kdu.edu.ua>

Харків 2023

Міністерство освіти і науки України
Харківський національний університет радіоелектроніки
кафедра комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації та робототехніки
(КІТАР)



ЗБІРНИК
студентських наукових статей
«Автоматизація та приладобудування»
«Automation and Development of Electronic Devices»
ADED-2023
(Випуск 2)
[електронне видання]

Харків 2023

- Головний редактор** **Невлюдов Ігор Шакирович**, доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації та робототехніки, Харківського національного університету радіоелектроніки.
- Редакційна колегія:** **Филипенко Олександр Іванович**, доктор технічних наук, професор, декан факультету Автоматики та комп'ютеризованих технологій, Харківського національного університету радіоелектроніки.
Цимбал Олександр Михайлович, доктор технічних наук, професор кафедри комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації та робототехніки, Харківського національного університету радіоелектроніки.
Андрусевич Анатолій Олександрович, доктор технічних наук, професор, начальник Криворізького коледжу національного авіаційного університету
Косенко Віктор Васильович, доктор технічних наук, професор, зам. директора Державного підприємства «Південний державний проектно-конструкторський та науково-дослідний інститут авіаційної промисловості».
Замірець Микола Васильович, доктор технічних наук, професор, директор Державного підприємства Науково-дослідного технологічного інституту приладобудування.
Свищ Володимир Митрофанович, доктор технічних наук, професор, радник директора Державне науково-виробниче підприємство «Об'єднання Комунар».
Фомовська Олена Владиславівна, кандидат технічних наук, доцент завідувач кафедри «Електронних апаратів» Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського.
Кухаренко Дмитро Володимирович, кандидат технічних наук, доцент кафедри «Електронних апаратів» Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського
Демська Наталія Павлівна, кандидат технічних наук, доцент кафедри комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації та робототехніки, Харківського національного університету радіоелектроніки.
Фурманова Наталія Іванівна, кандидат технічних наук, доцент, в.о. декана факультета Радіоелектроніки і телекомунікацій, Національного університету «Запорізька політехніка».
- Відповідальний редактор:** **Свєтєв Владислав В'ячеславович**, доктор технічних наук, професор кафедри комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації та робототехніки, Харківського національного університету радіоелектроніки.

Автоматизація та Приладобудування («Automation and Development of Electronic Devices» ADED-2023) [Електронний ресурс]: збірник студентських наукових статей / Харківський національний університет радіоелектроніки; [редкол.: І.Ш. Невлюдов та ін.]. – Харків: ХНУРЕ, 2023. – Вип. 2. – 408с.

Collection of Students' Scientific Paper «Automation and Development Of Electronic Devices» ADED-2023 Part 2 (Key infrastructure 2023) - Kharkiv/ The Editorial.: Nevlyudov I.Sh. (head), that all. Kharkiv: Kind of Kharkiv National University of Radio Electronics [electronic edition], 2023. – 408p with.

Рекомендовано рішенням
Науково-технічної ради
Харківського національного
університету радіоелектроніки
протокол №6 від 29.11.2018

Рекомендовано рішенням Вченої ради
факультету Автоматики і комп'ютеризованих технологій
Харківського національного
університету радіоелектроніки
протокол № 4 від 30.11.2023

Збірник містить наукові статті здобувачів першого (бакалаврського), другого (магістерського) рівнів вищої освіти кафедри комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації та робототехніки (КІТАР) Харківського національного університету радіоелектроніки, кафедри Інформаційних технологій електронних засобів (ІТЕД) Запорізького національного технічного університету та кафедри Електронних апаратів (ЕА) Кременчуцького національного університету ім. М. Остроградського які навчаються за спеціальностями: 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології, 172 Телекомунікації та радіотехніка, 171 Електроніка та 163 Біомедична інженерія. Статті надані в авторській редакції.

