



# ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ РАДІОЕЛЕКТРОНІКИ

Факультет Автоматики і комп'ютеризованих технологій  
Кафедра Комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації та робототехніки  
Рівень вищої освіти перший (бакалаврський)  
Спеціальність 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології  
Тип програми освітньо-професійна  
Освітня програма Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології  
(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Зав. кафедри КІТАР \_\_\_\_\_  
(підпис)

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2024 р.

## ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

студентові Кривчуну Ростиславу Валерійовичу  
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Розробка системи автоматизації для управління процесом сортування радіотехнічних виробів на базі ПЛК

затверджена наказом по університету від “ 03 ” червня 2024р. № 544 Ст.

2. Термін подання студентом роботи “ 27 ” червня 2024р.

3. Вихідні дані до роботи 3.1 Автоматизована сортувальна лінія;

3.2 Датчик розпізнавання кольору;

3.3 Керуючий пристрій – Arduino UNO;

3.4 Мова програмування C++;

3.5 Операційна система Windows 10.

4. Перелік питань, що потрібно опрацювати в роботі 4.1 Вступ;

4.2 Аналіз існуючих методів, засобів та автоматизованих систем радіотехнічних сортування виробів;

4.3 Вибір та обґрунтування контролеру та структурна схема автоматизованої системи сортування радіотехнічних виробів;

4.4 Розроблення алгоритму роботи та програмного забезпечення автоматизованої системи сортування радіотехнічних виробів;

4.5 Охорона праці;

4.6 Висновки.

5. Перелік графічного матеріалу із зазначенням креслеників, схем, плакатів, комп'ютерних ілюстрацій Демонстраційний матеріал представлений у форматі презентації PowerPoint (\*.ppt) – 12 с. формату А4

6. Консультанти розділів роботи

Найменування розділу	Консультант (посада, прізвище, ім'я, по батькові)	Позначка консультанта про виконання розділу	
		підпис	дата

**КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН**

№	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	<i>Аналіз існуючих методів, засобів та автоматизованих систем сортування радіотехнічних виробів</i>	13.05 – 17.05.24	<i>виконано</i>
2	<i>Вибір та обґрунтування контролеру та структурна схема автоматизованої системи сортування радіотехнічних виробів</i>	18.05 – 25.05.24	<i>виконано</i>
3	<i>Розроблення алгоритму роботи та програмного забезпечення автоматизованої системи сортування радіотехнічних виробів</i>	26.05 – 09.06.24	<i>виконано</i>
4	<i>Охорона праці</i>	10.06 – 13.06.24	<i>виконано</i>
5	<i>Оформлення пояснювальної записки</i>	14.06 – 16.06.24	<i>виконано</i>
6	<i>Подання роботи на перевірку Інтернет-системою StrikePlagiarism</i>	17.06 – 19.06.24	<i>виконано</i>
7	<i>Подання роботи на рецензію</i>	20.06 – 22.06.24	<i>виконано</i>
8	<i>Подання роботи на підпис зав. кафедри</i>	23.06 – 25.06.24	<i>виконано</i>
9	<i>Подання кваліфікаційної роботи в ЕК</i>	26.06.24	<i>виконано</i>

Дата видачі завдання 13.05.2024р.

Студент \_\_\_\_\_ Кривчун Р. В.  
(підпис)

Керівник роботи \_\_\_\_\_ доц. Замірець О. М.  
(підпис) (посада, прізвище, ініціали)

Я, як студент ХНУРЕ, розумію і підтримую політику закладу із академічної доброчесності. Я не надавав і не одержував допомогу під час підготовки кваліфікаційної роботи. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело.

«21» червня 2023 р. \_\_\_\_\_ Кривчун Р. В.

## РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: 59 с., 1 табл., 15 рис., 2 дод., 20 джерел.

АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА, МАШИННИЙ ЗІР, СОРТУВАЛЬНА ЛІНІЯ, ARDUINO, АЛГОРИТМ, ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ, ІДЕНТИФІКАЦІЯ КОЛЬОРУ.

Об'єкт розробки – сортування виробів на виробництві.

Предмет розробки – програмне забезпечення.

Мета роботи – розробка програмного забезпечення для автоматизованої системи сортування радіотехнічних виробів на виробництві.

Впровадження датчиків нового покоління та швидтекстіючої обчислювальної техніки призвело до створення автоматизованої системи машинного зору. З його допомогою вдалося вирішити цілу низку завдань – підвищити якість продукції, мінімізувати вплив людського чинника, відстежувати переміщення продукції та багато іншого. Модулі візуального контролю широко потрібні в різних галузях, зокрема в промисловості, фармацевтиці, науці та техніці.

Виконано аналіз технічного завдання щодо розроблення автоматизованої системи сортування радіотехнічних виробів, опрацьовано функціональні та схемотехнічні її властивості, на базі яких було розроблено структурну схему сортувальної лінії. За основу пристрою управління взяли Arduino UNO, зважаючи на його функціональні можливості. До того ж, було розроблено алгоритм та програмне забезпечення для автоматизованої системи сортування радіотехнічних виробів. Розраховано штучне освітлення дослідницької лабораторії з метою розроблення автоматизованої системи сортування радіотехнічних виробів.

## ABSTRACT

Explanatory note: 59 pp., 1 tab., 15 figs., 2 appendices, 20 sources.

AUTOMATED SYSTEM, MACHINE VISION, SORTING LINE, ARDUINO, ALGORITHM, SOFTWARE, COLOR IDENTIFICATION.

The object of development is the sorting of products in production.

The subject of development is software.

The purpose of the work is the development of software for an automated system for sorting radio engineering products in production.

The introduction of new generation sensors and high-speed computing technology has led to the creation of an automated machine vision system. With its help, it was possible to solve a number of tasks - to improve the quality of products, minimize the impact of the human factor, track the movement of products and much more. Visual inspection modules are widely required in various industries, including industry, pharmaceuticals, science and technology.

The analysis of the technical task for the development of an automated system for sorting radio technical products was carried out, its functional and schematic properties were worked out, on the basis of which the structural diagram of the sorting line was developed. Arduino UNO was used as the basis of the control device, taking into account its functionality. In addition, an algorithm and software for an automated system for sorting radio engineering products were developed. The artificial lighting of the research laboratory was calculated for the purpose of developing an automated system for sorting radio technical products.

## ЗМІСТ

Перелік скорочень .....	9
Вступ .....	10
1 Аналіз існуючих методів, засобів та автоматизованих систем сортування радіотехнічних виробів .....	12
1.1 Область застосування сортувальних ліній .....	12
1.2 Методи розпізнавання об'єктів .....	14
1.3 Аналіз роботи датчика розпізнавання кольору .....	23
1.4 Огляд аналогічних пристроїв .....	27
2 Вибір та обґрунтування контролеру та структурна схема автоматизованої системи сортування радіотехнічних виробів .....	31
2.1 Автоматизована система сортування виробів .....	31
2.2 Вибір та обґрунтування управляючого пристрою .....	32
2.3 Структурна схема та принцип роботи автоматизованої системи сортування виробів .....	39
3 Розроблення алгоритму роботи та програмного забезпечення автоматизованої системи сортування радіотехнічних виробів .....	42
3.1 Алгоритм роботи автоматизованої системи .....	42
3.2 Опис тексту програми .....	48
4 Охорона праці .....	51
4.1 Аналіз умов праці на робочому місці .....	51
4.2 Промислова безпека на робочому місці .....	51
4.3 Виробнича санітарія у приміщенні .....	52
4.4 Пожежна безпека у приміщенні .....	54
Висновки .....	56
Перелік джерел посилання .....	57

Додаток А Лістинг програми .....	60
Додаток Б Демонстраційний матеріал .....	61

## ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ

- АСЛ – автоматизована сортувальна лінія;
- ЕОМ – електронно-обчислювальна машина;
- ЕРЕ – електрорадіоелементи;
- КЗ – коефіцієнт заповнення;
- МК – мікроконтролер;
- ПК – персональний комп’ютер;
- СМЗ – система машинного зору;
- ШІМ – широтно-імпульсна модуляція.

## ВСТУП

На сьогодні у сучасному світі розроблено значну кількість методів для сортування виробів та встановлення різних дефектів і невідповідностей стандарту, які можуть функціонувати як окремо, так і комплексно.

Системи машинного зору (СМЗ) стали привабливими серед подібних систем тим, що, реалізують високу продуктивність через те, що ні до чого торкатися чи спеціально зупинятися та чекати на реакцію системи не потрібно. Здебільшого виріб рухається перед пристроєм чи зупиняється навпроти нього на невеликий час. Втім у таких системах наявні і недоліки, тобто сама по собі зазначена система не може забезпечити 100 % надійності ідентифікації. З метою високої надійності доцільним стає комбінування кількох методів.

Наразі власне комбіновані системи є пріоритетними, тому що полягають у розробленні повністю автоматизованих систем ідентифікації та сортування за різними критеріями: кольорами, фактурами поверхонь, формами тощо. Зауважимо, що на даний момент у виробництві складно виділити якусь одну вагому ознаку виробу, зважаючи на це необхідно залучати комплексний контроль. Вважається, що функціонування подібних систем значно зменшить кількість помилок, і, водночас, справді збільшить продуктивність виробництва. Таким чином, зможе відповідати високій надійності та швидкості.

Об'єкт розробки – сортування виробів на виробництві.

Предмет розробки – програмне забезпечення.

Мета роботи – розробка програмного забезпечення для автоматизованої системи сортування радіотехнічних виробів на виробництві.

Для досягнення поставленої мети у процесі роботи розв'яжемо такі завдання:

- опрацювати вимоги технічного завдання;
- проаналізувати призначення сортувальних ліній;

- вивчити методи розпізнавання об'єктів;
- розглянути процес функціонування датчика розпізнавання кольору;
- зіставити принципи дії аналогічних пристроїв;
- дослідити роботу автоматизованої системи сортувальної лінії;
- створити алгоритм роботи автоматизованої системи сортувальної лінії;
- дотримуватись питань охорони праці.

Пояснювальну записку кваліфікаційної роботи оформлено згідно з ДСТУ 3008:2015 [1], з урахуванням рекомендацій щодо підготовки та оформлення кваліфікаційної роботи здобувачами першого (бакалаврського) рівня вищої освіти [2-3].

# 1 АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ МЕТОДІВ, ЗАСОБІВ ТА АВТОМАТИЗОВАНИХ СИСТЕМ СОРТУВАННЯ ВИРОБІВ

## 1.1 Область застосування сортувальних ліній

З огляду на вимоги технічного завдання доцільно розробити автоматизовану систему сортування радіотехнічних виробів на сортувальній лінії.

Для досягнення мети роботи слід детально вивчити предметну галузь, опрацювати питання, котрі стосуються проєктування автоматизованих сортувальних ліній.

До того ж, доцільно розглянути властивості автоматизованих сортувальних ліній, а також вивчити структури відповідних систем.

Одним із шляхів для розв'язання окресленої задачі стає вибір одного з головних критеріїв виробу, як от, вага чи колір. Разом з тим є комбінований метод контролю та сортування. Він ґрунтується на розподіленні потоку виробів за сукупністю декількох параметрів, які окреслюються як у процесі проєктування самої системи, так і під час налаштування вже чинної.

Загалом процеси сортування простіше можна автоматизувати. З огляду на це, для більшості технологічних процесів розроблені типові рішення. Позитивний ефект після впровадження таких автоматизованих систем став дуже вагомим.

Щоб зупинитися на конкретному методі, спершу, доцільно розробити кілька алгоритмів, що ґрунтуються різних методах сортування та розподілу. Наступним кроком необхідно протестувати кожен із них, а на базі отриманих результатів визначити найбільш надійний та ефективний алгоритм з метою зменшення у подальшому трудовитрат на доопрацювання та тестування.

Крім того, з'являється сенс протестувати цей алгоритм на працездатність та оцінити його результати. За умови появи збоїв, вразливостей, певних невідповідностей сформованим вимогам потрібно доопрацювати алгоритм для повноцінного забезпечення максимальною надійністю й ефективністю сортувальну лінію.

