

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Сумський державний університет
Факультет електроніки та інформаційних технологій
Кафедра комп'ютеризованих систем управління

«До захисту допущено»
Завідувач кафедри КСУ
_____ Петро ЛЕОНТЬЄВ
_____ 2024 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
на здобуття освітнього ступеня бакалавр

зі спеціальності 151 – Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології
освітньо-професійної програми
«Комп'ютеризовані системи управління та робототехніка»
на тему: «Автоматизація виробництва ABS пластику для 3Д друку»

Здобувачки групи СУ-01

Єкатерина ГАЛЕНІНА

Кваліфікаційна робота містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело.

(підпис)

Керівник: завідувач кафедри КСУ к.т.н. Петро ЛЕОНТЬЄВ
(посада, науковий ступінь, вчене звання, Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

(підпис)

Суми – 2024

Ном. поз	Формат	Позначення	Найменування	Кількість арку	№ екз.	Прим.
			<u>Документація загальна</u>			
			<u>Застосована</u>			
1			Завдання кафедри	1		
			<u>Новорозроблена</u>			
2		ТЗ	Технічне завдання	2		
3			Реферат	1		
4	A4	СУ-01 6.151.00 ПЗ	Пояснювальна записка	50		
			<u>Документація конструкторська</u>			
			<u>Новорозроблена</u>			
5	A4	СУ-01 6.151.00 А2	Автоматизація виробництва ABS пластику для 3Д друку. Функціональна схема автоматизації	1		
6	A4	СУ-01 6.151.00 ПЕ	Автоматизація виробництва ABS пластику для 3Д друку. Перелік елементів	1		
7	A4	СУ-01 6.151.00 ЕЗ	Автоматизація виробництва ABS пластику для 3Д друку Схема принципово-електрична	2		
8	A4	СУ-01 6.151.00 С1	Автоматизація виробництва ABS пластику для 3Д друку Структурна схема Інформаційно-матеріальних потоків	1		

					СУ-01 6.151.00.ДП			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.	Галеніна				Автоматизація виробництва ABS пластику 3Д друку Перелік документації	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.	Леонтьєв						1	2
Реценз.						СумДУ, 2024		
Н. Контр.								
Затверд.	Леонтьєв							

Міністерство освіти і науки України
Сумський державний університет
Факультет електроніки та інформаційних технологій
Кафедра комп'ютерних наук

ЗАВДАННЯ

на дипломний проєкт студенту

Галеніна Єкатерина

1. Тема проєкту: Автоматизація виробництва ABS пластику для 3Д принтера
Затверджено наказом ректора університету. № 0312-VI від “ 29 ” березня 2024р.
2. Термін здавання студентом закінченого проєкту “06” травня 2024р.
3. Вихідні дані до проєкту: звіт з переддипломної практики, публікації, статті.
4. Зміст пояснювальної записки:
5. Перелік графічних матеріалів: 33 рисунків, 15 таблиць, 3 додатків.
6. Календарний план проєктування

Номер етапу	Зміст етапу проєктування	Термін виконання
1	Аналіз завдання кафедри. Складання технічного завдання. Підбір та аналіз літератури і першоджерел.	
2	Аналіз предметної області. Область застосування. Призначення	
3	Розробка автоматизованої системи виробництва ABS пластику 3Д принтера	

4	Розробка основних схем автоматизації.	
5	Розробка інтерфейсу оператора	
6	Оформлення дипломного проекту та супровідної документації	

7. Дата видачі завдання “__” _____ 20__р.

Керівник проекту:
завідуючий кафедри КСУ,
к.т.н.,

Петро ЛЕОНТЬЄВ

Здобувач:
студентка гр. СУ-01

Єкатерина ГАЛЕНІНА

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Кафедра комп'ютеризованих систем управління

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

на проектування автоматизованої системи виробництва ABS
пластику для 3Д принтера

Розробник:
студентки групи СУ-01

Скатерина ГАЛЕНІНА

Погоджено:
завідуючий кафедри КСУ,
к.т.н.,

Петро ЛЕОНТЬЄВ

Суми – 2024

1. **Назва і галузь застосування:** автоматизація виробництва ABS пластику для 3Д друку; промислове виробництво, виробництво філаменту.
2. **Підстави для проектування:** Наказ ректора Сумського державного університету № 0312-VI від “ 29” березня 2024р, інші договори або замовлення.
3. **Загальний опис об'єкта автоматизації:**
 - a) система призначена для виробництва ABS пластику для 3Д друку, модернізація даного виробництва має покращити якість товару за збільшити його продуктивність, має автоматичний та ручний режим роботи, складається з технологічного устаткування такого як екструдер, охолоджувачі, подрібнювачі.
4. **Основні частини системи та структурна схема:**
 - a) описує основні частини системи, дає опис про їх функції та взаємозв'язки, повинен мати графічне зображення структури системи;
 - b) повинна містити не лише блоки пов'язані із технологічним процесом а ще й блоки електрошафи та пультів керування;
 - c) показує читачеві загальний план вашої системи з віддаленого ракурсу, як наприклад карта земної кулі на якій ми бачимо розміщення частин світу;
5. **Опис блоків системи керування :**
 - a) розділ повинен мати підрозділи, у кожному підрозділі описується окремий блок;
 - b) опис блока повинен містити список функцій які повинен виконувати блок, після списку потрібно описати як саме буде реалізована кожна функція;
 - c) підрозділ детально описує елементи блока до найменших деталей включаючи моделі виконавчих механізмів та давачів, при необхідності повинен мати графічні зображення для кращого розуміння;
 - d) кожен підрозділ показує читачеві конкретну частину системи великим планом, наче знімок військової бази з супутника.
6. **Опис алгоритмів та режимів роботи системи:**
 - a) повинен описувати алгоритм роботи системи у тому числі алгоритм взаємодії з оператором;
 - b) опис алгоритму повинен бути чітким та не повинен мати непередбачений результат при виникненні нештатних ситуацій;
 - c) при необхідності може бути доповнений графічними елементами, наприклад блок-схемою;
 - d) даний розділ дає розуміння про алгоритм роботи системи в цілому.

7. Умови експлуатації системи керування:

Умови експлуатації технічних засобів, що встановлюються в приміщенні на щитах керування:

- а) температура навколишнього середовища – від плюс 5 до 50°C
- б) відносна вологість до 80% при температурі до 25°C;
- в) атмосферний тиск від 84 до 106,7 кПа (від 630 до 800 мм рт. ст.);
- г) живлення БЖ для шафи управління – 380В; частота – 50 Гц; живлення ПЛК – 24В; живлення панелі оператора – 24В.

8. Технічні вимоги:

Склад технічних засобів системи:

- а) первинні перетворювачі (давачі);
- б) вимірювачі, що встановлюються безпосередньо на обладнанні;
- в) мікропроцесорний контролер;
- г) засоби відображення і представлення інформації;
- д) засоби введення оперативної і керуючої інформації;
- е) виконавчі механізми;
- є) регулюючі органи;
- ж) перетворювачі сигналів

ДСТУ 21.404 – 85 Автоматизація технічних процесів; ДСТУ 12.2.016 – 81 Система стандартів безпеки праці. Загальні вимоги безпеки.

9. Стадії та етапи проектування:

Номер етапу	Зміст етапу проектування	Термін виконання
1	Аналіз завдання кафедри. Складання технічного завдання. Підбір та аналіз літератури і першоджерел.	
2	Аналіз предметної області. Область застосування. Призначення
3	Розробка автоматизованої системи виробництва АБС пластику 3Д принтера
4	Розробка основних схем автоматизації.
5	Розробка інтерфейсу оператора
6	Оформлення дипломного проекту та супровідної документації

10.Додатки:

Додаток А. Конструкторська документація:

- СУ-01 6.151.10 С1 Структурна схема інформаційно-матеріальних потоків автоматизованої системи виробництва ABS пластику для 3Д принтеру.
- СУ-01 6.151.00 А2 Функціональна схема автоматизованої системи виробництва ABS пластику для 3Д принтеру.
- СУ-01 6.151.00 Е3 Схема принципова електрична автоматизованої системи виробництва ABS пластику для 3Д принтеру.

АНОТАЦІЯ

Галеніна Єкатерина Романівна. Автоматизація виробництва ABS пластику для 3D друку. Дипломний проєкт. Сумський державний університет. Суми - 2024 р.

Дипломний проєкт містить 50 аркушів пояснювальної записки, 33 рисунків, 15 таблиць, 3 додатки, 4 схеми. При виконанні дипломного проєкту було використано 13 літературних джерел.