©ХНУРЕ, 2023 рік

ЗМІСТ

<i>Я.І. Халімонов</i>	
Перспективи: Автоматизації вимірювання умов у житлових та робочих приміщеннях з використанням комп'ютерно-інтегрованих рішень	9
<i>С.Ю. Гавриков, А.Я. Осман</i>	
Дослідження технологій виробництва деталей на 3D принтері	12
<i>А.С. Андреев</i>	
QR-коди в науці та техніці	17
<i>Ф. Курьота</i>	
Development of Automated Environmental Control System for Portable Greenway Section .	23
<i>К.К. Стеценко</i>	
Моделювання BEAM-робота в середовищі TINKERCAD	27
<i>О.В. Удовиченко</i>	
Вплив розвитку штучного інтелекту на комп'ютеризовані та робототехнічні системи ..	30
<i>Б.О. Чеснаков</i>	
3D моделювання роботизованої платформи для гуманітарного розмінуванні	33
<i>С.В. Шевченко</i>	
Розробка кіберфізичної системи моніторингу технологічних процесів на виробництві .	37
<i>С.О. Сфімік</i>	
Розроблення концепт макету малогабаритного мобільного робота підвищеної прохідності	44
<i>М. Манічкін</i>	
Аналіз кінематики та розробка моделі розрахунків елементів матриці гомогенних перетворень для зооморфного мобільного робота	49
<i>М.М. Моргунов</i>	
Розробка методу передачі інформації всередині статичного зображення для мобільних роботів	55
<i>С.С. Ключник</i>	
Аналіз систем автоматизованого свердління у Industry 4.0	61
<i>О.Д. Юрченко</i>	
Розроблення системи моніторингу роботи засобів виробництва та персоналу приладобудівного приміщення з використанням ESP32-CAM	66
<i>М.О. Бендеберя</i>	
Розробка алгоритмічно-функціональної моделі робота маніпулятора на базі ABB Robot Studio	74
<i>І.В. Балабанов</i>	
Визначення залежності часу та інтенсивності випромінювання на температуру фотополімерної смоли	79
<i>М.Д. Лисун</i>	
Аналіз кінематик 3D принтерів за технологією FDM/FFF	83
<i>С.В. Шматко</i>	
Аналіз сучасних роботів телеприсутності, як людського помічника	87
<i>І.С. Коваленко</i>	
Перспективи розвитку повітряної робототехніки	92
<i>М.С. Лубінець</i>	
Розроблення методу прокладення траєкторії руху робота-сапера на основі даних від металошукача	97

<i>О.О. Рак</i> Розробка автоматизованого модуля моніторингу параметрів об'єктів критичної інфраструктури	104
<i>О.І. Черненко</i> Автоматизація процесу сортування деталей на виробництві	109
<i>О.А. Тищенко</i> Моделювання пристрою позиціонування вантажного робота	114
<i>В.О. Веснянка</i> Розроблення інформаційної системи для оптимізації бізнес-процесів закладу харчування	121
<i>Ю.А. Бердник</i> Аналіз сучасних автономних роботизованих платформ	126
<i>М.В. Звєгінцев</i> Розробка модуля позиціонування сонячних панелей	133
<i>Д.Д. Лещенко</i> Моделювання руху маніпулятора робота з використанням динамічної ланки з прямою та зворотною кінематикою	138
<i>П.М. Савченко</i> Огляд датчиків положення для обладнання, що працює в умовах аварійних відключень електроживлення	142
<i>П.М. Савченко</i> Створення сучасних систем управління з застосуванням мікропроцесорної техніки та засобів автоматизації	148
<i>С.Р. Васильченко</i> Огляд принципів побудови пожежно-охоронної системи	153
<i>А.Д. Єчевський</i> Система моніторингу та управління параметрами мікроклімату в офісних приміщеннях	159
<i>А.І. Конєва</i> Перспективи розвитку безпілотних систем	164
<i>В.І. Фомін</i> Використання робототехнічних систем з елементами штучного інтелекту в приладобудуванні	171
<i>В.І. Фомін</i> Застосування 3D-друку у виробництві та промисловості	177
<i>О.В. Чернишенко</i> Оптимізація маршрутів в логістичних мережах виробничого процесу	182
<i>Р.Р. Шаталюк</i> Використання віртуальної та доповненої реальності для навчання та симуляцій у робототехніці	188
<i>Р.Р. Шаталюк</i> Програмування мікроконтролерів для автоматизації систем	193
<i>Т.А. Лихо</i> Вибір обладнання для розробки мобільного робота для відеонагляду	197
<i>В.О. Александров</i> Безпілотні літальні апарати. види, технічні особливості, автоматизація	203
<i>С.О. Вінниченко</i> Еволюція виробництва: Роль MES-системи у оптимізації та контролі промислових	208