Для будь-якого виробництва одним із пріоритетних завдань стає розроблення та виготовлення конкурентоспроможної продукції. Втілити таке завдання без підвищення якості виробленої продукції – неможливо. Вагому роль у питанні поліпшення якості продукції разом із підвищенням ефективності виробництва у подальшому відіграватимуть автоматичні засоби контролю. За різними оцінками на операції контролю в галузях машино- та приладобудування припадає до 20 % від загальної трудомісткості виробів виробництва.

За продуктивність контрольно-сортувальних автоматів, здебільшого, відповідають сортувальні пристрої. Збільшення продуктивності сортувальних пристроїв можна отримати, зменшивши час на транспортування виробу та направлення його до сортувального лотка. Зазвичай, лініями сортування послуговуються на початку та наприкінці технологічного процесу.

Подавальний пристрій розуміється як конвеєр або накопичувач із заготовками або виробами. Підкреслимо, що сортування реалізується лише за одним критерієм: кольором або формою. У разі застосування датчиків наприкінці такого процесу формується інформація про критерії виробу. За такої умови пристрій орієнтування чи маніпулятор може проводити сортування. Якщо процес функціонує, взаємодіючи із механічною системою, виріб, зважаючи на свій критерій, відразу підлягає сортуванню.

Важливо, що виробам потрібно створити необхідне положення у просторі, з метою його захвату маніпулятором у подальшому. У деяких випадках такий етап може не активізуватись.

Після закінчення процесу сортування вироби за відповідними критеріями переміщуються до конвеєра чи накопичувача.

Кінець маршруту сортування. Заготовки направляються до накопичувача або приймача верстата для подальшого оброблення. Після виготовлення продукту виникає потреба у повторенні операції сортування, до того ж, з конкретною метою: відсортувати з готової партії браковані вироби, а серед тих, що залишилися, відібрати для подальшого упакування.

Таким чином, процеси сортування легко підлягають автоматизації. Зважаючи на це, для багатьох технологічних процесів розроблено типові рішення. Залучення такої автоматики сприятиме вагомому позитивному економічному ефекту.

## 1.2 Методи розпізнавання об'єктів

З метою автоматизації ліній сортування інженери послуговуються цілим набором методів та технічних рішень, які допомагають активізувати процес автоматизації з максимальною ефективністю. Переважно, це різні датчики, котрі дозволяють контролювати фактично будь-які критерії виробу, зокрема:

- кольори та матеріали (різноманітні сенсори);
- вагу (тензометричні датчики), розміри (сканери, далекоміри);
- температурні показники (термоопір, термопари).

Час від часу залучають комплексні рішення, на кшталт систем машинного зору, за допомогою котрих можна відразу отримувати дані про деякі характеристики зовнішнього вигляду виробу.

Безконтактні датчики положення знаходять об'єкт згідно з принципами роботи: індуктивного, ємнісного, оптичного. Крім того такі датчики вибирають з огляду на критерії та властивості об'єкта, що детектується, на кшталт кольору, форми, умов навколишнього середовища чи експлуатації. Разом з тим датчики наближення або безконтактні вимикачі наділені величезним ресурсом, оскільки

не облаштовані рухомими механічними елементами та високою частотою перемикачів.

Так, одними з найпопулярніших типів безконтактних кінцевих вимикачів можна назвати ємнісні датчики положення об'єкта. Вони вирізняються певними перевагами над індуктивними сенсорами, зокрема, спрацьовують на об'єкти, виготовлені з різних матеріалів. Зауважимо, що власне відстань спрацьовування залежить від кольору об'єкта.

Безконтактні індуктивні датчики. Найбільш актуальними серед них є кінцеві вимикачі, без яких, на даний момент, практично неможливо обійтися на автоматизованому виробництві. За умови порівняння індуктивних датчиків наближення з механічними вимикачами, їхні переваги полягають у:

- безконтактному принципі роботи;
- відсутності рухомих і тертьових деталей;
- високої частоти перемикачів, що координуються з високою точністю спрацьовування.

Магнітно-індуктивні датчики залучаються для безконтактного визначення положення об'єктів. Так, магнітні датчики позбавлені механічного зношування, водночас, переважають над індуктивними безконтактними сенсорами завдяки тому, що у разі однакових габаритів наділені більшою відстанню спрацьовування.

З метою точного визначення положення об'єкта шляхом безконтактного способу на великі відстані задіюють оптичні датчики положення, котрі ще йменують фотоелектричними. Якщо в індуктивних датчиках наближення залежить від матеріалу об'єкта вимірювання, тоді як процес детектування у фотоелектричних розповсюджується на предмет із будь-якого матеріалу. Наступною перевагою назвемо можливість спрацьовування безконтактних оптичних перемикачів на значно більших відстанях, на відміну від інших датчиків наближення, на кшталт ємнісних чи індуктивних,

Датчики машинного зору вважаються вже складнішою системою, зважаючи на їхню спроможність визначити колір та форму виробу. Вони устатковані камерами машинного зору, тобто окремим пристроєм із вбудованим джерелом освітлення. З метою з'ясування контурів об'єкта, промислового відеодатчику додатково застосовує падаюче світло чи лампу підсвічування. Визначивши контури, електроніка приладу співставляє отримане зображення із зображенням еталонних контурів у пам'яті і, порівнявши ступені відповідності, подає сигнал. Інстальований до програмного забезпечення набір інструментів забезпечує співставлення з еталонним зображенням за певними критеріями.

Принцип роботи датчиків кольору ґрунтується на методі відповідності за трьома кольорами. Так, спершу, датчик випромінює зелений, синій і червоний кольори, потім визначає хроматичність (соковитість) та насиченість відбитого променя. А наприкінці співставляє наявні результати із заздалегідь заданими характеристиками колірних координат. Якщо за результатами порівняльного аналізу вони відповідають межах допустимих відхилень, то стартує генерування вихідного електричного сигналу.

Механічна рука, котра обладнана тактильними сенсорними органами, у процесі маніпулювання об'єктом певною мірою активізує відчуття дотику. Це вважається вагомою властивістю за умови маніпулювання маложорсткими виробами. У такому разі, крім датчиків, які фіксують контакт з виробом, затребуваними є датчики, що безперервно інформують про тиск пальців захвату на виріб. Тактильні датчики ґрунтуються на зміні величини електричного опору будь-якого елемента за умови деформації від зовнішнього тиску (пальців захоплення). До того ж, вони може бути звичайними контактами вимикач. поріг спрацьовування тактильного датчика визначається жорсткістю пружини разом з тим характеризуються невисокою роздільною здатністю. Тим паче їх набір зумовлюють до занадто громіздкої конструкції захоплення маніпулятора.

Контрольно-сортувальні автоматами послуговуються у галузі машинобудування з метою автоматичного контролю та сортування виробів за формами, розмірами та вагою. Блок-схема контрольно-сортувального автомата складається з основних механізмів, серед яких завантажувальні, транспортні, вимірювальні та сортувальні пристрої. У більшості контрольно-сортувальних автоматів операції щодо контролю та сортування функціонують не одночасно. Зважаючи на це виникає потреба у фіксуванні результатів контролю, запам'ятовуючи його від початку до моменту сортування. Таким чином, запам'ятовується вимірювальний імпульс. Власне процес запам'ятовування може реалізовуватись різними способами, як механічними, так і електричними.

Опрацюємо процес сортування виробів на базі силового методу, котрий можна розподілити на механічний, пневматичний, магнітний, електричний, комбінований. Зауважимо, що у всіх перелічених системах пріоритетним є комбінований силовий вплив на вироби, втім тип системи можна окреслити за домінуючим силовим впливом у разі переміщення, орієнтації, суміщення та фіксації виробів.

У механічних системах пріоритетними вважаються методи контактного маніпулювання, що ґрунтуються на передаванні виробу силового впливу від робочого органу чи іншого виробу, безпосередньо застосовуючи тиск або зіткнення. У свою чергу, механічні системи маніпулювання складаються з двох різновидів: систем із захватно-орієнтуючими органами, що застосовують коливальний, обертальний чи зворотно-поступальний рух, а також систем, які вирізняються вібруючими захватно-орієнтуючими органами. Системи першого виду ефективні для виробів із великими та середніми габаритами (до 0,1 м) та вагою (до 0,2 кг), механічно міцних та жорстких у порівнянні з грубо обробленими поверхнями.

Пневматичні системи маніпулювання, здебільшого, ґрунтуються на контактному методі тиску струменя стисненого повітря на виріб, утім, на відміну від механічних, вони реалізують можливість фактично знівелювати

поштекстження маломіцних та нежорстких виробів з особливо чистими поверхнями. Підкреслимо, що спеціальні пневматичні системи наділені високою чутливістю, що відповідає за розпізнавання виробів у позиції контролю з розмірами ключа орієнтації від 1 мкм до 10 мкм. Зважаючи на це, розглядають два головні типи пневматичних систем маніпулювання за допомогою:

- безпосереднього силового впливу повітряних струменів на виріб;
- пневматичних датчиків контролю положення виробу.

Розтлумачимо: системи першого типу сполучають у собі функції контрольних і виконавчих органів. Системи другого типу такі функції розмежовують.

Магнітні системи залучають для маніпулювання виробами, створених із феромагнітних та немагнітних струмопровідних матеріалів. У першому варіанті в системах з'являється постійне чи низькочастотне (не більше 50 Гц) змінне поле, а в другому – високочастотне (до кількох кГц), на підставі якого у виробі збуджують власне магнітне поле, що сприяє взаємодії із зовнішнім. Серед найпоширеніших систем взаємодія поля та виробів реалізується за двома схемами:

- в осередку соленоїдної котушки;
- в осередку міжполюсної зони магніту.

Системи, котрі залучають електричне поле з метою безконтактного силового впливу на вироби, впливають на їхнє переміщення, орієнтацію, поштучну видачу з потоку. За умови відповідного вибору критеріїв системи можна маніпулювати виробами як із діелектричних, так і з струмопровідних матеріалів.

Функціонування вібротехнічних систем у процесах сортування та групового касетування характеризується їхньою високою продуктивністю, універсальністю, порівняльною конструктивною простотою, а також можливістю щодо швидкого переналаштування з одного типорозміру виробу на

інший. Зважаючи на це, наведені системи активно використовуються у приладобудуванні та інших галузях промисловості. У свою чергу, вібротехнічні системи можуть налічувати три ключові способи касетування та сортування виробів:

- без спрямованого переміщення потоку виробів касетою;
- зі спрямованим переміщенням виробів касетою;
- комбінований із обертанням касет.

У процесі касетування вироби, розташовані навалом у пристрої, починають хаотично рухатися під дією якогось силового впливу, наприклад, вібрації касети. Підкреслимо, що положення кожного виробу на касеті змінюється у часі, стаючи безпервною випадковою величиною. У разі займання положення виробом, що стає зручним для поцілення до відповідного за розмірами отвір, воно западає до гнізда касети. Гнізда розташовуються за принципом поступового збільшення їхніх габаритних параметрів від пристрою.

Пневматичні системи маніпулювання, за аналогією до транспортної, вважаються доволі ефективними та економічно виправданими у разі переміщення деталей та виробів, які характеризуються умовно невеликою щільністю матеріалу, розвиненими опорними поверхнями чи значною поверхнею обтікання. До вказаної групи можуть надходити плоскі й об'ємні (переважно порожнисті) вироби з полімерних та напівпровідникових матеріалів, кераміки та металокераміки (преспорошків), різних металів та сплавів (магнітних та немагнітних). Струменеві пневмотранспортери відкритого типу широко застосовують з метою переміщення, залучивши повітряну подушку, виробів із низькими критеріями міцності (на кшталт поверхневого шару, що легко зазнає поштекстжень), у протилежному випадку, з високими фрикційними властивостями (зокрема, виробів із гуми, кераміки, абразиву тощо). Струменевий пневмотранспортер відкритого типу проєктують як камеру питомої довжини, на кришці якої розміщують похилі сопла. Стиснене повітря, що видаляється з камери через сопла, створює повітряний

прошарок між кришкою камери та поверхнею виробу, що рухається під впливом сил в'язкого тертя та тиску. Зважаючи на це, вдається позбавитися стирання функціональних поверхонь виробу та транспортера під час руху. Втім доцільно занотувати, що швидкість руху виробу послуговуючись повітряною подушкою в струменевому пневмотранспортері, починаючи з деякого моменту, збільшується доволі швидко, тому може досягати достатньо великих значень, які не для всіх випадків є бажаним.