Виробництво ABS пластику для 3D-принтерів є актуальною темою через зростання попиту на 3D-друк в різних галузях, що призводить до збільшення попиту на якісні витратні матеріали, зокрема ABS пластик. Автоматизація може значно підвищити ефективність, продуктивність та якість виробництва ABS пластику. Крім того, автоматизація виробництва ABS пластику може сприяти більш ефективному використанню ресурсів та енергії, зменшуючи відходи та знижуючи експлуатаційні витрати. Ефективні та автоматизовані виробничі процеси можуть допомогти виробникам ABS пластику залишатися конкурентоспроможними на ринку, пропонуючи високоякісну продукцію за конкурентними цінами..

У роботі розкриваються такі теми, як аналіз та огляд системи, автоматизація виробництва abs пластику 3д друку, підбір технічних засобів автоматизації, розробка схеми електрично принципової та розробка інтерфейсу оператора, розробка ПЗ.

Ключові слова: система керування, ABS філамент, 3Д друк.

Міністерство освіти і науки України
Сумський державний університет
Факультет електроніки та інформаційних технологій
Кафедра комп'ютерних наук

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри КСУ
_____ Петро ЛЕОНТЬЄВ
_____ 2024 р.

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
до дипломного проекту
«Автоматизація виробництва ABS пластику для 3Д друку»

Керівник проекту:
завідувач кафедри КСУ,
к. т. н.

Петро ЛЕОНТЬЄВ

Здобувачка:
Студентка групи СУ-01

Єкатерина ГАЛЕНІНА

СУМИ-2024

ЗМІСТ

СПИСОК СКОРОЧЕНЬ ТА УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ	3
ВСТУП.....	4
РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ ТА ОГЛЯД ОБ'ЄКТА АВТОМАТИЗАЦІЇ	6
1.1. Основні поняття, призначення та види.....	6
1.2. Устаткування системи.....	8
1.3. Умови експлуатації установки та технічні характеристики	10
РОЗДІЛ 2. АВТОМАТИЗАЦІЯ ВИРОБНИЦТВА ABS ПЛАСТИКУ ЗД ДРУКУ	14
2.1 Аналіз технологічного процесу виробництва ABS пластику для ЗД друку.....	14
2.2 Постановка функціональних задач автоматизації	15
2.3 Контури керування	15
2.3.1 Контур помелу пластика	15
2.3.2 Контур регулювання швидкості обертання шнека.....	16
2.3.3 Контур регулювання температури екструдера	17
2.3.4 Контур охолодження філаменту.....	18
2.3.5 Контур намотки пластику	19
РОЗДІЛ 3 ПІДБІР ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ АВТОМАТИЗАЦІЇ	22
3.1 Вибір логічних пристроїв та периферії	22
3.2 Вибір датчиків.....	31
3.3 Вибір виконавчих механізмів	35
РОЗДІЛ 4. РОЗРОБКА ІНТЕРФЕЙСУ ОПЕРАТОРА	40
4.1. Загальні поняття про ІО	40
4.2 Середовище розробки	40
4.3 Розробка НМІ для системи.....	41
РОЗДІЛ 5. ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ	45
5.1 Загальні поняття	45
5.2 Розробка алгоритму роботи установки.....	47
5.3 Розробка програми для ПЛК	49
РОЗДІЛ 6. ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ	53
6.1 Витрати на автоматизовану систему	53
6.2 Прибуток автоматизованої системи.....	55
ВИСНОВОК.....	57
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	58

					СУ-01 6.151.01.ПЗ			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Галеніна Є.</i>			Автоматизація процесу виготовлення макаронних виробів Пояснювальна записка	<i>Лім.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Леонтьєв П.В.</i>					2	48
<i>Реценз.</i>						СумДУ, СУ-01		
<i>Н. Контр.</i>								
<i>Затверд.</i>		<i>Леонтьєв П.В.</i>						

СПИСОК СКОРОЧЕНЬ ТА УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

САК – Система автоматичного керування;

ВМ – виконуючий механізм;

ПЛК – програмований логічний контролер;

ТЗА – технічні засоби автоматизації;

ЩК – щит керування;

ІО – Інтерфейс оператора;

ФСА – функціональна схема автоматизації;

					СУ-01 6.151.01.ПЗ	Лист
						3
Змін.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

ВСТУП

Актуальність теми: 3D-друк стає все більш популярним у різних галузях, таких як прототипування, виробництво, освіта та медицина. ABS пластик є одним з найпоширеніших матеріалів для 3D-друку, завдяки його міцності, стійкості та доступності. Проте, виробництво ABS пластику для 3D-друку все ще значною мірою залежить від ручної праці, що призводить до низької продуктивності, високих витрат та ризиків для здоров'я. Автоматизація виробництва ABS пластику може значно покращити ефективність, безпеку та екологічність цього процесу.

Мета проєкта: метою цієї дипломної роботи є розробка та дослідження системи автоматизованого виробництва ABS пластику для 3D-друку. Ця система повинна бути здатною:

- Приймати сировину (ABS гранули)
- Переплавляти ABS гранули у філамент
- Формувати філамент у котушки
- Контролювати та регулювати процес виробництва

Завдання проєкта:

- Вивчити існуючі методи виробництва ABS пластику для 3D-друку
- Проаналізувати вимоги до автоматизованої системи виробництва ABS пластику
- Розробити функціональну схему автоматизованої системи виробництва ABS пластику
- Спроекувати автоматизовану систему виробництва ABS пластику
- Розробити програмне забезпечення для управління та контролю системи
- Розробити SCADA-систему
- Проаналізувати результати дослідження та зробити висновки

Методи проєкта:

1. Проведення аналізу літератури, наукових статей, книг та інших джерел, що стосуються автоматизації систем генерації медичного кисню.

					СУ-01 6.151.01.ПЗ	Лист
Змін.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		4

2. Аналіз технології виробництва філаменту, а також розробка схем автоматизації, електрично-принципових схем.
3. Огляд технічних засобів автоматизації та їх вибір.
4. Розробка SCADA системи.

Практична значимість:

Результати цієї дипломної роботи можуть бути використані для створення нових та більш ефективних методів виробництва ABS пластику для 3D-друку. Це може призвести до розвитку нових продуктів та послуг, а також до зниження цін на 3D-друк.

					СУ-01 6.151.01.ПЗ	Лист
Змін.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		5

РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ ТА ОГЛЯД ОБ'ЄКТА АВТОМАТИЗАЦІЇ

1.1. Основні поняття, призначення та види.

Кожен з вас хоча б раз чув про 3D принтери. Сьогодні їх використовують для різних цілей. Комуś потрібно надрукувати деталі для власного автомобіля, або корпус для якогось власноруч зробленого електронного пристрою і навіть для друку різних пристроїв для використання у військових цілях, наприклад скиди або ладери. Відповідно для отримання потрібної фігури треба закупити пластик у вигляді нитки, який має назву – філамент.

Існує багато різних видів філаментів для 3D-друку, кожен з яких має свої унікальні властивості та переваги. Деякі з найпоширеніших видів філаментів включають:

ABS (акрилонітрил-бутадієн-стирол) - це міцний і універсальний філамент, який добре підходить для друку складних деталей. Він також стійкий до хімічних речовин і УФ-випромінювання, що робить його хорошим вибором для друку предметів, які будуть використовуватися на відкритому повітрі.



Рисунок 1.1 – Пластик ABS

PLA (полілактид) - це біорозкладний філамент, який легко друкувати і не має запаху. Він також є менш схильним до деформації, ніж ABS, що робить його хорошим вибором для друку на менших 3D-принтерах.

					СУ-01 6.151.01.ПЗ	Лист
Змін.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		6



Рисунок 1.2 – Пластик PLA

PETG (поліетилентерефталат гліколь) - це міцний і гнучкий філамент, який добре підходить для друку деталей, які повинні бути стійкими до ударів. Він також легко друкується і не має запаху.



Рисунок 1.3 – Пластик PETG

TPU (термопластичний поліуретан) - це гнучкий філамент, який добре підходить для друку деталей, які повинні бути м'якими та еластичними. Він також стійкий до хімічних речовин і УФ-випромінювання, що робить його хорошим вибором для друку предметів, які будуть використовуватися на відкритому повітрі.

					СУ-01 6.151.01.ПЗ	Лист
Змін.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		7



Рисунок 1.4 – Пластик TPU

Нейлон - це міцний і гнучкий філамент, який добре підходить для друку деталей, які повинні бути стійкими до зношування. Він також стійкий до хімічних речовин і УФ-випромінювання, що робить його хорошим вибором для друку предметів, які будуть використовуватися на відкритому повітрі.

У таблиці 1.1 приведено порівняння плюсів та мінусів усіх видів пластику.