процесів на підприємстві	
<i>А.В. Готовська</i>	
Підтримка прийняття рішень в технології проєктування роботизованого виробничого процесу	213
<i>Я.В. Олінкевич</i>	
Впровадження egr-системи на виробництві	219
<i>М. Коваленко</i>	
Схема керування транспортними роботами на основі візуальних ознак	223
<i>В.К. Маковсєва</i>	
Контейнеризація та оркестрація: DOCKER та KUBERNETES	228
<i>Д.Р. Придятько</i>	
Огляд методів розпізнавання об'єктів за допомогою систем технічного зору	234
<i>А.А. Большаков</i>	
Розроблення архітектури SCADA-системи гнучкого виробництва та вибір апаратних засобів	239
<i>В.С. Головіна</i>	
Розроблення системи керування мобільним пошуково-рятувальним роботом	244
<i>Д.В. Мілько</i>	
Дослідження програмного методу визначення відстані до об'єкту за допомогою параметрів камери	250
<i>І.А. Манякін</i>	
Аналіз методів автоматичного розпізнавання осіб	254
<i>Ю.С. Візір</i>	
Автоматичне енергоефективне управління освітленістю з використанням кіберфізичних підходів в умовах виробництва	259
<i>В.І. Дульський</i>	
Методи оптимізації керуючих програм для верстатів з ЧПУ	264
<i>М.С. Карпов</i>	
Використання бездротових мереж для організації контролю в промисловості	269
<i>М.А. Пісклов</i>	
Алгоритми створення та оптимізації розкладу для загальноосвітніх навчальних закладів	275
<i>А.Ю. Губарь</i>	
Веб-додаток для моніторингу та управління запасами в 3D-друкарні	281
<i>І.А. Поддубняк</i>	
Аналіз сучасних візуальних SLAM систем в робототехніці	286
<i>Д.П. Редько</i>	
Технології транспортування вибухонебезпечних предметів за допомогою роботизованого пристрою	292
<i>В.О. Заїкін</i>	
Роботизовані системи та їх застосування у інноваційних методах виявлення та знешкодження вибухонебезпечних предметів	296
<i>К.О. Вадурін, А.С. Шандро</i>	
Розробка структури інформаційно-аналітичної системи для збору, обробки та аналізу даних щодо використання енергетичних ресурсів багатоповерховою будівлею	302
<i>С.М. Гриценко</i>	
Аналіз систем контролю виготовлення 3D деталей на потоковому роботизованому виробництві	309

<i>В.А. Савін</i>	
Класифікація роботизованих систем для пошуку вибухонебезпечних предметів	319
<i>М. Збітисв</i>	
Аналіз мобільних робототехнічних платформ для гуманітарного розмінування	329
<i>В.А. Сторожук В.А., М.А. Вісковатов</i>	
Розробка інтелектуального модуля для моніторингу параметрів на базі ІІоТ	334
<i>М.В. Толстий</i>	
Аналіз методів намотування дротів на станках з ЧПУ у роботизованому виробництві ..	340
<i>В.В. Цешевський</i>	
Огляд сучасних конструктивних схем роботів для переміщення сходами	354
<i>О.О. Зибенко</i>	
Інновації та досягнення в електророзробній обробці: формування комп'ютерно-інтегрованого виробництва	356
<i>К.О. Левченко</i>	
Моделювання автоматизованого комплексу безтарного сховища сировини	361
<i>О.Д. Нікулін</i>	
Конвеєрні технології та автоматизація у аддитивному виробництві	364
<i>Д.В. Пархоменко</i>	
Аналіз систем інжекції з'єднувальної речовини у технології 3D друку 3DP	370
<i>К.С. Скрипник</i>	
Моделювання та розрахунок дозування пластику у шнековому екструдері	374
<i>С.Ю. Мірошніченко</i>	
Автоматизована система управління для знешкодження вибухонебезпечних предметів	381
<i>В.С. Тараненко</i>	
технологія екструзійного 3D друк без підтримок	386
<i>С.О. Зусв, М.Ю. Лучанінов</i>	
Дослідження методів автономного позиціонування та навігації робототехнічних мобільних платформ	390
<i>О.С. Пащенко, К.О. Зозуля</i>	
Сучасне виробництво з використанням комп'ютерного управління та інформаційних технологій	394
<i>С.Г. Федосєєв</i>	
Аналіз методів імітаційного моделювання технологічних процесів складання	401
<i>К.С. Редькін</i>	
Локальна навігація мобільного робота в приміщенні	404