Сили, котра задається вертикальними струменями повітря, може не вистачати для підйому виробу з вагою, у разі перевищення розрахункової, і виріб продовжить переміщення на попередньому рівні транспортера. У разі меншої ваги виконується переміщення до наступної ділянки з метою подальшого сортування.

СМЗ залучають комп'ютерний зір для промисловості та виробництва. СМЗ запрограмовані для реалізації вузькоспеціалізованих завдань, зокрема, зчитування серійних номерів, підрахунок об'єктів на конвеєрі чи пошук поверхневих дефектів. Переваги системи візуальної інспекції, що ґрунтується на машинному зорі, містяться у високій швидкості роботи зі збільшенням обороту, можливості працювати 24 години та точності повторюваних вимірювань. До тогож, переваги машин над людьми визначаються відсутністю стомлюваності, захворювань чи неуважності.

Як правило, машинний зір трактується як процес залучення комп'ютерного зору для промислового використання, втім доцільно перерахувати апаратні та програмні компоненти, котрими найчастіше послуговуються. Класичне рішення системи машинного зору складається з таких елементів:

- обладнання введення/виведення для звітування про отримані результати;
- розумної камери, тобто пристрій, який містить всі вищезазначені пункти;

- спеціалізовані джерела світла;
- специфічні застосунки програмного забезпечення для оброблення зображень та виявлення відповідних властивостей;
- датчик для синхронізації виявлених частин (може бути як оптичним, так і магнітним) для захоплення та оброблення зображень;
- приводи, що відповідають за сортування або відбір бракованих деталей.

Наразі СМЗ є дуже популярними та поширеними завдяки своїй функціональності та ефективності. Такі переваги сприяють їхньому втіленню до нижче наведених галузей:

а) радіоелектроніки:

- 1) актуальні для автоматизації операцій монтажу комплектуючих на печатні плати;
- 2) придатні для автоматизації операцій щодо контролю зовнішнього вигляду друкованих плат, вузлів та фотошаблонів;
- 3) актуальні для автоматизації операцій щодо контролю розмірів, форми та поверхонь деталей;

б) мікроелектроніки:

- 1) актуальні для автоматизації складальних операцій виробництва інтегральних мікросхем (зварювання, посадка, поділ, зондовий контроль);
- 2) придатні для автоматизації операцій контролю фотошаблонів;
- 3) актуальні для автоматизації операцій щодо контролю маркувань, етикеток, типів корпусів та інших операцій;

в) машинобудуванні, автомобіле- та тракторобудуванні:

- 1) властиві для автоматизації контролю складальних операцій на конвеєрі (контроль щодо координатного положення, розмірів та форми деталей);
- 2) придатні для автоматизації операцій контролю розмірів та форми деталей шарикопідшипників та інших комплектуючих;

3) застосовуються у дистанційному, автоматичному контролі розплавлених металів або сипких матеріалів (швидкість потоку, об'єм тощо);

4) реалізуються у дистанційному, автоматичному контролі розігрітих деталей та вузлів (геометричні параметри прокату);

г) сільгоспобробці:

1) застосовують в автоматичній класифікації за критеріями форм, насіння, кольорів, розмірів плодів та інших об'єктів із високою продуктивністю;

г) деревообробці:

2) для автоматичного контролю та розпізнавання текстур, фактур, кольорів та інших критеріїв поверхні з дерева з високою продуктивністю та достовірністю;

д) медицині:

1) залучають в автоматичному дослідженні клітин крові та інших препаратів з високою продуктивністю та достовірністю;

2) використовують в автоматичному дослідженні рогівки очей;

е) геодезії, картографуванні:

1) в автоматичному зчитуванні зображень ділянок поверхні землі (дистанційному зондуванні) розпізнаванні, класифікації за шарами та створенні відповідних банків даних;

є) криміналістиці:

1) в автоматичній ідентифікації відбитків пальців;

2) в автоматичному розпізнаванні та класифікації особи людини;

ж) інформатиці:

1) в автоматичному розпізнаванні рукописних, друкованих, графічних інформаційних матеріалів, їхньої класифікації з великою продуктивністю та створенні на їх основі банків даних;

з) державтоінспекції:

1) в автоматичному розпізнаванні типу автомобілів під час їхнього руху та номерних знаків;

2) в автоматичному контролі швидкості руху автомобілів та запису їхніх зображень до відповідних банків даних;

и) охоронній сигналізації:

1) в автоматичному виявленні сторонніх (як рухливих, так і нерухомих) об'єктів у полі зору телевізійних камер та запису зображення цих об'єктів до банку даних комп'ютера;

2) в автоматичному зчитуванні та розпізнаванні номерних знаків та інших символів залізничних вагонів та поїздів на станціях або у дорозі.

Розроблення з урахуванням СМЗ технологічного устаткування для окреслених виробництв, а також його впровадження налічують один суттєвий недолік – дороговартісні СМЗ. Однак питання дорожнечі можна компенсувати значною ефективністю цих систем, що полягає у здатності забезпечувати високу продуктивність разом із надійністю. Зважаючи на те, що вони можуть функціонувати майже безперервно, на відміну від людей, до того ж, на них не впливає втома. Водночас таким системам властива висока гнучкість, у галузі застосування, тому що необхідно просто додати критерії, за якими проводитиметься робота, до спеціальної програми.

### 1.3 Аналіз роботи датчика розпізнавання кольору

Датчики кольору користуються попитом у різних галузях: автоматизованому виробництві, робототехніці, пакувальному обладнанні, а також контролю якості в обробній промисловості. Застосовуючи універсальні датчики кольору, можна прискорювати чи спрощувати автоматизовані процеси, що спрямовані на розпізнавання кольорового маркування на етикетках чи упаковках, а також відтінків кольору килимів або текстильних виробів.

Око людини спроможне гарно розрізняти кольори, втім різні люди розповідають про один і той же колір по-різному. Зважаючи на це, в

промисловості та інших галузях, де задіяні люди, потрібно точно визначати колір та за допомогою автоматичних пристроїв управляти ним.

Ще не так давно виробники, котрі користувалися оптоелектронними датчиками, опрацьовували тільки відомості про яскравість випромінювання. Оскільки на сьогодні вимоги до таких датчиків стали доволі завищеними, тому і з'явилась потреба в більш доскональній інформації про світло. Діапазон таких пристроїв є доволі різноманітним: починаючи від дорогих лабораторних спектрофотометрів, і закінчуючи економічними (RGB – Red, Green, Blue) датчиками кольору. Збільшення діапазону типів датчиків стимулює до більшого розгалуження практичного застосування вимірювання кольорів. Наразі такі датчики залучають для контролю та управління кольором у промисловій автоматизації, світлодіодному підсвічуванні РК-дисплеїв та телевізорів, побутовій техніці, текстильній промисловості, вимірюванні кольору в портативному медичному обладнанні та діагностичній апаратурі тощо.

Розроблено кілька типів приладів для вимірювання кольору, втім у сьогоденні найчастіше послуговуються колориметричним або фотометричним методами. Власне колориметричний метод засновано на вимірюванні світла від об'єкта датчиком із трьома фільтрами. Здебільшого, спектральну чутливість датчика оптимізовано таким чином, щоб вона співпадала зі спектральною чутливістю ока людини. Вихідний сигнал задається в координатах кольору  $X$ ,  $Y$ ,  $Z$  комісії CIE (Commission International de l'Eclairage). Фотометричний метод ґрунтується на застосуванні значної кількості датчиків, які визначають колір у великій кількості вузьких діапазонів. Так, комп'ютер обчислює координати кольору кожного з діапазонів, а потім інтегрує отримані дані.

На сьогодні стало затребуваним виробництво трьох різних типів датчиків кольору: датчиків, які перетворюють світло на фотострум, датчиків, які перетворюють світло на аналоговий сигнал, а також датчиків, які перетворюють світло на цифровий сигнал. Датчик кольору, котрий перетворює

світло на аналогову напругу, містить у собі матрицю фотодіодів із кольоровими світлофільтрами, що, у свою чергу, інтегрована зі схемою перетворення струму на напругу. Такий RGB-датчик кольору ґрунтується на колориметричному правилі вимірювання, до того ж, спроектований з фотодіодної матриці, зеленого, синього та червоного фільтрів та трьох підсилювачів із струмовим входом, які взаємодіють в одній монолітній мікросхемі. Без кольорового світлофільтра звичайний кремнієвий фотодіод реагуватиме на довжини хвиль від ближнього ультрафіолету до ближнього ІЧ-діапазону з областю максимальної чутливості між 800 нм і 950 нм. Зелений, синій та червоний кольорові фільтри на пропусканні створюють та оптимізують спектральну чутливість фотодіода. Спроектовані за всіма правилами фільтри, дозволяють отримувати спектральну чутливість для відфільтрованої фотодіодної матриці, котра подібна до чутливості ока людини. RGB-фільтри розкладають падаюче світло на зелений, синій та червоний компоненти. Фотодіод відповідного каналу кольору перетворює їх на фотострум. У подальшому три підсилювача зі струмовим входом (по одному для кожного компонента R, G та B) перетворюють фотострум на напругу. За результатами комбінування три аналогові виходи несуть інформацію про колір і силу світла. Вихідна напруга кожного з каналів (R, G, B) лінійно збільшується зважаючи на зростання інтенсивності світла. Здебільшого послуговуються одним із двох методів вимірювання та визначення кольору: на відображення та на пропускання.

У процесі вимірювання відображення датчик кольору визначає і вимірює колір випромінювання, що відбився від поверхні чи об'єкта. Підкреслимо, що джерело і датчик кольору розташовані близько від відбиваючої поверхні. Світло, випромінюване джерелом світла (лампю розжарювання, флуоресцентною лампою, білим світлодіодом або каліброваним світлодіодним модулем RGB), відбивається від поверхні, і, відповідно, визначається і вимірюється датчиком кольору. Так, колір випромінювання, відбитого від поверхні, залежить від кольору власне поверхні. Роз'яснимо, біле світло, що

падає на червону поверхню, відбивається червоним кольором, а потім потрапляє на датчик кольору, що видає різні вихідні напруги за трьома каналами. Інтерпретуючи ці три напруги, можна визначити світло. Звертаємо увагу, що три вихідні напруги збільшуються лінійно із посиленням інтенсивності відбитого світла. Таким чином, розглянутий датчик кольору може також вимірювати здатність, яка відбиває від об'єкта або поверхні.

У процесі вимірювання пропускання датчик кольору визначає і вимірює світло безпосередньо від джерела, до того ж, вони розташовані «віч-на-віч». Фотодіодна лінійка зі світлофільтрами перетворює падаюче світло на фотострум від відповідного каналу, який потім посилюється й обертається на аналогову напругу. З огляду на інтерпретації цих трьох напруг можна з'ясувати колір. Так вираховування кольору прозорих середовищ у процесі вимірювання кольору на пропускання на відображення збільшуються лінійно із посиленням інтенсивності відбитого світла. Таким чином, за допомогою зазначеного датчика можна вимірювати і повну інтенсивність світлового потоку від джерела світла, а не лише колір. Процес вимірювання кольору на пропускання застосовується, у тому числі, для середовищ прозорого типу: скла, прозорого пластику, рідини чи газу. Підсумуємо, світло проходить крізь прозоре кольорове середовище та потрапляє на датчик кольору, а на його виході три аналогові напруги можуть залучатися для контролю в апаратурі управління. До того ж, такі напруги можуть перетворюватись на цифровий сигнал, який може аналізувати DSP.

Стисло опрацюємо методи опису кольорів та яскравості випромінювання. Так, матричний метод застосовується з метою з'ясування кількох кольорів. Він ґрунтується на матричному рівнянні: CIE  $X$ ,  $Y$ ,  $Z$  – координати кольору, RGB – цифрові значення датчика кольору.

Матричні коефіцієнти доцільно визначати зважаючи на вихідні сигнали еталонного датчика кольору. Як тільки матричні коефіцієнти було встановлено, значення  $X$ ,  $Y$ ,  $Z$  можна розрахувати зі значення RGB датчика кольору.