Таблиця 1.1 Переваги та недоліки різних видів пластику

Філамент	Переваги	Недоліки
ABS	Міцний, універсальний, стійкий до хімічних речовин і УФ-випромінювання	Може бути складним для друку, має різкий запах
PLA	Легко друкувати, не має запаху, біорозкладний	Менш міцний, ніж ABS, може деформуватися при високих температурах
PETG	Міцний, гнучкий, легко друкувати, не має запаху	Може бути трохи дорожчим, ніж ABS або PLA
TPU	Гнучкий, стійкий до хімічних речовин і УФ-випромінювання	Може бути складним для друку, може бути м'яким для деяких застосувань
Нейлон	Міцний, гнучкий, стійкий до зношування	Може бути дорогим, складним для друку

1.2. Устаткування системи.

Процес виробництва ABS філаменту називається екструзійним процесом. Даний процес відбувається також коли принтер друкує деталі. Екструзійний процес - це метод виробництва, який використовується для створення виробів з термопластичних матеріалів, таких як поліетилен, поліпропілен, полівінілхлорид (ПВХ) та інші. Він ґрунтується на принципі продавлення розплавленого матеріалу через форму для отримання виробу бажаної форми та розмірів.

Відповідно для екструзійного виготовлення філаменту там знадобиться:

1. Екструдер, через який буде продавлюватися пластик.
2. Вентилятор для охолодження пластикового філаменту
3. Намоточний станок.

Екструдер – складається з двигуна, редуктора, бункера для завантаження гранул або відпрацьованого ABS пластику, шнека. На рисунку 1.5 зображено складові частини екструдера.

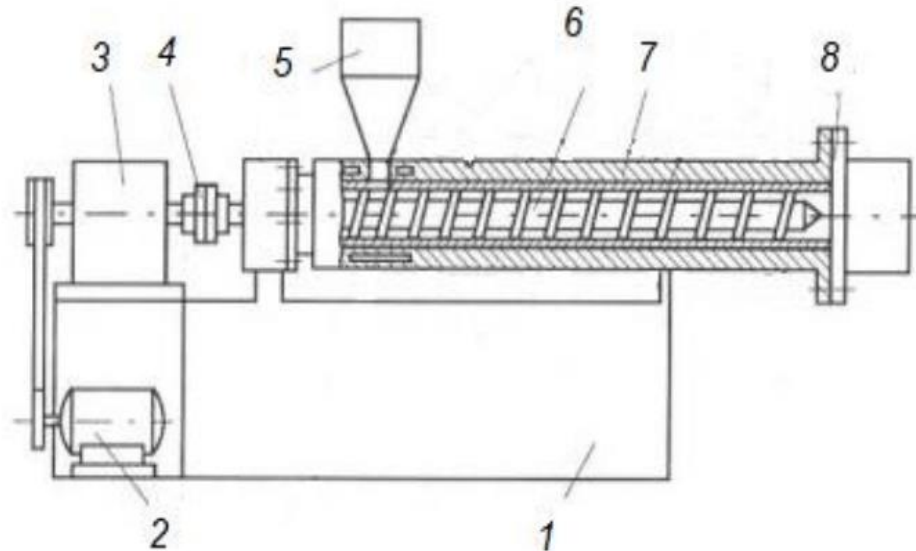


Рисунок 1.5 – Складові частини екструдера

- 1- Корпус; 2 – Двигун; 3 – Редуктор; 4 – Муфта; 5 – Бункер завантаження; 6 – Шнек; 7 – Циліндр; 8 – Формуючий отвір.

Двигун необхідний для обертання редуктора, який передає більші або менші оберти шнеку, в залежності від співвідношення передатного числа шестерень. Коли завантажуються у бункер гранули пластику, шнек транспортує їх до формуючого отвору. Щоб розплавити пластик, необхідно встановлювати нагрівач на циліндр ближче до формуючого отвору, і через формуючий отвір почне видавлюватися філамент. Шнек зображено на рисунку 1.6.



Рисунок 1.6 - Шнек

Далі філамент можна охолодити або повітрям, або водяним охолодженням. Найпростіше це можна зробити за допомогою вентиляторів.

Намоточний станок, необхідний для того, щоб філамент було куди намотувати, зазвичай він продається у бухтах, тож намотувати теж будемо на котушку. Намоточний станок, виглядає як показано на рисунку 1.7.



Рисунок 1.7 – Намоточний станок

1.3. Умови експлуатації установки та технічні характеристики

Автоматизована установка з виробництва філаменту для 3 д принтера, а також шафа керування повинна знаходитися у теплому, сухому приміщенні. Потрапляння вологи може призвести до короткого замикання, швидкої корозії металевих поверхонь та псування виробляючого продукту.

					СУ-01 6.151.01.ПЗ	Лист
Змін.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		10

З установкою повинні працювати спеціально навчений персонал:

- Інженер – електроник, який повинен мати 3-4 групу з електробезпеки при роботі з електроустановками до 1000 В.
- Інженер – електрик, який повинен мати 3-4 групу з електробезпеки при роботі з електроустановками до 1000 В.
- Оператор установки, повинен пройти навчання з технології робіт та отримати 2 групу з електробезпеки при роботі з електроустановками до 1000 В.

Щоб ознайомитися з характеристиками установки, можна звернутися до таблиці 1.2.

Таблиця 1.2 Характеристики автоматизованої установки з виробництва ABS пластику

Характеристика	Опис
Тип установки	Безперервна
Продуктивність	100 кг/год
Вхідна сировина	ABS гранули
Діаметр гранул	3-5 мм
Діаметр філаменту	1.75 мм
Довжина котушки	250 м
Температура плавлення	230-250 °C
Швидкість екструзії	10-20 м/хв
Система охолодження	Повітряне
Система керування	PLC
Візуалізація	Сенсорний дисплей
Габарити	2000 x 1000 x 1500 мм
Вага	500 кг
Напруга живлення	220 В 50 Гц
Споживана потужність	5 кВт

Для забезпечення безперебійної роботи, високої продуктивності та довговічності автоматизованої установки з виробництва ABS пластику необхідно дотримуватися таких умов експлуатації:

Умови навколишнього середовища:

- Температура: від +10°C до +35°C.
- Вологість: до 80%.
- Пил та волога: Захист IP54.
- Вібрація: не більше 0.05 g.
- Ударні навантаження: не більше 5 g.
- Рівень шуму: не більше 80 дБ.

Електроживлення:

- Напруга: 220 В ± 10%.
- Частота струму: 50 Гц.

Зберігання та транспортування:

- Зберігати установку в сухому, провітрюваному приміщенні при температурі від +5°C до +40°C.
- Транспортувати установку будь-яким видом транспорту, який забезпечує збереження її від механічних пошкоджень.

Обслуговування:

- Перед початком роботи ознайомитися з інструкцією з експлуатації.
- Регулярно проводити огляд та чистку установки.
- Замінювати зношені деталі.
- Проводити плановий технічний огляд не рідше одного разу на рік.

Гарантія:

- Виробник гарантує відповідність установки вимогам технічних умов протягом 12 місяців з дня її продажу.
- Гарантія не поширюється на пошкодження, викликані неправильною експлуатацією, механічними впливами або стихійними лихами.

Важливо:

- Не допускати попадання в установку сторонніх предметів.
- Не експлуатувати установку в хімічно агресивному середовищі.
- Не допускати попадання води на електрообладнання.

					СУ-01 6.151.01.ПЗ	Лист
						12
Змін.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

- Не використовувати установку не за призначенням.

Дотримання вищезазначених умов експлуатації гарантуватиме безперебійну роботу автоматизованої установки з виробництва ABS пластику, високу продуктивність та довговічність.

У таблиці 1.3 відображено умови експлуатації автоматизованої установки.

Таблиця 1.3 Умови експлуатації автоматизованої установки з виробництва ABS пластику

Умова	Опис
Температура навколишнього середовища	від +10°C до +35°C
Вологість повітря	до 80%
Напруга живлення	220 В ± 10%
Частота струму	50 Гц
Захист від пилу та вологи	IP54
Вібрація	не більше 0.05 g
Ударні навантаження	не більше 5 g
Рівень шуму	не більше 80 дБ

РОЗДІЛ 2. АВТОМАТИЗАЦІЯ ВИРОБНИЦТВА ABS ПЛАСТИКУ ЗД ДРУКУ

2.1 Аналіз технологічного процесу виробництва ABS пластику для ЗД друку.

У виробництві філаменту, як вже було сказано використовується екструзійний метод. Цей метод полягає у проходженні гарячого пластику через сопло діаметром 1.75 мм. Детальніше ознайомитися з технологічним процесом виробництва пластику для ЗД принтера, можна за допомогою схеми інформаційно – матеріальних потоків, зображену на рисунку 2.1, а також структурної схеми процесу виробництва, зображеного на рисунку 2.2.