АВТОМАТИЗАЦІЯ ПРОЦЕСУ СОРТУВАННЯ ДЕТАЛЕЙ НА ВИРОБНИЦТВІ

О.І. Черненко

Харківський національний університет радіоелектроніки

Україна, 61166, Харків, пр. Науки 14

E-mail: olena.nedbailo@nure.ua

Анотація: В роботі розглянуто загальні принципи та методи сортування деталей на виробничій лінії. Проведено аналіз аналогічних рішень та розглянута структурна схема автоматизованої системи сортування деталей на базі контролера Arduino. Також в якості аналогу розглянуто принцип роботи автоматизованого виробничого модуля розподілу деталей фірми FESTO. Проведено аналіз пневматичної схеми станції розподілу деталей, показані основні пневматичні вузли виробничої лінії.

Ключові слова: автоматизація процесу, пневматичний захват, сортування деталей.

AUTOMATION OF THE DETAILS SORTING PROCESS AT THE PRODUCTION

O. I. Chernenko

Kharkiv National University of Radio Electronics

Ukraine, 61166, Kharkiv, Nauky ave., 14

E-mail: olena.nedbailo@nure.ua

Abstract: The work discusses the general principles and methods of sorting parts on the production line. Similar solutions were analyzed and the structural diagram of the automated parts sorting system based on the Arduino controller was considered. Also, as an analogue, the principle of operation of the automated production module for the distribution of parts of the FESTO company is considered. An analysis of the pneumatic scheme of the parts distribution station was carried out, the main pneumatic units of the production line were shown.

Key words: automation of the process, pneumatic gripper, sorting of parts.

АКТУАЛЬНІСТЬ РОБОТИ. Останнім часом все більше підприємств приходять до рішення, що для забезпечення зниження витрат на одиницю продукції, що виготовляється, треба впроваджувати автоматизацію устаткування за допомогою роботів-маніпуляторів.

Вимога підвищення продуктивності праці призвела до створення верстатів-автоматів, а потім до створення автоматичних ліній, цехів і заводів автоматів. Якщо в поточковій лінії здійснити автоматичну передачу деталей від верстата до верстата, а також автоматичний затиск і відкріплення деталей в робочих позиціях, то конвеєр перетвориться в автоматичний.

У багатьох промислово розвинених країнах використання роботів в механічному виробництві стає все більш широко поширеним рішенням. Це дає можливість створювати виробництва з робочою зміною до 24 годин на добу без вихідних, що призводить до значного зниження собівартості продукції, прискорює терміни окупності інвестицій і знижує вплив людського фактору на якість виробів, що випускаються.

Метою роботи є вдосконалення методу сортування деталей на виробничій лінії з використанням маніпулятора з пневматичним захватом в поєднанні із системою комп'ютерного зору.

Для досягнення мети необхідно вирішити наступні завдання:

- провести аналіз аналогічних рішень та методів сортування деталей на виробничій лінії;
- виконати проектування автоматизованої системи сортування деталей;

- виконати розробку алгоритму визначення форми деталей та системи комп'ютерного зору;
- розробити програму для автоматизованого розпізнавання деталей на промисловому конвеєрі;
- виконати експериментальні дослідження для підтвердження правильності теоретичних рішень.