Табличним методом послуговуються для визначення кількох кольорів одночасно. Спочатку необхідно з'ясувати, чи є вагомою інформація про яскравість кожного кольору, котру отримують за допомогою еталонного датчика у процесі калібрування. Якщо інформування про яскравість кольору не має значення, то для пошуку відношення між еталонним кольором, який отримано у процесі калібрування, та визначуваним кольором використовують один базовий відібраний кольоровий канал для всіх наборів вимірювання.

#### 1.4 Огляд аналогічних пристроїв

Наразі функціонування датчиків розпізнавання кольору збільшує рамки впровадження. Найбільш ефективним розпізнавання кольору реалізується там, де виникає потреба щодо високопродуктивної роботи устаткування, зокрема, на операціях контролю деталей, написів, сортувальних лініях тощо. Разом з тим існують системи машинного зору, в яких подібні датчики також успішно та активно застосовуються.

У цілому подібні датчики як складові спеціальних комплексів (у поєднанні з іншими пристроями ідентифікації), так і окремо, як правило, залучаються для роботи різних сортувальних ліній та ліній контролю якості. Крім того, різноманітними є галузі їхнього функціонування – харчова, легка, важка й обробна промисловість.

Так, за приклад втілення даних технологій оберемо повністю автоматизовану оптичну сортувальну установку Primus, яка розроблена та впроваджена норвезькою компанією Tomra Systems. Її призначенням є сортування будь-яких ягід, оливок. Під час її функціонування реалізується процес відбраковування розм'якшених продуктів, які втратили природне забарвлення й очищення від бур'янів. На рисунку 1.1 продемонстровано схему роботи автоматизованої оптичної сортувальної установки.

Принцип її роботи ґрунтується на тому, що на конвеєр, позначеного на схемі цифрою 1, запускається потік невідсортованих ягід, який рухається до датчика кольору, позначеного на схемі цифрою 2, котрий взаємодіє зі спеціальною заслонкою, завдання якої полягає у забезпеченні інтервалу між одиницями продукту за умови, що датчиком буде виявлено їхню невідповідність нормі. Потім одиниці, що не підходять за нормами, під дією стиснутого повітря подаються до окремого накопичувача, водночас якісні продовжують свій рух виробничою лінією далі.

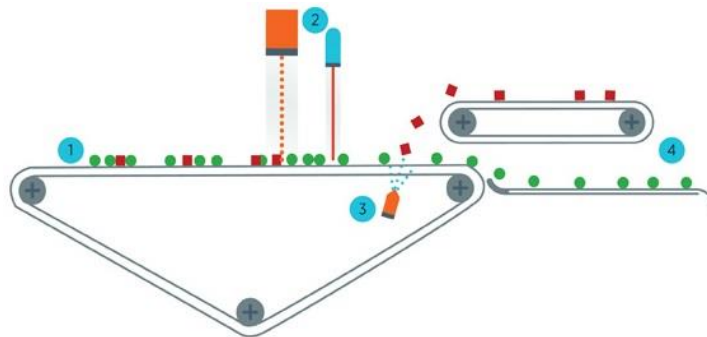


Рисунок 1.1 – Схема роботи оптичної установки Primus

Паралельно з попереднім зразком розглянемо схожу за своїм принципом роботи установку Sentinel II, призначену для сортування фруктів. Схему її роботи продемонстровано на рисунку 1.2.

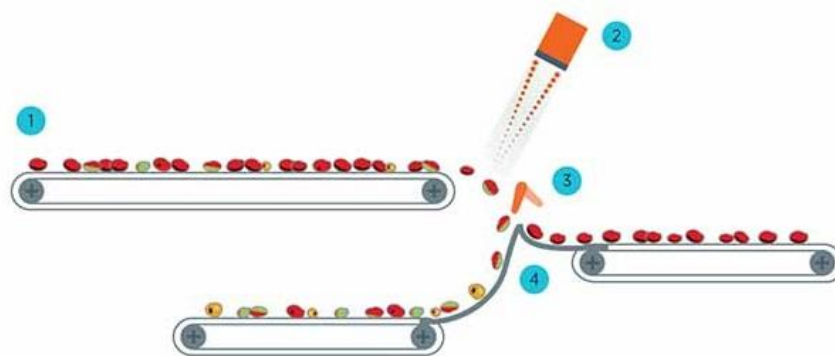


Рисунок 1.2 – Схема роботи оптичної установки Sentinel II

Спершу конвеєром на лінію надходять невідсортовані фрукти, потім вони перевіряються датчиком визначення кольору. За результатами перевірки фрукти відсортовуються як браковані чи продовжують свій шлях виробничою лінією.

У цілому на сучасному виробництві операції щодо сортування та перевірки на відповідність необхідним критеріям є дуже важливими й займають більшу частину процесу виробництва, тому що від цього залежить якість продукції, що випускається. Зважаючи на це подібні системи контролю дедалі більше стають популярними на ринку та застосовуються у багатьох галузях. Загальний алгоритм їхньої роботи опишемо так: є виробнича лінія, по якій рухається потік виробів, засоби проведення контролю перевіряють їх на певних етапах виробництва, чи відповідають вони необхідним критеріям (наприклад, кольору), відповідно до результату з потоку прибираються вироби, що не відповідають еталону. Зважаючи на те, що подібні системи значно підвищують якість продукції, вони є невід'ємною частиною будь-якого сучасного виробництва.

Розглянемо ще одну галузь, де широко застосовуються АСЛ, – переробку відходів. Одним із прикладів такої діяльності оберемо сміттесортувальний комплекс компанії Пастер холдинг. На рисунку 1.3 подано схему його роботи.

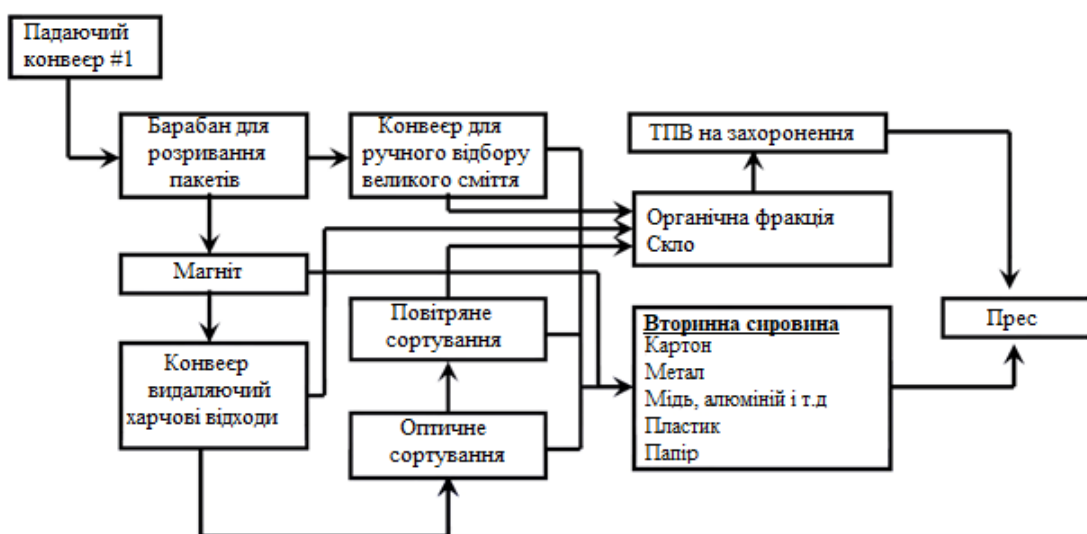


Рисунок 1.3 – Схема роботи сміттесортувального комплексу

Серед ключових вимог, які висуваються до подібних установок, виокремимо ту, що вони повинні працювати з усіма видами сміття, що продукує людство.

Це досягається різними методами сортування, що реалізуються шляхом комбінованого функціонування. Така сміттесортувальна лінія легко перероблює певні види відходів, зокрема, папір, картон, відходи текстилю, пористі матеріали, жерстяні, алюмінієві та металеві банки та бочки, поліетиленові пляшки, різні відходи поліетилену, пластмас тощо. Разом з тим, преси не спроможні дати високого результату у процесі роботи з відходами важкої промисловості.

Первинне подрібнення відходів важкої промисловості, а також скорочення обсягу вторинної сировини й непотрібних матеріалів, вимагають промислових подрібнювачів. Зважаючи на те, що промисловий шредер подрібнює відходи, то процес їхньої утилізації стає дешевшим та легшим. До того ж, широкого розповсюдження у виробництві набувають дробильні установки, що функціонують для подрібнення матеріалів або під час підготовки вторинної сировини.

Запровадження таких автоматизованих сортувальних ліній дозволяє ефективно втілювати вторинне використання та переробку. Одним із недоліків, що властиві подібним пристроям, назвемо їхню дорожнечу, втім для ефективної роботи з відходами стає необхідним широкий спектр інструментів розпізнавання та ідентифікації, що здатні охопити безліч характеристик. Підкреслимо, що подібні установки дозволяють ефективно, і що є важливим, швидко сортувати і паралельно визначати всілякі дефекти. Зважаючи на все сказане вище, подібні пристрої в сучасному світі стають значно актуальними та затребуваними.

## 2 ВИБІР ТА ОБГРУНТУВАННЯ КОНТРОЛЕРУ ТА СТРУКТУРНА СХЕМА АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ СОРТУВАННЯ РАДІОТЕХНІЧНИХ ВИРОБІВ

### 2.1 Автоматизована система сортування виробів

Автоматизовану систему сортування можна вважати як доволі вигіршне рiшення для кожної сучасної компанії. Ключові її переваги полягають у:

- підвищенні продуктивності;
- можливості створення модульної конструкції.

Зважаючи на особливості модульної конструкції можна впроваджувати ефективні рішення для будь-якого складу. Систему сортування з висувними лотками можна переконфігурувати у разі необхідності, тобто виникає потреба у зміненні робочих вимог:

- функціонування систем ідентифікації продукції (ручної чи автоматичної), до того ж, різних типів подавання вантажу до конвеєрної системи. За умови подавання вантажу контейнери направляються прямо чи під кутом 45/90 градусів. Завантаження конвеєрної системи реалізується автоматично чи вручну;

- застосування низького енергоспоживання. Іншими словами, економічна робота систем є найважливішим чинником щодо питання зниження експлуатаційних витрат;

- реалізація надійної цілодобової роботи. З огляду на це системі сортування зі виштовхувальними лотками властива простота в експлуатації. Водночас, вона не вимагає спеціального та дорогого обслуговування.

Система сортування зі штовхачем може функціонувати з різними типами упакування: пластиковими чи картонними коробками, конвертами, поліетиленовими пакетами тощо.

З метою правильного вибору системи сортування для складу доцільно зважати на кілька моментів:

- пропускну здатність;
- вибір типу сортувального обладнання з урахуванням пропускну здатності;
- кількість різних напрямків сортування;
- години роботи;
- площу й устаткування складу;
- екологічні чинники (критерії вологості, температури, шумового забруднення).

Разом з тим враховуються технічні властивості товарів, які підлягають процесу сортування, зокрема, розмір і вага, центр ваги, крихкість, коефіцієнт тертя.

Процес сортування деталей полягає у розподілі запчастин на групи за одним або декількома критеріями. Під час отримання товарів головним завданням виробничої компанії стає їхній розподіл за різними категоріями та направленням до відповідних зон складу. Проте товари з різних складських приміщень, у логістичній компанії, повинні збиратися в багаторядкове замовлення клієнта.

Реалізація систем автоматизації складських операцій сприяє:

- економії часу у процесі комплектації замовлень;
- точному контролю товаропотоку;
- мінімізації витрат на обслуговування устаткування;
- уникненню помилок у процесі комплектації замовлень клієнтів.

Впровадження автоматизації складських операцій підвищує продуктивність і, водночас, спрощує робочі процеси.

## 2.3 Вибір та обґрунтування управляючого пристрою

Для даної кваліфікаційної роботи контролер буде вибиратися з урахуванням датчика зору. З огляду на те, що певні датчики, котрі було розглянуто вище, не можуть взаємодіяти з деякими процесорами контролерів. Наразі актуальні такі мікроконтролери, як Arduino, Raspberry пі чи BeagleboneBlack.

### 2.3.1 Платформа Arduino Uno

З метою визначення варіації Arduino, котрі власне можна застосовувати під час написання роботи, розглянемо деякі властивості шилда. Troyka Shield трактується як плата розширення, за допомогою якої можна під'єднати велику кількість периферії, зокрема, датчиків, застосовуючи стандартні трипровідні шлейфи. Це дозволяє оминати варіант паяння чи окремої макетної плати.