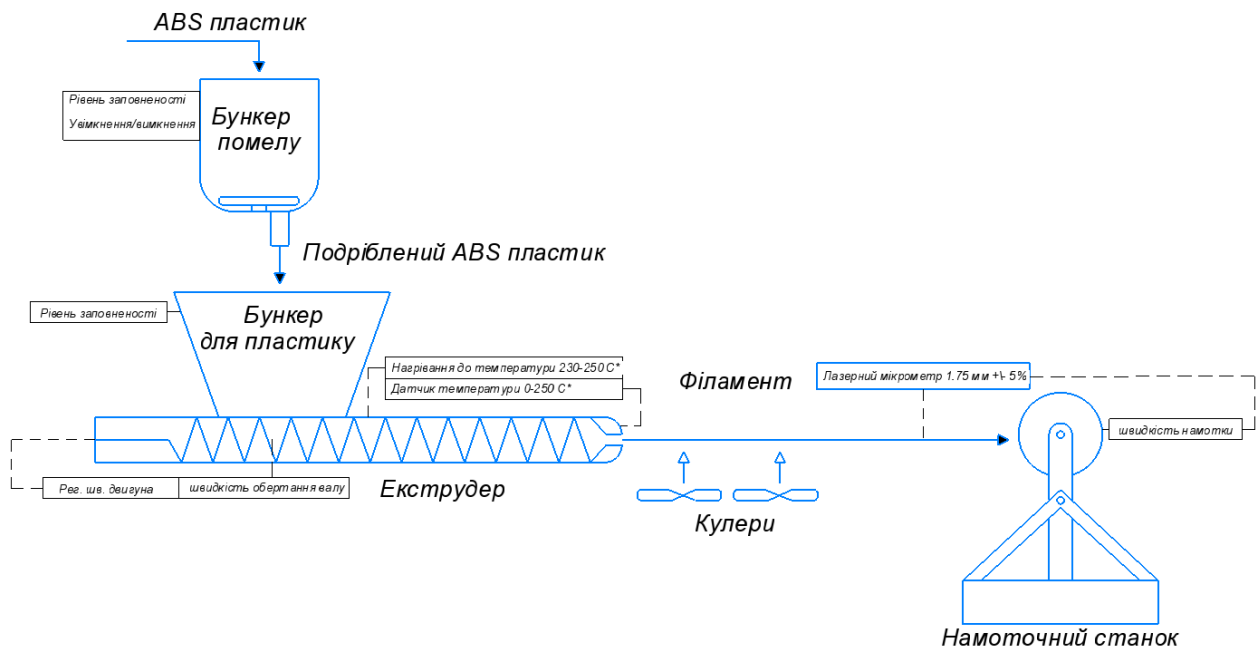


Рисунок 2.1 – Схема інформаційно-матеріальних потоків

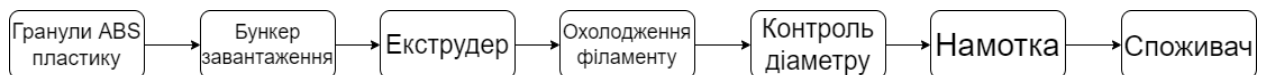


Рисунок 2.2 – Структурна схема виробництва ABS пластику

2.2 Постановка функціональних задач автоматизації

Для ефективної роботи автоматизованої установки з виробництва пластику для 3д принтера, на основі структурної схеми представленої вище та схеми інформаційно-матеріальних потоків формуємо список функціональних задач автоматизації:

1. Регулювання та контроль помелу пластику
2. Регулювання та контроль швидкості обертання шнека.
3. Регулювання та контроль температури нагрівання екструдера.
4. Регулювання обертів кулера.
5. Моніторинг діаметра філаменту за допомогою лазерного давача, та регуляція швидкості намотування.

2.3 Контури керування

Автоматизовану систему виробництва ABS пластику для 3Д принтеру можна розбити на декілька контурів керування. Зробивши це можна поетапно описати процеси виробництва філаменту. Отже, виходячи з поставлених перед нами задач керування, можемо розбити систему на 5 контури керування.

2.3.1 Контур помелу пластику

Контур помелу пластику відповідає за подрібнення ABS гранул до необхідного розміру, який далі використовується для екструзії філаменту. Подрібнення пластику забезпечує однорідність розплаву, кращу текучість та покращує якість кінцевого продукту. Завдяки попередньому помелу можемо використовувати пластикові фігури, які мають брак або неправильну форму від попереднього використання 3Д принтеру. Також є можливість використовувати будь-яку сировину, наприклад листовий ABS пластик.

					СУ-01 6.151.01.ПЗ	Лист
Змін.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		15

На рисунку 2.3 зображено контур помелу пластика.

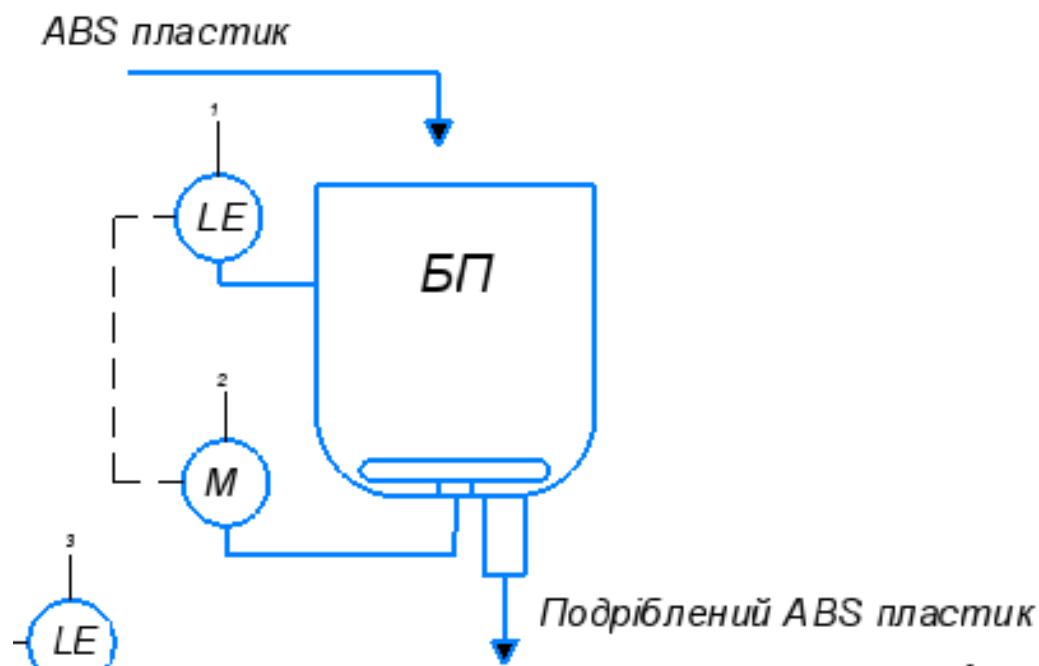


Рисунок 2.3 - Контур помелу пластика

До цього контуру входять такі основні елементи:

- Датчик рівня: потрібен для індикації рівня сировини у подріблювальній машині
- Електропривід: потрібен для помелу пластика. До валу електродвигуна будуть встановлюватися ножі, які подрібнюватимуть пластик.
- Контролер: прийматиме та віддаватиме вхідний та вихідний сигнал відповідно.

2.3.2 Контур регулювання швидкості обертання шнека

Контур регулювання швидкості обертання шнека є важливим компонентом автоматизованої установки з виробництва ABS пластику. Він забезпечує стабільну та точну швидкість обертання шнека, що, в свою чергу, гарантує рівномірну подачу сировини, якість розплаву та якість кінцевого продукту - ABS філаменту.

На рисунку 2.4 зображено контур регулювання швидкості обертання шнека.