МАТЕРІАЛ І РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ. Процес сортування, автоматизований за допомогою системи керування, не тільки робить цей процес простим і точним, але й надійним вразі використання машинного зору. Це пов'язано з тим, що автоматична сортувальна машина замінює людський зір та мислення на алгоритми та програмне забезпечення.

Існують різні типи механізмів сортування. Наприклад, є механізм сортування, який використовує пневматичний або гідравлічний механізм для розділення деталей за допомогою робота з кінематикою Delta та лотка для сортування, що приводиться в дію кроковим двигуном або серводвигуном (рис. 1) [1].

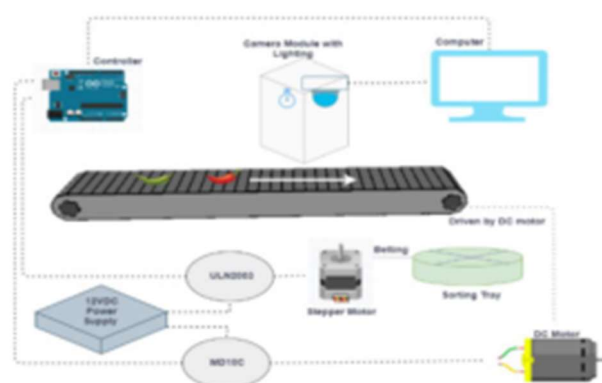


Рисунок 1 – Структурна схема автоматизованої системи сортування деталей

Як аналог розглянемо конструкцію і принцип роботи автоматизованого виробничого модуля розподілу деталей фірми FESTO [2]. Автоматизований виробничий модуль (станція) розподілу деталей (рис. 2) є однією зі станцій, що входять до складу мехатронної автоматизованої системи MP5210. Для реалізації даного виробничого модуля використані серійні засоби промислової автоматизації компанії FESTO, Siemens та ін.



Рисунок 2 – Автоматизована станція розподілу деталей

Автоматизована станція розподілу деталей складається з наступних основних вузлів:

- приладова плита 1;
- панель з програмованим логічним контролером (ПЛК) 2;
- панель управління 3;
- мобільний корпус 4.

На приладовій плиті розміщено основне обладнання: виконавчі пристрої станції, датчики, пневморозподільники. Тут же змонтовано допоміжне обладнання: блок підготовки повітря, інтерфейсний модуль і кабель-канали. Приладова плита являє собою алюмінієвий профільований конструктив, на якому перераховані вище елементи монтуються за допомогою Т-образних пазів і спеціального комплексу кріплень. Основними вузлами, змонтованими на приладовій плиті, є модуль накопичувача і модуль переключника. Модуль накопичувача призначений для тимчасового зберігання деталей і послідовної їх вивантаження для подальшого переміщення переключником.

Модуль переключника (рис. 3) призначений для переміщення деталі із зони вивантаження модуля накопичувача в зону завантаження наступної станції. До складу модуля переключника деталей входять: поворотний механізм 1, стріла переключника 2, вакуумний захоплювач 3.

Поворотний механізм оснащений поворотним пневматичним приводом, що забезпечує переміщення стріли переключника. Кут повороту регулюється від 0° до 180° за допомогою механічних упорів. Кінцеві положення контролюються за допомогою двох електроконтактних колійних вимикачів.



Рисунок 3 – Модуль переключника

Вакуумний захоплювач притягує деталь, що знаходиться в зоні вивантаження накопичувача, за рахунок розрядження повітря, створюваного генератором вакууму. Величину розрядження контролює реле вакууму (датчик тиску). Генератором вакууму, пневмоциліндром накопичувача і поворотним пневмоциліндром переключника керують пневморозподільники, об'єднані в пневмострів.

Пневматична схема станції розподілу показана на рис. 4. Стиснене повітря з компресора КМ подається в блок підготовки повітря. Блок підготовки повітря складається з фільтра Ф зі скляною колбою, редукційного клапана КР, манометра М і розподільника Р4. Фільтр здійснює осушку і очищення стисненого повітря, підведеного від компресора. Редукційний клапан використовується для підтримки необхідного рівня тиску в пневматичній лінії живлення. За допомогою манометра візуально контролюється поточний рівень тиску.