Властивості Troyka Shield окреслюються:

- сумісністю: Arduino форм-фактора Uno R3, Mega 2560;
- живленням під'єднаних модулів: 3,3-5 В;
- інтерфейсами Troyka (S-V-G): 20 груп контактів;
- інтерфейсом I<sup>2</sup>C: 3 групи контактів;
- інтерфейсом SPI: 1 група контактів;
- габаритами: 69 мм × 53 мм × 19 мм.

Зважаючи на властивості шилда, визначаємо, що взаємодія з платами Arduino uno R3 та Arduino буде найефективнішою. Розглянемо їхні властивості більш детально.

Плата Arduino Uno, що продемонстрована на рисунку 2.3, є апаратною обчислювальною платформою, ключовими компонентами якої стає проста плата введення/виведення.

Плата Arduino ґрунтується на таких складниках: мікроконтролері Atmel AVR (ATmega328 та ATmega168 у нових версіях, а також ATmega8 – у старих), елементній обв'язці для програмування й інтеграції з іншими схемами. На

кожній платі обов'язковими є лінійний стабілізатор напруги 5 В разом із 16 МГц кварцовим генератором (у деяких версіях керамічним резонатором). До мікроконтролера вже попередньо прошито завантажувач, тому потреба щодо зовнішнього програматора відсутня.

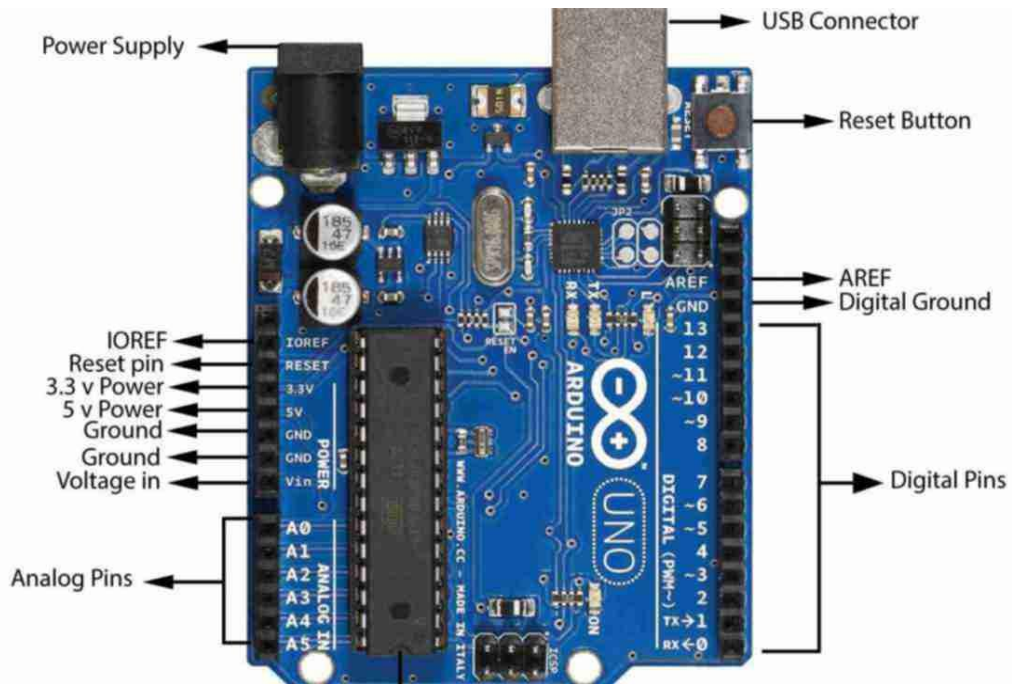


Рисунок 2.1 –Контролер Arduino UNO.

На концептуальному рівні всі плати програмуються за допомогою RS-232 (послідовне з'єднання), втім функціонування цього способу відрізняється від версії до версії. Плата Serial Arduino складається з простої схеми, що інвертує, з метою конвертування рівнів сигналів RS-232 на рівні TTL, і навпаки. Поточні плати, на зразок UNO, програмуються через USB. Це реалізується завдяки мікросхемі конвертера USB-to-serial як-от FTDI FT232. У деяких варіантах, зокрема, Arduino Mini чи неофіційної Boarduino, для виконання програмування потрібне під'єднання окремої плати USB-to-serial або кабелю.

Плати Arduino дозволяють застосовувати більшу частину I/O висновків мікроконтролера у зовнішніх схемах. Так, у платі Diecimila послугуються 14 цифровими входами/виводами (рівні «LOW» – 0В і «HIGH» – 5В), зокрема, 6 з них можуть видавати ШІС-сигнал, а інші 6 аналогових входів (0-5В). Окреслені

висновки доступні у верхній частині плати із застосуванням 0,1-дюймового роз'єму типу «мама». На ринку існує кілька зовнішніх плат розширення, що сприймаються як «shields».

Програмне забезпечення реально писати в інтегрованому середовищі розроблення Arduino, що трактується як кросплатформна програма, котра містить редактор тексту, компілятор, а також модуль передавання прошивки на плату.

Середовище розроблення ґрунтується на мові програмування Processing, до того ж воно спроектоване для програмування новачками, котрі раніше не були знайомими з розробленням програмного забезпечення. Якщо стисло, то це C/C++, що доповнена деякими бібліотеками. Програми опрацьовуються за допомогою препроцесора, після чого компілюються за допомогою AVR-GCC.

Плата Uno підтримує три типи пам'яті за замовчуванням:

- Flash – це пам'ять з обсягом 32 кБ. Трактується як основне сховище команд. Коли користувач прошиває контролер своїм скетчем, то він записується власне сюди. 2 кБ з даного пулу пам'яті відводиться для bootloader-програми, що відповідає за ініціалізацію системи, завантаження через USB, а також запуск скетчу;

- оперативна SRAM-пам'ять обсягом 2 кБ, в якій за замовчуванням зберігаються змінні та об'єкти, що створюються у процесі функціонування програми. Проте така пам'ять є енергозалежною, тому у разі вимкнення живлення всі дані, певна річ, зітруться;

- енергонезалежна пам'ять (EEPROM) обсягом 1кБ, в якій можна зберігати дані, що не зітруться за умови вимикання контролера. Втім процедура запису та зчитування EEPROM потребує застосування додаткової бібліотеки, що є доступною в Arduino IDE за замовчуванням. До того ж, необхідно пам'ятати про обмеження циклів перезапису, що діють у технології EEPROM.

Піни живлення (рисунок 2.1):

- 5V – на такий пін Arduino подає 5 В, ним можна послуговуватись для

живлення зовнішніх пристроїв;

- 3.3V – на такий пін від внутрішнього стабілізатора подається напруга 3V<sub>GND</sub> – виведення землі;
- VIN – пін для подачі зовнішньої напруги;
- IREF – пін для інформування зовнішніх пристроїв щодо робочої напруги плати.

Піни Arduino розраховані для підключення зовнішніх пристроїв, а також можуть функціонувати як у режимі входу (INPUT), так і виходу (OUTPUT). До кожного входу можна під'єднати вбудований резистор 20-50 кОм, використовуючи команду `pinMode ()` у режимі `INPUT_PULLUP`. Допустимий струм на кожному з виходів – 20 мА, однак у піна – не більше 40 мА.

Для зручності роботи окремі піни комбінують кілька функцій:

- піни 0 та 1 – контакти UART (RX і TX , відповідно). Піни з 10 по 13 – контакти SPI (SS, MOSI, MISO та SCK , відповідно);
- піни A4 та A5 – контакти I2C (SDA та SCL відповідно).

Піни з номерами від 0 до 13 вважаються цифровими. Таким чином, можна зчитувати та подавати на них тільки два види сигналів: HIGH та LOW. У разі застосування ШІМ можна додатково залучати цифрові порти для управління потужністю під'єднаних пристроїв.

Плата Arduino Mega 2560 розроблена для створення проєктів, в яких звичайних можливостей Arduino Uno не достатньо. Такий пристрій налічує максимальну з усіх плат сімейства Arduino кількість пінів, а також розширений набір інтерфейсів. Крім того, в Arduino Mega більше вбудованої пам'яті.

Плата Mega цілком відповідає своїй номінації, тому наразі є найбільшою за розміром та кількістю пінів контролерів Arduino. На відміну від неї в Uno існує набагато менше пінів та пам'яті. Наведемо список головних відмінностей:

- плата Mega задіює інший мікроконтролер: ATmega 2560. Однак його тактова частота дорівнює 16МГц, за аналогією до Uno;
- у платі Mega налічується більша кількість цифрових пінів – 54 проти 14

плати Uno. Й аналогових – 16/6;

- у плати Mega існує більше контактів, які підтримують апаратні переривання: 6 проти 2. До того ж, більше Serial портів – 4 проти 1;

- за обсягом пам'яті Uno також значно поступається Mega. Flash- пам'ять 32/256, SRAM – 2/8, EEPROM – 4/1.

З огляду на все вище сказане, підсумуємо, що для значних складних проєктів з програмами великого розміру й активним застосуванням різних комунікаційних портів краще вибирати Mega. Втім такі плати є дорожчими за Uno, до того ж, займають більше місця. Отже, для невеликих проєктів, які не послуговуються всіма додатковими можливостями Mega, цілком підійде Uno.

### 2.3.2 Платформа Raspberry Pi

Більш детально розглянемо мікропроцесор Raspberry Pi (рисунок 2.2), Спершу дізнаємося його властивості. Raspberry Pi є невеликим повнофункціональним комп'ютером, який можна під'єднати до монітора, клавіатури та миші комп'ютера. Він має всі складові ПК, зокрема, виділений процесор, пам'ять і графічний драйвер. Крім того, в ньому функціонує навіть власна операційна система – Raspberry Pi OS, яка вважається оптимізованою версією Linux.

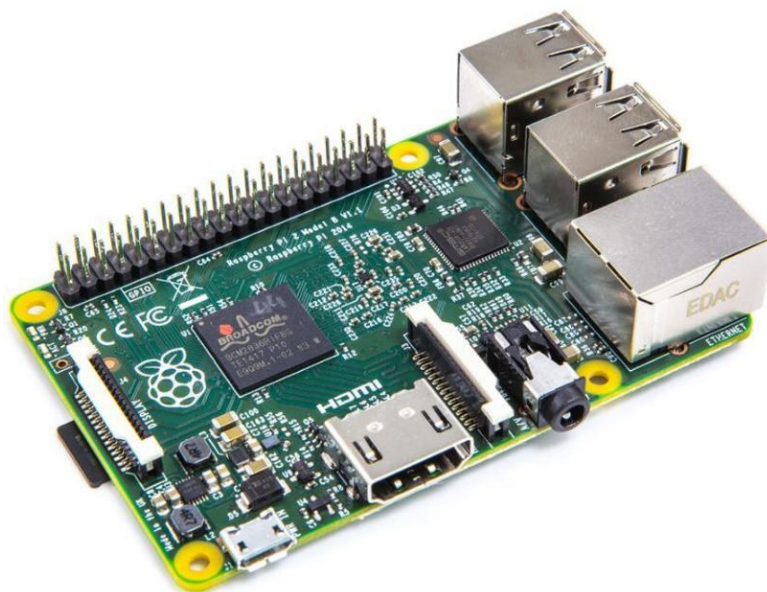


Рисунок 2.1 – Зовнішній вигляд плати RaspberryPi

Raspberry Pi сприймають як одноплатний комп'ютер розміром з кредитну карту.

У реальності плата власне трохи крупніша – 85,6 мм  $\times$  56 мм  $\times$  21 мм, до того ж їй не властиві округлені краї, а деякі порти просто стирчать зовні.

Вага пристрою всього 54 г.

Raspberry Pi доступний у вигляді двох різних моделей, відомих як модель А і модель В.

Відмінності моделей полягають у спроможності щодо зниження вартості моделі А шляхом обмеження деяких її функціональних можливостей.

У таблиці наведено технічні властивості та характеристики перших моделей Raspberry Pi А та В.

У лютому 2016 року компанія Raspberry Pi в чергове перевершила саму себе, розробивши нову модель Raspberry Pi 3.