					СУ-01 6.151.01.ПЗ	Лист
Змін.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		16

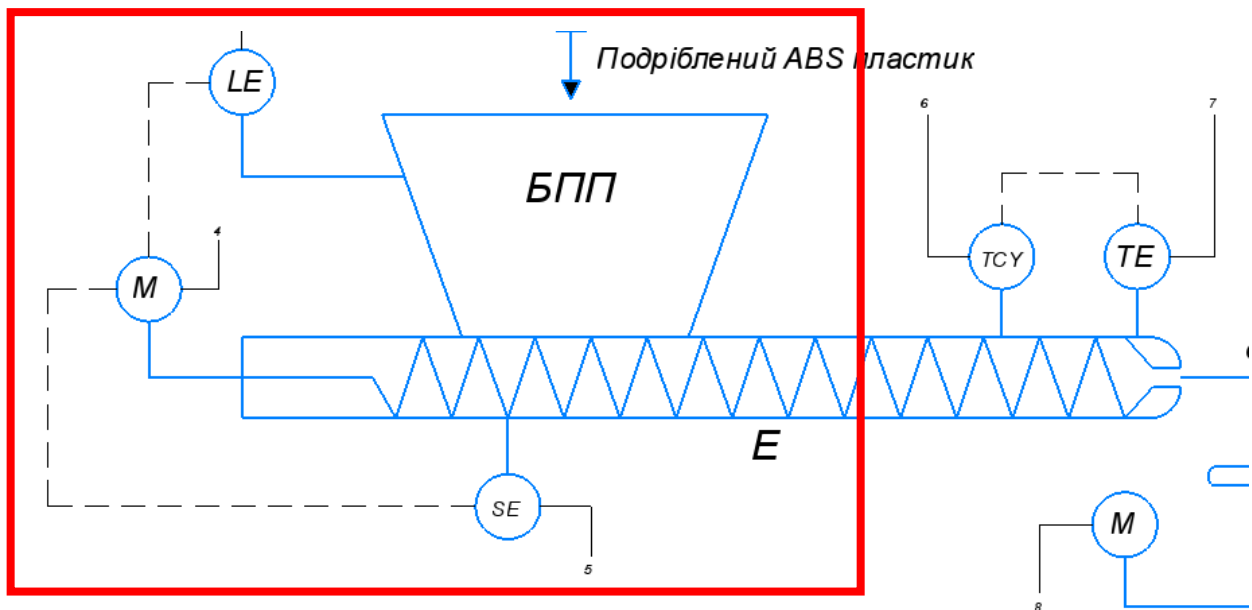


Рисунок 2.4 - Контур регулювання швидкості обертання шнека

Основні елементи контуру регулювання:

- Датчик швидкості: Вимірює швидкість обертання шнека.
- Контролер: Аналізує дані датчика та генерує керуючий сигнал для приводу шнека.
- Привід: Регулює швидкість обертання шнека відповідно до керуючого сигналу.

Для керування швидкістю обертання двигуна, будемо використовувати метод частотного керування за допомогою перетворювача частоти. Відповідно в ролі датчика швидкості, буде слугувати звичайний промисловий енкодер.

2.3.3 Контур регулювання температури екструдера

Контур регулювання температури екструдера є не менш важливою складовою частиною автоматизованої установки з виробництва ABS пластику. Він забезпечує стабільний та точний температурний режим в зоні екструзії, що гарантує якість розплаву ABS гранул, однорідність філамента та відповідність його характеристик заданим параметрам.

На рисунку 2.5 зображено контур регулювання температури екструдера

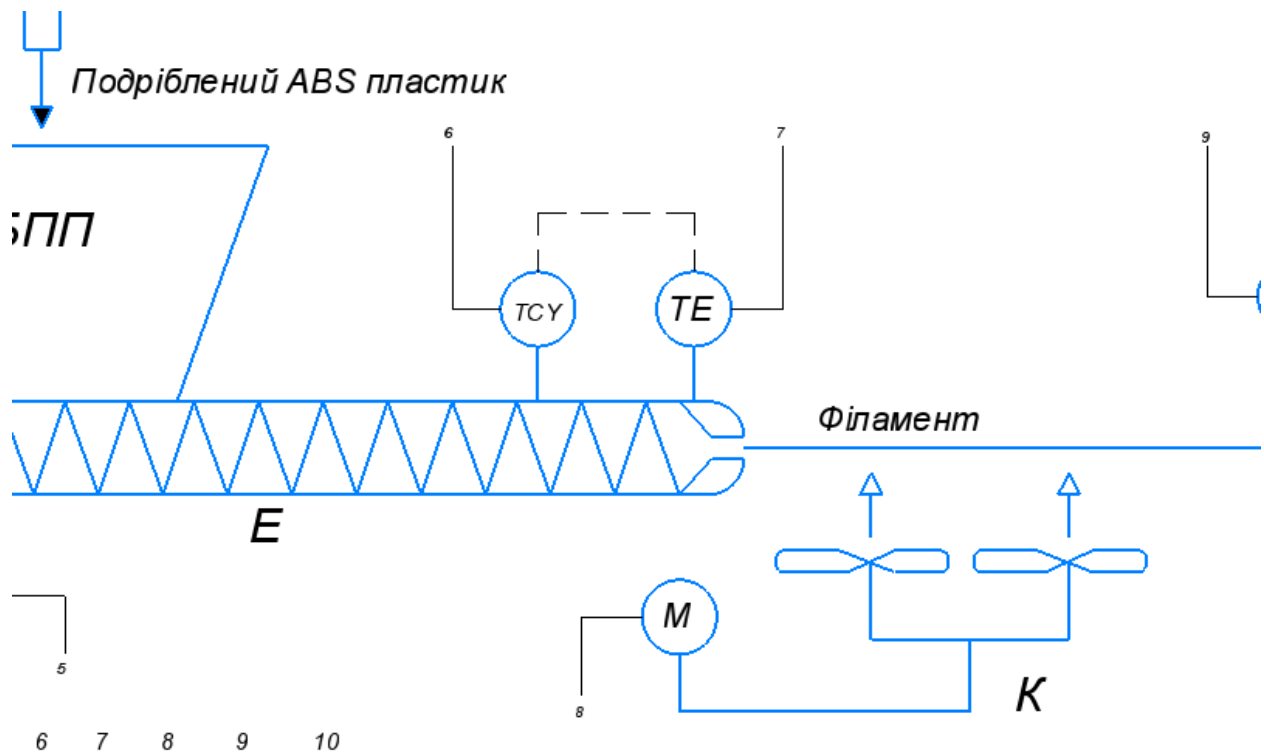


Рисунок 2.5 - Контур регулювання температури екструдера

Основні елементи контуру регулювання:

- Температурний датчик: Вимірює температуру в зоні екструзії.
- Контролер: Аналізує дані датчика та генерує керуючий сигнал для нагрівальних елементів екструдера.
- Нагрівальні елементи: Підтримують задану температуру в зоні екструзії.
- Охолодження: Забезпечує відведення тепла від зони екструзії.

В якості датчика температури будемо використовувати термопару, нагрівальним елементом буде слугувати ТЕНа.

2.3.4 Контур охолодження філаменту

Контур охолодження філаменту відповідає за охолодження та затвердіння філаменту після виходу з екструдера. Правильне охолодження гарантує міцність, жорсткість та розмірну точність кінцевого продукту, а також запобігає його

деформації та розтріскуванню. Охолоджувати філамент будемо потоком повітря, спрямованим вентиляторами охолодження.

На рисунку 2.6 зображено контур охолодження філаменту

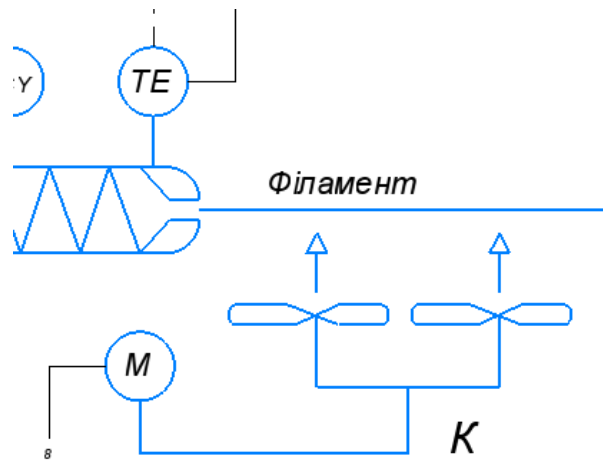


Рисунок 2.6 - Контур охолодження філаменту

2.3.5 Контур намотки пластику

Даний контур відповідає за намотування ABS філаменту на катушку. Правильна намотка гарантує, що філамент не буде заплутаний, не порветься і буде зручним у використанні на 3D-принтері.

На рисунку 2.7 зображено контур намотки пластику

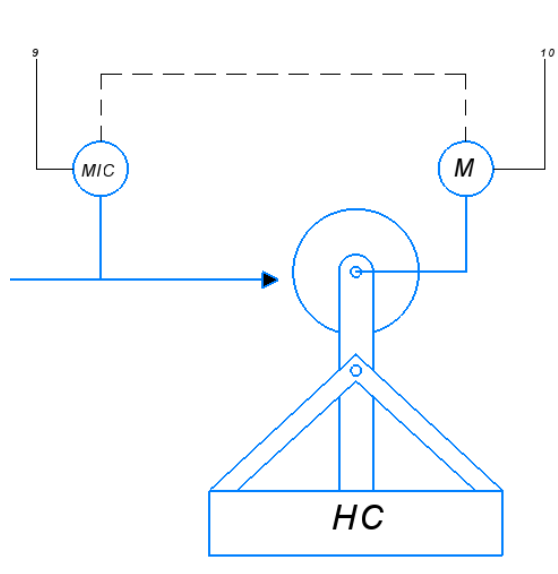


Рисунок 2.7 - Контур намотки пластику

Проаналізувавши контури керування, можемо створити таблицю вхідних – вихідних сигналів.