На виході блоку підготовки повітря встановлено 3/2 розподільник Р4 з ручним керуванням, який призначений для блокування надходження стисненого повітря з блоку підготовки в пневматичну лінію харчування. Робочий тиск в пневматичній системі становить 600 кПа. З блоку підготовки стиснене повітря надходить на пневматичні розподільники Р1, Р2 і Р3 з електромагнітним керуванням.

Пневматичний розподільник Р1 управляє подачею стисненого повітря в пневмоциліндр Ц1 магазинного модуля. При подачі сигналу управління на електромагніт YA1 розподільника стиснене повітря буде подаватися в штокову порожнину пневмоциліндра Ц1 через зворотний клапан КО2 (клапан при цьому відкритий), а повітря з поршневої порожнини пневмоциліндра буде виходити через регульований дросель ДР1 і глушитель Г в атмосферу. В результаті цього відбувається рух штока пневмоциліндра Ц1 і переміщення деталі штовхачем з накопичувача магазинного модуля.

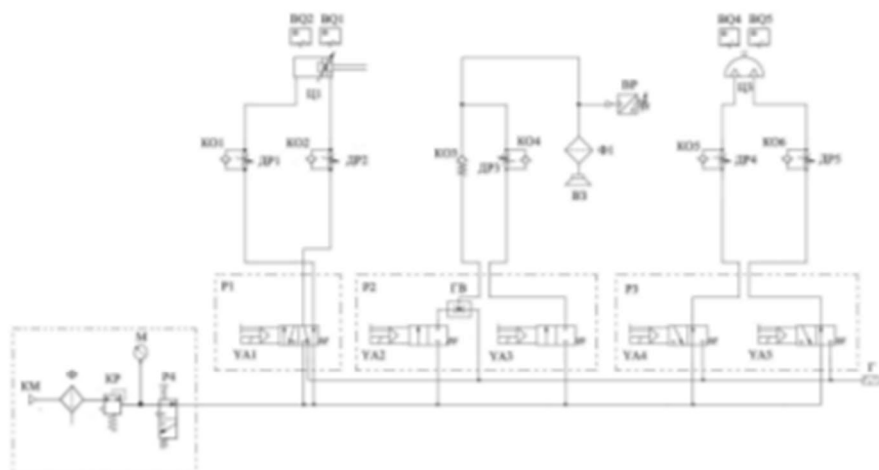


Рисунок 4 – Пневматична схема станції розподілу

Якщо сигнал управління розподільником стає рівним логічному нулю, то за рахунок дії пружини відбувається перемикання пневморозподільника. В результаті цього стиснене повітря буде проходити в поршкову порожнину пневмоциліндра через зворотний клапан КО1, а повітря з штокової порожнини буде проходити через регульований дросель ДР1 і глушитель Г в атмосферу. Це призведе до висунення штока пневмоциліндра Ц1.

Вакуумний захоплювач ВЗ притягує деталь за рахунок розрядження повітря, створюваного генератором вакууму ГВ, робота якого основа на принципі Вентурі. Включення генератора вакууму забезпечує пневморозподільник Р2 при подачі керуючого сигналу на електромагніт YA2.

Величина розрядження повітря буде зростати до тих пір, поки деталь не притягнеться захопленням і не спрацює реле вакууму (датчик розрядження повітря) ВР. За допомогою фільтра Ф1 відбувається очищення повітря надходить через вакуумний захоплення. Після подачі керуючого сигналу, рівного логічної на електромагніт YA3, відбувається перемикання пневморозподільника Р2.

Стиснене повітря надходить через дросель Др3 (клапан К4 при цьому закритий) в вакуумний захоплення і відбувається відпускання деталі.

Пневмоциліндр Ц3 пускає в хід поворотний механізм модуля переключника. При подачі керуючого сигналу на поворот переключника до наступної станції спрацьовує електромагніт YA4 пневморозподільника Р3 і стиснене повітря через зворотний клапан КО5 надходить в поворотний пневмоциліндр Ц3. При цьому з протилежної частини циліндра Ц3 повітря виходить через регульований дросель ДР5. Переключник переміщається до наступної станції.