У новітньому Raspberry Pi 3 з'явилося два гігантських оновлення.

По-перше, це наступне покоління чотириядерного процесора Broadcom BCM2837 64-бітної ARMv8. Завдяки йому збільшується швидкість процесора від 900 МГц на Raspberry Pi 2 до 1,2 ГГц на Raspberry Pi 3.

По-друге, це чип BCM43143 WiFi, вбудований до Raspberry Pi.

З таким оновленням WiFi-адаптери вже не є актуальними, бо Raspberry Pi 3 вже готовий до застосування Wi-Fi.

До того ж, на платі є Bluetooth Low Energy (BLE), що робить Raspberry Pi 3 IoT гарним рішенням (разом з тим реалізовано BLE-підтримку).

І наостанок, у цій моделі модернізовано джерело живлення, що перемикається, а також збільшено до 2,5 А проти 2 А. Це дає можливість під'єднувати до Raspberry Pi навіть більш потужні пристрої через USB-порти.

### 2.3.3 Платформа BeagleboneBlack

Оригінальну платформу Beagleboard, було запущено у 2008 році. На той час вона була громіздкою та дорогою. До 2012 року Beaglebone було змінено, габарити зменшилися до розміру кредитної картки, як і RaspberryPi, втім, як і

раніше, залишилась високовартісною. Проте незабаром ціна зменшилася навпіл. Це зробило контролер конкурентоспроможним. BeagleboneBlack (рисунок 2.3) може стати потужним інструментом для складних проєктів.



Рисунок 2.3 – Зовнішній вигляд плати BeagleboneBlack

BeagleboneBlack складається з процесора 1 ГГц, 512 Мб оперативної пам'яті та 2 Гб вбудованої пам'яті, що розширюється за допомогою слота MicroSD. З практичної точки зору, цього вистачить, щоб запуснути ОС Linux, а також веббраузер та інші програми для настільних комп'ютерів, хоча і з обмеженою продуктивністю. Зважаючи на те, що повноцінно замінити основний комп'ютер контролер не зможе, проте може бути потужним інструментом для складних проєктів, а також корисним засобом дізнатися про Linux на базі операційних систем.

До того ж, Beaglebone можна застосовувати як невеликий автономний Linux комп'ютер, однак його обладнання призначене для функціонування як вбудований системний комп'ютер, обладнаний усередині більшого комп'ютера.

## 2.4 Структурна схема та принцип роботи автоматизованої системи сортування виробів

Для розв'язання задач з метою автоматизації сортування на виробничій ділянці доречно по-перше, розробити, по-друге, виготовити, а по-третє, протестувати автоматизовану систему для розподілу потоків радіотехнічних виробів. У процесі розв'язали низку завдань, зокрема, щодо вибору критеріїв для сортування, від якого у подальшому залежатиме вибір пристрою для розпізнавання цього критерію, а також вибору апаратної платформи як бази для конструювання. До того ж, вибір елементів та частин для створення макета і, певна річ, щодо розроблення системи власне сортувальної лінії.

Для розроблення даної системи доцільно більш детально дослідити структуру та елементи, з яких складатиметься даний макет. Водночас, розглянути їхню взаємодію між собою, а також функції, що реалізовуватимуться.

Структурну схему сортувальної лінії подано на рисунку 2.4.

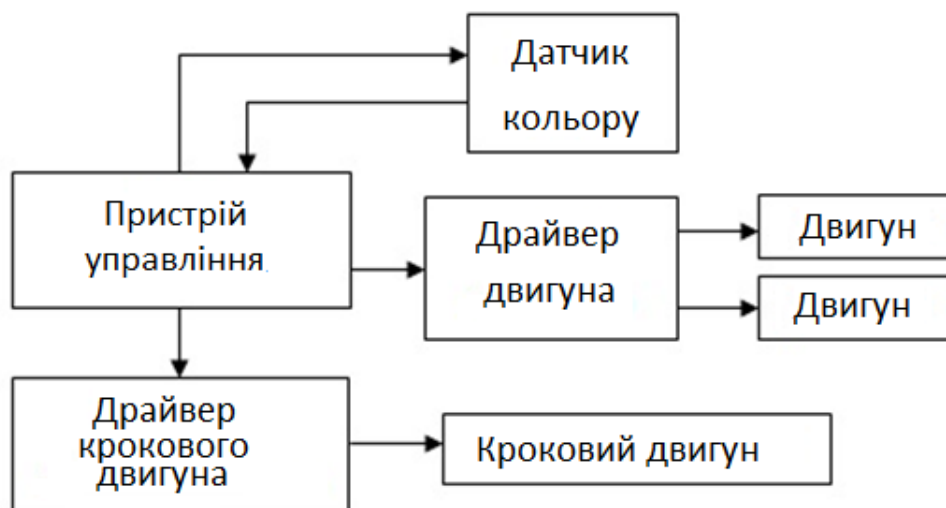


Рисунок 2.4 – Структурна схема автоматизованої системи сортування виробів

Датчиком кольору називають плату, на якій розміщено світлодіоди та світлофільтри. Світлодіоди спрямовують світло на об'єкт і вимірюють відбите від об'єкта світло трьома фільтрами за трьома діапазонами – зеленим, синім та червоним. Як правило, ці дані передаються до блоку управління.

Автоматизована система виконує оброблення даних та управляє всіма пристроями, підключеними до неї. Отримавши дані від датчика кольору, система спрямовує команди управління до драйвера двигунів, а також драйвера крокового двигуна, зважаючи на результати, що були отримані датчиком. До того ж, цим блоком реалізується під'єднання всієї лінії до електроживлення разом із програмуванням логіки всіх підлеглих пристроїв.


Драйвер двигунів отримує дані від блоку управління та контролює двома двигунами, котрі запускають обертання конвеєрної стрічки. Підкреслимо, що двигуни можна підключати безпосередньо до блоку управління. За таких умов двигуни обертатимуться з постійною швидкістю, проте буде відсутнім доступ до регулювання швидкості їхнього обертання. Драйвер двигуна дає можливість, послуговуючись ШС-сигналом, змінювати шпаруватість (відношення періоду імпульсного сигналу до його тривалості), а також управляти швидкістю обертання двигунів. Це значно спрощує налаштування.

Драйвер крокового двигуна трактується як електричний силовий пристрій, який під впливом цифрових сигналів управління керує сильноточними/високовольтними обмотками крокового двигуна і дає можливість цьому двигуну обертатися. Він отримує сигнали, на базі яких реалізує управління кроковим двигуном від блоку управління. Отже, він передає отриманий сигнал на кроковий двигун, завдяки чому активізується його рух.

## 3 РОЗРОБЛЕННЯ АЛГОРИТМУ РОБОТИ ТА ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДЛЯ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ СОРТУВАННЯ РАДІОТЕХНІЧНИХ ВИРОБІВ

### 3.1 Алгоритм роботи автоматизованої системи

Як пристрій управління для автоматизованої системи обрано платформу Arduino. Мова програмування пристроїв Arduino ґрунтується на C/C++, які є прості для засвоєння. Наразі Arduino можна назвати найзручнішим способом для програмування пристроїв на МК. Для зручності роботи з Arduino наявне безкоштовне офіційне середовище програмування Arduino IDE, зовнішній вигляд якого зображено на рисунку 3.1, що працює з Windows, Mac OS і Linux. Завдяки ним завантаження нової програми в Arduino стає справою одного кліка, потрібно лише підключити плату до комп'ютера, використавши USB.



```
diplom_sketch
#include <Thread.h>
#include <ThreadController.h>
#include <Stepper_28BYJ.h>

enum Colours {RED, GREEN, BLUE, CLEAR}; //Unmerate Colours RED, GREEN, BLUE and CLEAR
#define s2Pin 2 //S2 Colour Selection inputs define and connected to arduino pin 2
#define s3Pin 3 //S3 Colour Selection inputs define and connected to arduino pin 3
#define outPin 4 //Output define in Arduino pin 4

#define STEPS 4078
Stepper_28BYJ stepper(STEPS, 14, 15, 16, 17);

// другий двигун
int in1 = 9;
int in2 = 8;
// перший двигун
int in3 = 7;
int in4 = 6;

int color = 255;

Thread motorThread = Thread();

Arduino/Genuino Uno on COM3
```

Рисунок 3.1 – Зовнішній вигляд Arduino IDE

Проте можна працювати через Visual Studio, Eclipse, інші IDE чи командний рядок.

До Arduino можна підключати різні компоненти: двигуни, датчики, лампочки, роутери, магнітні замки дверей і взагалі все, що живиться від електрики. До МК Arduino можна завантажити програму, що здатна керувати всіма цими пристроями за заданим алгоритмом. Отже, завдяки тому, що Arduino працює майже на всіх платформах, потребує низького рівня знань, необхідних для засвоєння, і дозволяє взаємодіяти з великою кількістю зовнішніх компонентів – все це забезпечує Arduino популярність та широке застосування у різних галузях.

Розглянемо алгоритм, який взято за основу роботи автоматизованої системи сортувальної лінії. Схему зображено на рисунку 3.2.

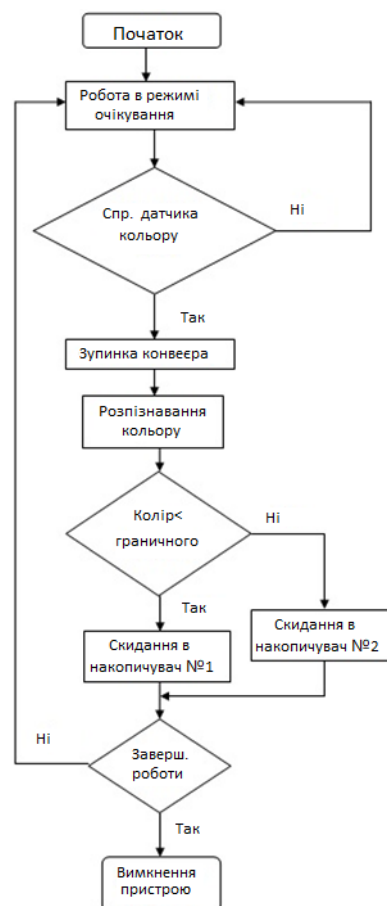


Рисунок 3.2 – Алгоритм роботи автоматизованої системи

Радіотехнічні вироби переміщуються за допомогою окремої конвеєрної стрічки, з якої здійснюється переміщення виробів до ділянки для сортування. На рисунку 3.3. зображено програмний текст, який відповідає за роботу двигунів на ділянці сортувальної лінії. Більш детально розглянемо повний текст у наступних підрозділах.

```
1 digitalWrite(in1, LOW);  
2 digitalWrite(in2, HIGH);  
3 analogWrite(enA, i);  
4 digitalWrite(in3, LOW);  
5 digitalWrite(in4, HIGH);  
6 analogWrite(enB, i);
```

Рисунок 3.3 – Код, який відповідає за роботу двигунів конвеєра

За подачу живлення на контакти двигуна відповідають перші два рядки тексту, що мають два аргументи. Перший є номером контакту, а другий аргумент – рівнем сигналу, що подає низький або високий нуль і один відповідно. На третьому рядку передається швидкість обертання двигунів. Виконати завдання за цим параметром дозволяє драйвер двигунів, через який ці двигуни підключаються до блоку керування. Для виконання такої команди потрібно задати два параметри: номер контакту, за допомогою якого ми подаємо сигнал, і швидкість обертання, що на рисунку позначено літерою «і». Наступні три рядки тексту є ідентичними до перших трьох і вони відповідають за другий двигун. Конвеєр переміщує вироби до датчика розпізнавання кольорів.