Таблиця 2.1 – Таблиця вхідни сигналів

Таблиця вхідних сигналів			
№	Назва сигналу	Діапазон вим.	Тип сигналу
1	Температура	0...250 С*	4...20мА
2	Швидкість оберту	0...100 об\хв	4...20мА
3	Лазерний мікрометр	1,75 мм	4...20мА
5	Рівень	0...100%	4...20мА

Таблиця 2.2 – Таблиця вихідних сигналів

Таблиця вихідних сигналів			
№	Назва сигналу	Тип сигналу	ВМ
1	Електропривод подрібнювача	DO	електропривод 220 В 50 Гц
2	Електропривод екструдера	AO	електродвигун 220 В 50 Гц
3	Вентилятор	DO	кулера охолодження 220 В 50 Гц
4	Електропривод намотки	AO	кроковий двигун 24 В

					СУ-01 6.151.01.ПЗ	Лист
						21
Змін.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 3 ПІДБІР ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ АВТОМАТИЗАЦІЇ

У цьому розділі буде здійснюватися підбір технічних засобів автоматизації. Нам необхідно обрати контролер, який буде приймати, обробляти та передавати сигнали, датчики та виконавчі механізми. Для кращого розуміння пропоную розглянути таблицю 3.1, де відображено кількість каналів зв'язку.

Таблиця 3.1 – Кількість каналів зв'язку

Тип сигналу	Кількість
AI	4
AO	2
DO	2

3.1 Вибір логічних пристроїв та периферії

Контролер – це пристрій, який може керувати будь яким виробничим процесом. Це досягається за рахунок написаної програми, та відповідних ТЗА системи. Контролер може приймати та обробляти будь які сигнали, як дискретні так і аналогові.

Контролер необхідно обирати від типу задач які поставлені перед нами, кількості сигналів, які необхідно приймати, обробляти та видавати, а також надійної роботи.

Schneider Electric (SE) є одним з провідних світових виробників промислових контролерів та систем автоматизації. Компанія пропонує широкий спектр контролерів різної потужності та функціональності для різноманітних галузей промисловості.

Лінійка контролерів Schneider Electric включає наступні основні серії:

Modicon M580 - потужні контролери для високопродуктивних критично важливих додатків з вимогами високої надійності та гнучкості.

Modicon M340 - високопродуктивні контролери для програмованих операцій з підтримкою різних комунікаційних протоколів.

Modicon M238 - компактні контролери для локальної автоматизації з функціями безпеки та управління рухом.

Modicon M241 - економічні компактні ПЛК для базових завдань автоматизації.

TM xSeries - лінійка компактних ПЛК різної потужності, включаючи TM172.

SoMachine - інтегроване середовище розробки для програмування контролерів Modicon.

Контролери Schneider Electric відрізняються модульною конструкцією, підтримкою різних промислових протоколів (Modbus, EtherNet/IP, PROFINET тощо), широким вибором вбудованих функцій (регулювання, управління рухом, безпека тощо) та сумісністю з хмарними рішеннями.

Також Schneider Electric пропонує спеціалізовані контролери для конкретних галузей, таких як харчова промисловість, водопостачання, управління будівлями та інші.

Ключовими перевагами контролерів SE є висока надійність, гнучкість конфігурації, простота інтеграції та широка підтримка систем автоматизації від одного постачальника. Їх часто вибирають для критично важливих застосувань, де необхідна безвідмовна робота та можливість вдосконалення систем.

Для нашого проєкту, достатньо буде контролера TM172PBG18R. Він є компактным програмованим логічним контролером (ПЛК) з модульною конструкцією, призначеним для використання в промислових системах автоматизації. Це пристрій керування від відомого виробника Schneider Electric.

Деякі ключові характеристики:

Компактний розмір і модульна конструкція, що полегшує монтаж і економить місце.

Має вбудований процесор для виконання програм користувача, написаних на мові реляційної логіки.

					СУ-01 6.151.01.ПЗ	<i>Лист</i>
<i>Змін.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		23

Оснащений різними типами ввідів/виводів для підключення датчиків, реле, виконавчих пристроїв тощо. Наприклад, цифрові входи/виходи, аналогові входи тощо.

Підтримує різні промислові комунікаційні протоколи, такі як Modbus, для інтеграції з іншими пристроями та системами.

Має розширену функціональність для керування технологічними процесами, відстеження даних, виконання логічних операцій і т.д.

Компактний і міцний корпус для експлуатації в важких промислових умовах.



Рисунок 3.1 – Контролер TM172PBG18R

Недоліками контролера TM172PBG18R є наступні пункти:

1. Обмежений обсяг пам'яті програм (128 Кб) і даних (64 Кб) для великих додатків.
2. Відсутність вбудованого Ethernet-порту для підключення до мереж.
3. Відносно невеликий набір аналогових входів/виходів (лише по 2).

4. Обмежена швидкість процесора (64 МГц) для вимогливих додатків.
5. Відсутність вбудованих функцій відмовостійкості або резервування.
6. Відсутність вбудованих веб-функцій для віддаленого моніторингу/керування.
7. Обмежений температурний діапазон роботи (від 0°C до 55°C).

З характеристиками TM172PBG18R можна познайомитися у таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 – Характеристики TM172PBG18R

Характеристика	Значення
Центральний проц	M172
Програмована пам'ять	128 Кб
Пам'ять даних	64 Кб
Цифрові вх\вих	8
Аналогові вх\вих	10
Порти комунікації	1 x RS-485 (Modbus) 1 x RS-232/RS-485
живлення	24 В
Підтримка мов програмування	програмування LD, FBD, IL, ST

Контролери серії Modicon M172 від Schneider Electric не мають вбудованого кольорового сенсорного дисплею. Ці компактні ПЛК розраховані на роботу без людино-машинного інтерфейсу і керуються за допомогою підключеного програматора або панелі оператора.

Однак, Schneider Electric пропонує окремі людино-машинні інтерфейси (НМІ) та панелі оператора, які можна підключити до контролерів M172 для візуалізації даних, моніторингу процесів та взаємодії з системою. Ці пристрої оснащені кольоровими сенсорними дисплеями різних розмірів і роздільної здатності.

Кольоровий сенсорний дисплей може бути корисним для процесів, де потрібен зручний інтерфейс для операторів, зокрема:

1. Візуалізація поточного стану системи, значень параметрів, попереджень тощо.
2. Ручне керування процесами, регулювання параметрів за допомогою сенсорних кнопок і елементів управління.
3. Відображення графіків, трендів, діаграм для кращого розуміння процесів.
4. Підвищена ергономіка та зручність використання порівняно з текстовими інтерфейсами.
5. Можливість відображення анімованої мнемосхеми всього технологічного процесу.



Рисунок 3.2 – Сенсорний дисплей TM172DCLWT

З характеристиками панелі можна ознайомитися у таблиці 3.3.

Таблиця 3.3 – Характеристики панелі керування

Характеристика	Значення
----------------	----------

Розмір	7''
Роздільна здатність	800x480 пікселів
Тип дисплею	Кольоровий TFT LCD з LED-підсвічуванням
Сенсорний екран	Резистивний
Кількість кольорів	64К
Процесор	ARM Cortex-A8 600 МГц
Пам'ять	256 МБ DDR3 RAM, 512 МБ Flash
Порти вводу/виводу	1 x Ethernet, 1 x USB Host, 1 x USB Device, 1 x SD Card
Протоколи комунікації	Modbus TCP/IP, Modbus Serial, UniTelway, USB
Живлення	24 В постійного струму
Ступінь захисту	IP65/IP20 (лицьова/задня панель)

Цей кольоровий сенсорний дисплей має 7-дюймовий екран з високою роздільною здатністю та кількістю кольорів для якісної візуалізації даних. Він оснащений потужним процесором та пам'яттю для швидкої роботи НМІ-додатків. Дисплей підтримує різні протоколи для зв'язку з контролерами та має широкий вибір портів вводу/виводу для підключення додаткових пристроїв. Міцний корпус із захистом IP65 забезпечує використання в промислових умовах.

Автоматичний захисний вимикач (також відомий як автоматичний вимикач або автомат) - це електричний пристрій, призначений для захисту електричних кіл від перевантажень та коротких замикань.

Основні функції автоматичного вимикача:

Захист від перевантаження: Автомат відстежує струм, що протікає через коло. Якщо струм перевищує номінальне значення на встановлений час, вимикач автоматично розмикає коло, запобігаючи перегріву та пошкодженню проводки чи обладнання.

					СУ-01 6.151.01.ПЗ	Лист
Змін.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		27

Захист від короткого замикання: У разі різкого та значного підвищення струму через коротке замикання, автоматичний вимикач миттєво розмикає коло, щоб уникнути пошкодження обладнання та ризику пожежі.