При подачі керуючого сигналу на електромагніт YA5 пневморозподільника Р3 забезпечується перемикання подачі стисненого повітря через зворотний клапан КО6 в

поворотний пневмоциліндр. Перекладник переміщується до накопичувача. Повітря, що виходить з протилежної частини циліндра ЦЗ, надходить через регульований дросель ДР4 в атмосферу. Наявність дроселя ДР4 або ДР5 в каналі виходу повітряного потоку покращує плавність переміщення перекладника і дозволяє регулювати швидкість переміщення.

ВИСНОВКИ. Таким чином, в даній роботі розглянуті загальні принципи та методи сортування деталей на виробничій лінії. Проведено аналіз аналогічних рішень та розглянута структурна схема автоматизованої системи сортування деталей на базі контролера Arduino. Також в якості аналогу розглянуто принцип роботи автоматизованого виробничого модуля розподілу деталей фірми FESTO.

Проведено аналіз пневматичної схеми станції розподілу деталей, показані основні пневматичні вузли виробничої лінії. Подальші дослідження направлені на проектування автоматизованої системи сортування деталей; виконання розробки алгоритму визначення форми деталей та системи комп'ютерного зору; розроблення програми для автоматизованого розпізнавання деталей на промисловому конвеєрі.

ЛІТЕРАТУРА

1. ELAKPI: Методика позиціонування 3D принтера із кінематикою «Дельта». ELAKPI: Home. URL: <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/46794> (дата звернення: 18.10.2023).

2. Learning Factory Distribution Pro, Joining and Sorting Inline MPS 403-1 URL: https://www.festo.com/lv/en/p/learning-factory-distribution-pro-joining-and-sorting-inline-id_PROD_DID_8130882/?page=0 (дата звернення: 18.10.2023).

3. Основи наукових досліджень: Навч. посібник / І.Ш. Невлюдов, Ю.М. Олександров, А.О. Андрусевич, О.О. Чала. – Кривий Ріг: Криворізький коледж НАУ, 2019. – 396 с.

4. Невлюдов І. Ш. Застосування цифрових двійників технічних засобів автоматизації для розроблення програмно-технічних комплексів АСУ ТП : Навчальний посібник / І. Ш. Невлюдов, С. П. Новоселов, О. В. Сичова. – Харків: Видавництво Іванченка І. С., 2023. – 267 с. ISBN 978-617-8059-95-8, DOI: 10.30837/978-617-8059-95-8.

5. Навчальний посібник з підготовки кваліфікаційної роботи бакалавра для здобувачів вищої освіти денної і заочної форм навчання спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» освітньої програми «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» : Навчальний посібник / І. Ш. Невлюдов, О. І. Филипченко, О. В. Токарєва, С. П. Новоселов, О. В. Сичова. – Харків : Видавництво Іванченка І. С., 2023. – 151 с. ISBN 978-617-8059-94-1, DOI: 10.30837/978-617-8059-94-1.

6. Електропневмоавтоматичні приводи в автоматизованих системах керування : навч. посіб. / І. Ш. Невлюдов, Л. О. Кривопляс-Володіна, С. П. Новоселов, О. В. Сичова ; М-во освіти і науки України, Харків. нац. ун-т радіоелектроніки. – Харків : ХНУРЕ, 2021. – 292 с. – ISBN 978-966-659-332-3 ; DOI: 10.30837/978-966-659-332-3.

7. Пневматичні пристрої та засоби автоматизації мехатронних систем [Текст] : навч. посіб. / І. Ш. Невлюдов, Л.О. Кривопляс-Володіна, С.П. Новоселов, О.В. Сичова. - Харків. нац. ун-т радіоелектроніки. - Харків : Панов А. М. [вид.], 2020. - 255 с. - ISBN 978-617-7859-58-0 ; DOI: 10.30837/978-617-7859-58-0.

Науковий керівник: Сичова Оксана Володимирівна, доцент, канд. техн. наук, доцент кафедри КІТАР, Харківського національного університету радіоелектроніки

ДОДАТОК Б
Демонстраційний матеріал