Як тільки датчик розпізнавання кольорів виявить предмет на конвеєрній стрічці, він зупинить її рух і намагатиметься розпізнати його колір. Для цього блок керування подаватиме різні комбінації по черзі. Текст, який відповідає за роботу датчика кольору, зображено на рисунку 3.4.

```

1   byte ReadColour(byte Colour)
2   {
3       switch(Colour)
4       {
5           case RED:
6               digitalWrite(s2Pin, LOW);
7               digitalWrite(s3Pin, LOW);
8               break;
9           case GREEN:
10              digitalWrite(s2Pin, HIGH);
11              digitalWrite(s3Pin, HIGH);
12              break;
13          case BLUE:
14              digitalWrite(s2Pin, LOW);
15              digitalWrite(s3Pin, HIGH);
16              break;
17          case CLEAR:
18              digitalWrite(s2Pin, HIGH);
19              digitalWrite(s3Pin, LOW);
20              break;
21      }
22      return map(pulseIn(outPin, HIGH), 30, 2500, 255, 0); //PWM map to 30,2500,255,0
23  }

```

Рисунок 3.4 – код, який відповідає за роботу датчика визначення кольору

Цей текст виконує завдання з перевірки кольорів та предметів, які наявні на конвеєрі. Він по черзі передає на виходи датчика розпізнавання кольорів сигнали, таким чином, визначаючи той чи інший колір, а також перевіряє, чи взагалі є щось на конвеєрі. Ця перевірка є необхідною на той випадок, якщо з якихось причин датчик не зможе розпізнати колір, така ситуація могла б призвести, відповідно, до зупинки роботи лінії.

Після отримання даних від датчика розпізнавання кольорів блок керування починає виконувати обробку та порівняння з еталонними вимогами. У разі їхньої відповідності відбувається скидання виробу до накопичувача, а конвеєр продовжує процес щодо переміщення виробів. Якщо ж виріб не відповідає вимогам за кольорами, його потрібно перемістити до окремого накопичувача. У разі, якщо датчик з яких-небудь причин не розпізнав кольори виробу, то однією з причин такої поведінки датчика можна визначити як надмірне освітлення поверхні. Після переміщення до накопичувача конвеєрна стрічка продовжить свою роботу в нормальному режимі.

Перш ніж розпочати процес написання тексту програми, необхідно розробити алгоритм роботи програми, щоб прискорити роботу над створенням, та з метою подальшого налагодження програмного тексту. Крім того, попередня розробка алгоритму дозволить виявити вразливості, що можуть призвести до серйозних несправностей під час використання програми, аж до її аварійного завершення.

Для початку необхідно визначити три основних блоки програми:

- увімкнення конвеєра та датчика розпізнавання кольорів;
- виявлення датчиком предметів та розпізнавання їхніх кольорів;
- скидання предметів до накопичувача залежно від кольорів.

Далі необхідно визначити частини, за якими буде здійснено взаємодію між основними блоками програми, зокрема:

- задача швидкості обертання конвеєра;
- зупинка конвеєра у разі виявлення датчиком предметів на стрічці;
- скидання до того чи іншого накопичувача залежно від даних, отриманих датчиком.

Загальний вид алгоритму роботи програми для керування автоматизованою сортувальною лінією зображено на рисунку 3.5.

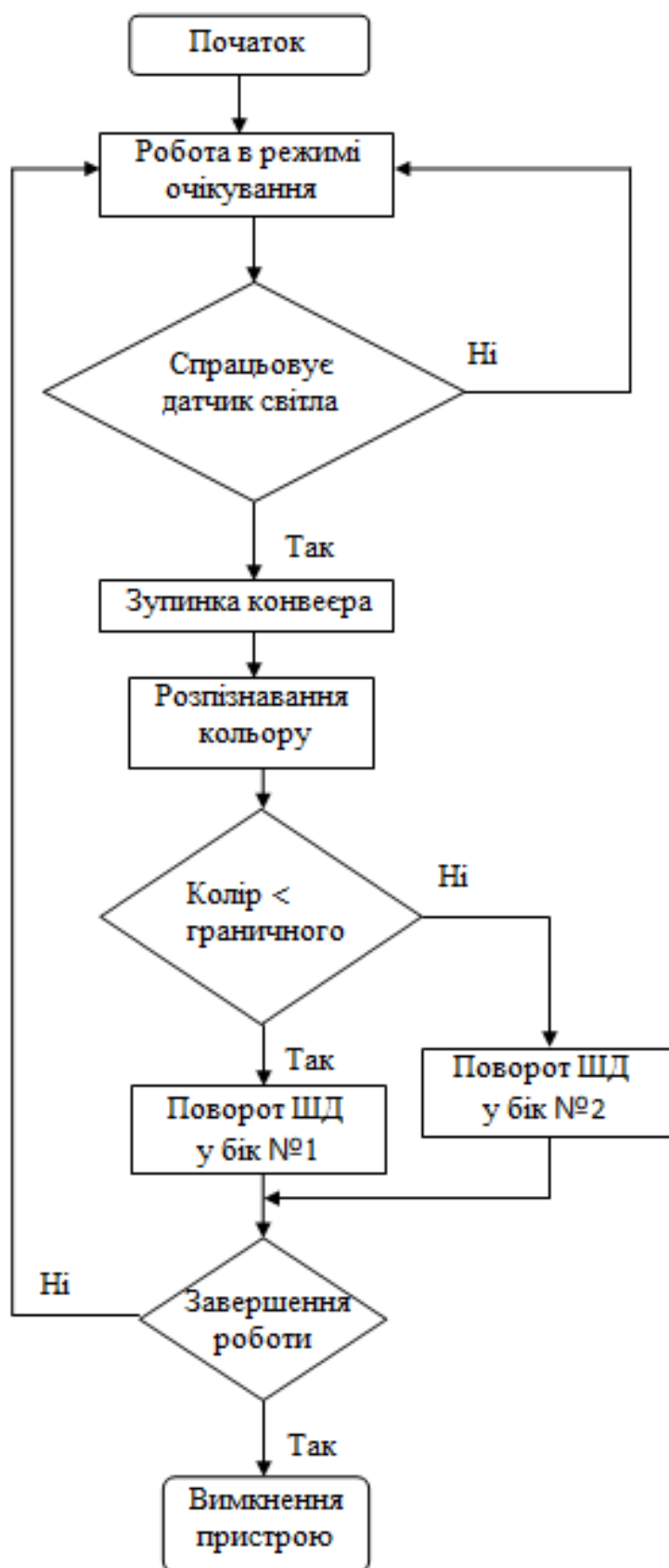


Рисунок 3.5 – Алгоритм роботи програми керування сортувальною лінією

### 3.2 Опис тексту програми

Виконання складеного раніше алгоритму було реалізовано в стандартному середовищі розробки Arduino, оскільки воно містить широкий спектр різноманітних бібліотек для взаємодії з різними двигунами, датчиками тощо.

Частина програмного тексту, що відповідає за підключення бібліотеки та ініціалізацію змінних зображено на рисунку 3.6.

У першому рядку програми здійснюється підключення бібліотеки для керування кроковим двигуном, це необхідно зробити для спрощення взаємодії двигуна з програмою. Вже на третьому рядку ініціалізуємо змінну, що задає кількість кроків, необхідних для одного обороту крокового двигуна. У четвертому рядку за допомогою підключеної раніше бібліотеки задаємо входи на Arduino, до яких підключено кроковий двигун.

```
1      #include <Stepper_28BYJ.h>
2
3      int STEPS = 4078;
4      Stepper_28BYJ stepper(STEPS, 14, 15, 16, 17);
5
6      enum Colours {RED, GREEN, BLUE, CLEAR};
7      int s2Pin = 2;
8      int s3Pin = 3;
9      int outPin = 4;
10
11     int enA = 10;
12     int in1 = 9;
13     int in2 = 8;
14
15     int enB = 5;
16     int in3 = 7;
17     int in4 = 6;
18
19     int color = 255;
```

Рисунок 3.6 – Програмний код Arduino

У шостому рядку створюємо масив, до якого вводяться значення кольорів у цифровому форматі. Потім з сьомого по дев'ятий рядки ініціалізуємо входи, до яких підключається датчик розпізнавання кольорів. Синтаксис рядків

тексту з одинадцятого по сімнадцятий відповідає за виведення драйвера двигунів, які відповідають за роботу конвеєра.

Функцію `setup` зображено на рисунку 3.7. Вона стає активізується, коли програма починає свою роботу, й застосовується для ініціалізації змінних, визначення режимів роботи виведень, запуску використаних бібліотек тощо. Функція `setup` запускається лише один раз після кожної подачі живлення або скидання плати Arduino.

```

21 void setup()
22 {
23     Serial.begin(9600);
24     pinMode(s2Pin, OUTPUT);
25     pinMode(s3Pin, OUTPUT);
26     pinMode(outPin, INPUT);
27
28     pinMode(enA, OUTPUT);
29     pinMode(enB, OUTPUT);
30     pinMode(in1, OUTPUT);
31
32     pinMode(in2, OUTPUT);
33     pinMode(in3, OUTPUT);
34     pinMode(in4, OUTPUT);
35
36     stepper.setSpeed(13);
37     pinMode(in1, OUTPUT);
38     pinMode(in2, OUTPUT);
39     pinMode(in3, OUTPUT);
40     pinMode(in4, OUTPUT);
41 }

```

Рисунок 3.7 – Функція Setup

Крім визначення режимів роботи виведень, проводиться ініціалізація послідовного з'єднання та задається швидкість передачі даних у біт/с за допомогою функції `Serial.begin`. Це потрібно для зв'язку Arduino з комп'ютером або іншими пристроями.

Функція `loop` (петля) здійснює саме те, що позначає її назва, виконується в циклі, дозволяючи вашій програмі реалізувати обчислення та реагувати на них. Тут здійснюється виклик усіх функцій, які відповідають за роботу різних

елементів макета. Перш за все, необхідно активувати функцію, що відповідає за роботу моторів конвеєра, наступною викликати функцію, що відповідає за розпізнавання кольорів, потім у залежності від отриманих цифрових значень кольорів програма зупиняє конвеєр та запускає кроковий двигун у в заданий напрямок. Вибір напрямку руху крокового двигуна реалізується за допомогою значення, з яким передається команда на драйвер, воно може бути як позитивним, так і негативним. На рисунку 3.8 зображено оператора loop.

```

43 void loop()
44 {
45     void start_motor();
46     Serial.print(ReadColour(RED));
47     Serial.print(" : ");
48
49     Serial.print(ReadColour(GREEN));
50     Serial.print(" : ");
51
52     Serial.print(ReadColour(BLUE));
53     Serial.print(" : ");
54
55     Serial.println(ReadColour(CLEAR));
56
57     if(ReadColour(RED) < 250) {
58         void stop_motor();
59         stepper.step(4078);
60     }
61     else if(ReadColour(CLEAR) !=0) {
62         void stop_motor();
63         stepper.step(-4078);
64     }
65 }

```

Рисунок 3.8 – Оператор Loop

Оскільки ця функція наділена блокувальною дією, програма активізується лише після повороту двигуна на задану кількість кроків, це зроблено з тією метою, щоб конвеєр не продовжив своєї роботи передчасно.

Код програми для автоматизованої системи сортування радіотехнічних виробів наведено у Додатку А.

## 4 ОХОРОНА ПРАЦІ

### 4.1 Аналіз умов праці на робочому місці

На робочому місці оператора ПК виникають небезпечні та шкідливі фактори: підвищений рівень шуму, несприятливі мікрокліматичні умови, недостатній рівень освітленості, шкідливі речовини, підвищений рівень електромагнітних випромінювань радіочастот, висока напруга електричної мережі, статична електрика та інші. Робота з ПК супроводжується також підвищеним ступенем напруженості трудового процесу. При систематичному впливі виробничих факторів, які не відповідають нормативним показникам, зростає рівень професійно зумовленої захворюваності працюючих та можуть виникнути професійні захворювання органів зору, руху, нервової системи. Таким чином, вивчення умов праці на робочому місці програміста є необхідною умовою запобігання негативних наслідків впливу небезпечних та шкідливих факторів.

Організація робочого місця. Приміщення, в якому знаходиться робоче місце програміста, загальною площею 48 м<sup>2</sup>, і висотою стелі 3,5 м. У приміщенні знаходиться 6 робочих місць з ПК. Кожне робоче місце обладнане робочим столом, стільцем та персональним комп'ютером, що складається з монітора, системного блоку, клавіатури та миші.

### 4.2 Промислова безпека на робочому місці

Живлення ПК здійснюється від трифазної чотирих електричної мережі змінного струму з глухо-заземленою нейтраллю і напругою 220 В, частотою 50 Гц. Згідно НПАОП 40.1-1.21-98 приміщення можна віднести до категорії без

підвищеної небезпеки, так як в приміщенні відсутні чинники, які викликають підвищену або особливу небезпеку.