Повторне ввімкнення: Після усунення причини спрацювання (перевантаження чи короткого замикання) автомат може бути знову ввімкнений вручну або автоматично для відновлення живлення кола.

Автоматичні вимикачі застосовуються в електричних розподільних щитах, будівлях, промислових системах та побутовій техніці для захисту окремих кіл чи всієї електричної системи.

1. Вони бувають різних типів та характеристик:
2. За струмом спрацювання (номінальний струм)
3. За часом спрацювання (характеристики типу В, С, D)
4. За кількістю полюсів (1-полюсні, 2-полюсні, 3-полюсні, 4-полюсні)
5. Модульні чи стаціонарні конструкції
6. З можливістю регулювання параметрів спрацювання

Сучасні автоматичні вимикачі можуть мати додаткові функції, такі як захист від витoku струму на землю, віддалений моніторинг, комунікаційні інтерфейси.

Для підбору відповідного 3-фазного автоматичного вимикача (автомата) для установки з виробництва ABS пластику, необхідно врахувати кілька ключових параметрів:

1. Струмове навантаження установки (номінальний робочий струм)
2. Можливе короткочасне перевищення струму при пусках
3. Напруга живлення
4. Вимоги щодо характеристики спрацювання



Рисунок 3.3 - Автоматичний вимикач SE Compact NSX160N TM160D

З характеристиками автоматичного вимикача SE Compact NSX160N TM160D можна ознайомитися в таблиці 3.4.

Таблиця 3.4 – Характеристики автоматичного вимикача SE Compact NSX160N TM160D

Характеристика	Значення
Модель	Compact NSX160N TM160D
Кількість полюсів	3P
Ном. струм	100A
Напруга ізоляції	690V AC
Характеристика спрацьовування	D (затриманого розчіплення)
Струм розчіплення магнітного розчіплювача	1000A (10 x I _n)
Допустимий пусковий струм	До 600A (6 x I _n)

Цей 3-полюсний автомат Compact NSX160N TM160D розрахований на номінальний струм 100А, що вище за розрахункове навантаження установки

(80А). Його магнітний розчіплювач спрацьовує при 10-кратному перевищенні номінального струму, що забезпечує захист від коротких замикань. Характеристика спрацьовування типу D дозволяє витримувати високі струми протягом короткого періоду (наприклад, при пуску). Напруга ізоляції 690В відповідає вимогам для мережі 400В.

У процесі виробництва ABS пластику необхідно керувати електричними двигунами, які працюють від напруги 220В, 50Гц. Однак, контролер, що керує процесом, видає лише логічний сигнал 24В як команду для відкриття/закриття клапанів.

Щоб подолати цю невідповідність напруг, використовується проміжне реле - TRS 24-230VUC 1CO від компанії Weidmuller. Це реле розраховане на комутацію навантаження напругою до 230В змінного струму при керуванні котушкою напругою 24В.

Принцип роботи такий: контролер подає логічну одиницю 24В на котушку реле, що спричиняє замикання його контактів. Це дозволяє пропустити живлення 220В змінного струму через клапан, відкриваючи або закриваючи його.



Рисунок 3.4 - Реле TRS 24-230VUC 1CO

					СУ-01 6.151.01.ПЗ	Лист
Змін.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		30

Для забезпечення належного живлення датчиків та контролера в системі виробництва АБС пластику, необхідно обрати відповідний блок живлення. Непоганим вибором є блок живлення PRO ECO 240W 24V 10A від компанії Weidmuller, зображений на рисунку 3.5.



Рисунок 3.5 - Блок живлення PRO ECO 240W 24V 10 A

Цей блок живлення призначений для перетворення стандартної промислової напруги 230В змінного струму в стабілізовану напругу 24В постійного струму, яка є типовою для живлення багатьох промислових датчиків, контролерів та інших пристроїв автоматизації.

Потужність блоку живлення 240 Вт та максимальний струм 10А цілком достатні для забезпечення стабільного живлення усіх компонентів системи керування. Завдяки своїй надійній та компактній конструкції він добре підходить для експлуатації в промислових умовах.

3.2 Вибір датчиків

Для контролю рівня заповнення бункера порізки пластику та бункера подрібненого пластику в системі виробництва АБС пластику може бути використаний ультразвуковий рівнемір MICROFLEX-C, зображений на рисунку 3.6. Детальні параметри та характеристики цього рівнеміра наведені в таблиці 3.5.

					СУ-01 6.151.01.ПЗ	Лист
Змін.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		31



Рисунок 3.6 – Ультразвуковий датчик рівня MICROFLEX-C

Таблиця 3.5 – Параметри датчика Microflex-C

Характеристика	Значення
Діапазон вимірювання	0.3-8 м.
Вихідний сигнал	4...20мА
Степінь захисту	IP67
Ел. живлення	12-30 В постійного струму
Дисплей	4-цифри РК
Вхід кабелю	2xM20x1,5мм
Матеріал датчика	PVDF
Точність	< 1 m +/- 5mm; >1 m +/-0.5% від діапазону
Робоча температура	-20...+70 *С
Робочий тиск	до 3 бар
Схвалено	CE EN50081-1 CE EN50082-2

Цей ультразвуковий датчик безконтактно вимірює відстань до поверхні матеріалу в бункері за допомогою ультразвукових імпульсів. Завдяки цьому він може точно визначати рівень наповнення бункерів пластиковими гранулами, стружкою чи іншими матеріалами без необхідності безпосереднього контакту.

Для забезпечення зворотного зв'язку за оборотами двигуна шнека екструдера у виробництві АБС пластику можна використати енкодер або імпульсний датчик обертів.

Одним із підходящих варіантів може бути інкрементальний енкодер серії 58 від виробника Hubner:



Рисунок 3.7 – Енкодер Hubner серії 58

Характеристики енкодера Hubner серії 58 представлено в таблиці 3.6.

Таблиця 3.6 – Параметри енкодера Hubner серії 58

Характеристика	Значення
Тип датчика	Оптичний інкрементальний енкодер
Кількість імпульсів на оберт	500 - 5000 імп/об (можна обрати)
Вихідний сигнал	4...20 мА
Ступінь захисту	IP65
Діаметр валу	6 мм, 10 мм або 1/4"
Допустима швидкість обертання	До 12000 об/хв
Робоча температура	-20°C ... +85°C
Матеріал корпусу	Нержавіюча сталь

Для вимірювання температури екструдера в діапазоні від 0 до 300°C з аналоговим виходом 4-20 мА можна використати термометр опору з передавальним перетворювачем (трансмідером).

Одним із варіантів буде термометр опору РТ100 з голівкою із нержавіючої сталі в комплекті з трансмітером ТВНТ фірми BEStech.



Рисунок 3.8 – Термометр опору з перетворювачем в 4...20 мА

Таблиця 3.7 – Параметри ТВНТ фірми BEStech

Характеристика	Значення
Тип датчика	Термометр опору РТ100
Діапазон вимірювання	-40...+300°C
Вихідний сигнал	4...20 мА
Точність	±0,1% повного діапазону
Ступінь захисту	IP65

Для вимірювання діаметра філаменту АБС пластику діаметром 1,75 мм можна використати лазерний мікрометр, наприклад, Micro-Epsilon LS05 серії LD



Рисунок 3.9 – Лазерний мікрометр Micro-Epsilon LS05 LD

Таблиця 3.8 – Параметри ТВНТ фірми BEStech

Характеристика	Значення
Тип датчика	Лазерний датчик
Діапазон вимірювання	0,3...5 мм
Вихідний сигнал	4...20 мА
Точність	0,5 мкм
Ступінь захисту	IP67

3.3 Вибір виконавчих механізмів

Для виконання завдань автоматизації необхідно здійснити підбір виконавчих механізмів. До таких відносимо електродвигуни, яких у системі маємо 3 штуки, та ТЕНу, як нагрівальний елемент.

Для обертання шнека екструдера можемо обрати однофазний асинхронний двигун AIR 132M4 виробництва WEG.

Характеристики:

- Потужність: 5,5 кВт
- Напруга живлення: 220 В, 50 Гц
- Номінальна швидкість: 1410 об/хв
- Номінальний струм: 22,2 А
- Коефіцієнт потужності ($\cos \varphi$): 0,89

- Клас ізоляції: F
- Клас нагрівостійкості: B
- Ступінь захисту: IP55
- Спосіб монтажу: Лапа/фланець

Цей потужний однофазний двигун AIR 132M4 від WEG здатний забезпечити необхідний обертовий момент для приводу шнека екструдера. Його потужність 5,5 кВт та високий пусковий момент цілком підходять для такого застосування.