Для створення безпечних умов праці необхідно провести ряд організаційних і технічних заходів. Згідно НПАОП 40.1-1.32-01 для запобігання ураження людини електричним струмом в приміщенні застосовується система занулення.

#### 4.3 Виробнича санітарія у приміщенні

Робота оператора ПК за енерговитратами відноситься до категорії легких робіт. В таблиці 4.1 наведені оптимальні параметри мікроклімату в приміщеннях, де виконуються роботи операторського типу [20].

Таблиця 4.1 – Параметри мікроклімату для приміщень з ПК

Період року	Параметр мікроклімату	Величина
Холодний	Температура повітря в приміщенні; відносна вологість; швидкість руху повітря	22 – 24 °С; 40 – 60 %; до 0,1 м/с
Теплий	Температура повітря в приміщенні; відносна вологість; швидкість руху повітря	23 – 25 °С; 40 – 60 %; 0,1 – 0,2 м/с

Виміряні за допомогою приладів температура та вологість у лабораторії відповідають вказаним у таблиці для теплого періоду року. Слід зазначити, що для нормалізації параметрів мікроклімату слід використовувати у приміщеннях кондиціонування повітря, або забезпечити подачу свіжого повітря системами вентиляції.

Лабораторія, де виконується робота, має наступні характеристики:

- площа приміщення –  $48 \text{ м}^2$  ( $8 \text{ м} \times 6 \text{ м}$ );
- висота –  $3,5 \text{ м}$ ;
- кількість робочих місць –  $6$  шт.;
- обладнання – стіл з ПК і периферією –  $6$  шт.

Приміщення, відповідно до ДНАОП 0.00-1.31-99, має забезпечувати  $6 \text{ м}^2$  площі та  $20 \text{ м}^3$  об'єму на одне окреме робоче місце з ПК [20]. Площа приміщення  $48 \text{ м}^2$  та об'єм  $168 \text{ м}^3$ , на кожне робоче місце приходиться  $8 \text{ м}^2$  площі і об'єм  $28 \text{ м}^3$ , тобто вимога виконана.

Приміщення з ПК повинні мати природне і штучне освітлення відповідно до ДБН В.25-28-2006 «Природне і штучне освітлення». Природне світло повинно проникати через бічні світлові прорізи, зорієнтовані, як правило, на північ або північний схід, і забезпечувати коефіцієнт природної освітленості (КПО) не нижче  $1,5 \%$ .

Рівень загального штучного освітлення приміщення можна перевірити за допомогою методу питомої потужності, викладеної в [20].

Розрахункова формула методу:

$$W = \frac{W_{\Sigma}}{S}, \quad (4.1)$$

де  $W$  – питома потужність,  $\text{Вт}/\text{м}^2$ ;

$S$  – площа приміщення,  $\text{м}^2$ ;

$W_{\Sigma}$  – загальна потужність освітлювальної установки  $\text{Вт}$ , яка розраховується за формулою:

$$W_{\Sigma} = W_{cv} \cdot n_{cv}, \quad (4.2)$$

де  $W_{ce}$  – потужність одного світильника, Вт;

$n_{ce}$  – кількість світильників в приміщенні.

$$W_{\Sigma} = 100 \cdot 4 = 400 \text{ Вт}, \quad (4.3)$$

$$W = \frac{400}{48} = 8,33 \text{ Вт/м}^2. \quad (4.4)$$

Питомої потужності 8,33 Вт/м<sup>2</sup> по таблиці Б.3 із [20] відповідає освітленість в 250 лк при мінімальній допустимій освітленості 300 лк.

Отже, для створення сприятливих зорових умов в лабораторії необхідно збільшити кількість світильників або замінити лампи в світильниках на більш потужні.

#### 4.4 Пожежна безпека приміщення

Пожежна безпека – стан об'єкта, при якому виключається можливість пожежі, а у випадку його виникнення запобігає вплив на людей небезпечних факторів пожежі й забезпечується захист матеріальних цінностей.

Пожежна безпека забезпечується системою запобігання пожежі й системою пожежного захисту. У всіх службових приміщеннях обов'язково повинен бути «План евакуації людей при пожежі», що регламентує дії персоналу у випадку виникнення вогнища загоряння, що й указує місця розташування пожежної техніки.

Горючими компонентами у виробничому приміщенні є: перегородки, двері, підлоги, ізоляція кабелів і ін.

Протипожежний захист – це комплекс організаційних і технічних заходів, спрямованих на забезпечення безпеки людей, на запобігання пожежі,

обмеження його поширення, а також на створення умов для успішного гасіння пожежі.

Джерелами запалювання у виробничому приміщенні можуть бути електронні схеми від ПК, прилади, застосовувані для технічного обслуговування, пристрою електроживлення, кондиціонування повітря, де в результаті різних порушень утворюються перегріті елементи, електричні іскри й дуги, здатні викликати загоряння горючих матеріалів.

У сучасних ПК дуже висока щільність розміщення елементів електронних схем. У безпосередній близькості друг від друга розташовуються сполучні проведення, кабелі. При протіканні по них електричного струму виділяється значна кількість теплоти. При цьому можливо оплавлення ізоляції. Для відводу надлишкової теплоти від ПК служать системи вентиляції й кондиціонування повітря. При постійній дії ці системи являють собою додаткову пожежну небезпеку.

Енергопостачання виробничого приміщення здійснюється за допомогою трансформаторної станції та за допомогою двигун-генераторних агрегатів. На трансформаторних підстанціях особливу небезпеку представляють трансформатори які мають масляне охолодження. У зв'язку із цим перевагу слід віддавати сухим трансформаторам.

## ВИСНОВКИ

У ході кваліфікаційної роботи на тему «Розроблення автоматизованої системи сортування радіотехнічних виробів» було спроектовано конструкцію та розроблено автоматизований модуль сортувальної лінії, що виконує сортування радіотехнічних виробів за кольорами.

Впровадження датчиків нового покоління та швидкодіючої обчислювальної техніки призвело до створення автоматизованої системи машинного зору. З його допомогою вдалося вирішити цілу низку завдань – підвищити якість продукції, мінімізувати вплив людського чинника, відстежувати переміщення виробів та багато іншого. Модулі візуального контролю широко потрібні в різних галузях, зокрема в промисловості, фармацевтиці, науці та техніці.

Було розглянуто основні методи та інструменти для створення автоматизованих сортувальних ліній, якими обладнані сучасні виробництва.

Проведено аналіз завдання щодо розробки лінії, проаналізовано функціональні та схемотехнічні її особливості, на основі яких було розроблено структурну схему автоматизованого модуля сортувальної лінії. За керувальний пристрій взяли Arduino UNO, з огляду на його функціональні можливості.

Крім того, було розроблено алгоритм та програмне забезпечення для автоматизованого модуля сортування радіотехнічних виробів.

При виконанні розділу «Охорона праці» були визначені небезпечні і шкідливі виробничі фактори. Таким чином, були розроблені заходи і технічні засоби щодо забезпечення безпеки праці працюючого персоналу. Застосування цих заходів дозволить максимально знизити ймовірність отримання травм при роботі, а також поліпшити умови роботи.

## ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. ДСТУ 3008:2015 Інформація та документація «Звіти у сфері науки і техніки». Структура та правила оформлювання. / В. Земцева; Ю. Поліщук, канд. фіз.-мат. наук; Р. Санченко, канд. техн. наук; Л. Шрамко; А. Ямчук (науковий керівник) ДП «УкрНДНЦ» від 22 червня 2015р. № 61 з 2017-07-01.
2. Методичні вказівки з підготовки кваліфікаційної роботи бакалавра для студентів усіх форм навчання спеціальності 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології освітньої програми Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології / Упоряд.: І.Ш. Невлюдов, А.О. Андрусевич, О.В. Токарева, С.П. Новоселов, О.В Сичова. Харків: ХНУРЕ, 2022. – 55 с.
3. Дипломне проектування для студентів усіх форм навчання спеціальностей 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»: довід. / І. Ш. Невлюдов, А. О. Андрусевич, О. В. Токарева, Г. В. Пономарьова. – Київ, 2018. – 320 с.
4. Raol, J.R., & Ayyagari, R. (2019). Control Systems: Classical, Modern, and AI-Based Approaches (1st ed.). CRC Press.
5. Serovajsky, S. (2021). Mathematical Modelling (1st ed.). Chapman and Hall/CRC
6. Banerjee, S. (2021). Mathematical Modeling: Models, Analysis and Applications (2nd ed.). Chapman and Hall/CRC.
7. Arakelian, V.; Wenger, P. (Eds.) ROMANSY 22 – Robot Design, Dynamics and Control. In Proceedings of the 22nd CISM IFToMM Symposium, Rennes, France, 25–28 June 2018; CISM International Centre for Mechanical Sciences Book Series; Springer: Berlin/Heidelberg, Germany, 2019; Volume 584.

9. Zeghloul, S.; Laribi, M.A.; Sandoval Arevalo, J.S. (Eds.) Advances in Service and Industrial Robotics. In Proceedings of the 29th Conference on Robotics in Alpe-Adria-Danube Region (RAAD 2020), Futuroscope-Poitiers, France, 2020; Mechanisms and Machine Science Book Series; Springer: Berlin/Heidelberg, Germany, 2020; Volume 84
10. Cheng Peng, Li Chen, Model Reference Adaptive Control Based on Adjustable Reference Model during Mode Transition for Hybrid Electric Vehicles, *Mechatronics*, Volume 87, 2022, 102894, ISSN 0957-4158
11. L.V. Gopala Rao and S. Narayanan, “Optimal response of half car vehicle model with sky-hook damper based on LQR control, ” *Int. J. Dynam. Control*, vol. 8, no. 2, pp. 488–496, 2020.
12. A. H. Mohamed, D. Abidou and S. A. Maged, “LQR and PID controllers’ performance on a half car active suspension system, International mobile, intelligent, and ubiquitous,” computing conference, IEEE, pp. 48-53, 2021
13. Matrood, Mustafa & Nassar, Ameen. (2023). Improving the Dynamic Response of Half-Car Model Using Modified PID Controller. *Iraqi Journal for Electrical and Electronic Engineering*. 19. 52-58.
14. Kuo, C.-H.; Lin, P.-C.; Essomba, T.; Chen, G.-C. (Eds.) Robotics and Mechatronics. In Proceedings of the 6th IFToMM International Symposium on Robotics and Mechatronics (ISRM 2019), Taipei, Taiwan, 28–30 October 2019; Mechanism and Machine Science Book Series; Springer: Berlin/Heidelberg, Germany, 2020; Volume 78.
15. Koukos-Papagiannis, C.; Moulianitis, V.; Aspragathos, N. Classification of All Non-Isomorphic Regular and Cuspidal Arm Anatomies in an Orthogonal Metamorphic Manipulator. *Robotics* 2020,9, 20.
16. Zhiguo Zhao, Dan Lei, Jiayi Chen, Hangyu Li, Optimal control of mode transition for four-wheel-drive hybrid electric vehicle with dry dual-clutch transmission, *Mechanical Systems and Signal Processing*, Volume 105, 2018, Pages 68-89, ISSN 0888-3270

17. Xiangyang Xu, Yinghua Liang, Mick Jordan, Peter Tenberge, Peng Dong, Optimized control of engine start assisted by the disconnect clutch in a P2 hybrid automatic transmission, Mechanical Systems and Signal Processing, Volume 124, 2019, Pages 313-329, ISSN 0888-3270

18. Feng Wang, Jian Zhang, Xing Xu, Yingfeng Cai, Shaoyong Ni, Hongbo Que, Torsional oscillation-considered mode transition coordinated control for a power-split PHEV based on action dependent heuristic dynamic programming, ISA Transactions, Volume 126, 2022, Pages 597-616, ISSN 0019-0578

19. Matheson, E.; Minto, R.; Zampieri, E.G.G.; Faccio, M.; Rosati, G. Human-Robot Collaboration in Manufacturing Applications: A Review. Robotics 2019,8, 100.

20. Організація керування умовами праці» підготовки освітнього рівня бакалавр усіх спеціальностей та усіх напрямів університету / ХНУРЕ; розроб.: Т.Є. Стиценко, Г.В. Пронюк, Н.М. Сердюк. – Харків, 2017. – 108 с.