Рисунок 3.10 – Однофазний двигун AIR 132M4

Двигун має закритий циліндричний корпус з ребрами для охолодження та ступінь захисту IP55, що робить його стійким до пилу, бризок та експлуатації у важких умовах.

Кріплення можливе як на лапу, так і на фланець, що забезпечує гнучкість монтажу.

Висока швидкість 1410 об/хв може бути зменшена за допомогою редуктора до потрібного діапазону для шнека.

Для обертання вентиляторів охолодження можемо обрати однофазний асинхронний двигун АІР 80В4



АІР 80В4
1,5 кВт - 1500 об/мин

Рисунок 3.11 – Однофазний двигун АІР 80В4

Характеристики АІР 80В4:

- Потужність: 0,55 кВт
- Номінальна швидкість: 1370 об/хв
- Номінальний струм: 3 А
- Коефіцієнт потужності: 0,72
- Ступінь захисту: ІР54
- Клас ізоляції: В

Це компактні та надійні однофазні асинхронні двигуни підходять для охолоджувачів.

Для намотки філаменту підійде кроковий двигун Nema 23 Wantai 57HS22

Характеристики:

- Крок: 1,8°
- Момент утримання: 1,26 Нм
- Струм на фазу: 2,8 А
- Опір фази: 0,9 Ом

Змін.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

СУ-01 6.151.01.ПЗ

Лист

37

- Індуктивність фази: 3,5 мГн
- Напруга живлення: 24 В

AST 3D



Рисунок 3.12 – Nema 23 Wantai 57HS22 з драйвером TB6600

Характеристики на драйвер TB6600:

Тип: Драйвер

Напруга живлення V: 9...40 V

Стурм, A: 4 A

Розміри: 96x57x28 mm

Крокові двигуни забезпечують прецизійне позиціонування для точної намотки. Для крокових двигунів знадобиться окремий драйвер керування.

Змін.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

СУ-01 6.151.01.ПЗ

Лист

38

Для нагріву екструдера нам необхідна гнучка ТЕНа для екструдера. Вона виглядає так, як показано на рисунку 3.13.



Рисунок 3.13 – ТЕНа (нагрівальний елемент)

Загальні характеристики ТЕНа:

- Напруга: 220 В
- Частота: 50 Гц
- Тип нагрівача: Резистивний
- Форма: Різноманітна (трубчаста, плоска, шпилькоподібна)
- Матеріал: Нержавіюча сталь, мідь
- Потужність: Від десятків ват до декількох кіловат (залежно від розміру та застосування)
- Максимальна робоча температура: До 800°C (залежно від матеріалу)

Змін.	Лист	№ докum.	Підпис	Дата

СУ-01 6.151.01.ПЗ

Лист

39

РОЗДІЛ 4. РОЗРОБКА ІНТЕРФЕЙСУ ОПЕРАТОРА

4.1. Загальні поняття про ІО

Інтерфейс оператора (ІО) автоматизованої установки з виробництва філаменту з АБС пластику має забезпечувати зручне та інтуїтивно зрозуміле керування всіма аспектами роботи установки. ІО представлений у вигляді сенсорного екрану.

Основні функції ІО:

- Відображення інформації: ІО повинен відображати всю необхідну інформацію про стан установки, включаючи температуру, швидкість подачі пластику та інші важливі параметри.
- Керування параметрами: ІО повинен дозволяти оператору керувати всіма параметрами роботи установки.
- Моніторинг помилок: ІО повинен відображати повідомлення про помилки та попередження, щоб оператор міг швидко реагувати на будь-які проблеми.
- Звітність: ІО повинен генерувати звіти про роботу установки, включаючи дані про виробництво, час простою та інші важливі показники.

4.2 Середовище розробки

PromoticSCADA - це потужне програмне забезпечення для створення систем диспетчерського управління та збору даних (SCADA) від компанії Microsys. Воно призначене для моніторингу, контролю та управління виробничими і технологічними процесами в різних галузях промисловості.

Ключові можливості PromoticSCADA:

- Розробка НМІ (людино-машинного інтерфейсу): Програма дозволяє створювати повнофункціональні графічні інтерфейси з анімованими

					СУ-01 6.151.01.ПЗ	Лист
Змін.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		40

мнемосхемами, трендами, тахометрами та іншими елементами візуалізації стану обладнання та процесів.

- **Управління обладнанням:** Забезпечує двосторонній обмін даними з контролерами, програмованими логічними контролерами (ПЛК) та іншими пристроями через різні промислові протоколи (Modbus, OPC, TCP/IP тощо).

- **Збір та архівація даних:** Можливість збору даних з датчиків та контролерів в реальному часі, запис історичних даних у базу даних для подальшого аналізу та генерації звітів.

- **Система сигналізації та тривоги:** Налаштування правил тривоги, оповіщення операторів про критичні події та запис журналу тривоги.

- **Управління рецептами:** Зберігання та завантаження заздалегідь визначених налаштувань процесів (рецептів) для швидкого переналаштування обладнання.

- **Розподілена архітектура:** Можливість об'єднання декількох робочих станцій та серверів для забезпечення надмірності та резервування.

- **Підтримка веб-інтерфейсу:** Надання віддаленого доступу до системи через веб-браузер.

PromoticSCADA широко використовується в різних галузях, таких як виробництво, енергетика, водопостачання, нафтогазова промисловість тощо. Вона забезпечує зручний і наочний інтерфейс для операторів, а також дозволяє автоматизувати збір, аналіз та архівацію виробничих даних.

4.3 Розробка НМІ для системи

Для початку необхідно розробити стартову панель, де можна обрати кожен із контурів керування, обрати режими керування, у випадку чого, натиснути на АЗ та стан аварії.

На рисунку 4.1 зображено елементи ІО головного екрану.

					СУ-01 6.151.01.ПЗ	Лист
						41
Змін.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

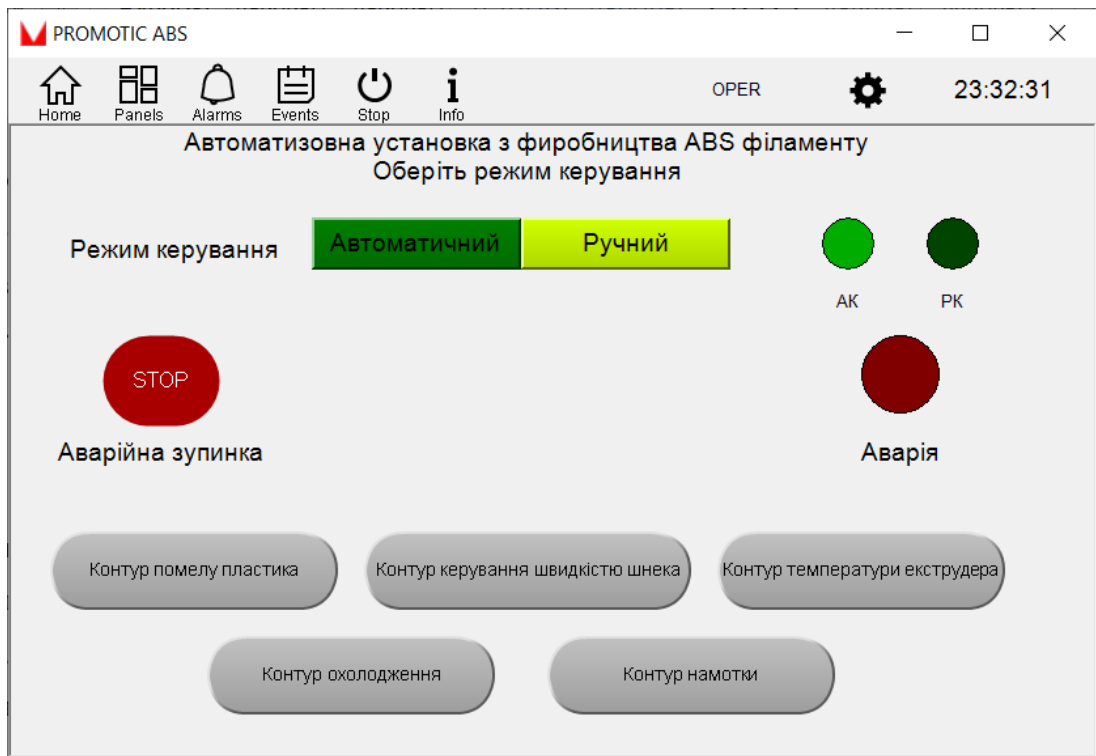


Рисунок 4.1 – Елементи ІО головного екрану

Далі поступово рухаємось по порядку. Якщо натиснути на кнопку контур помелу пластика, нам відкриє сторінку, де знаходиться інформація про заповненість бункеру та органи керування помелом. На рисунку 4.2 зображено даний ІО.

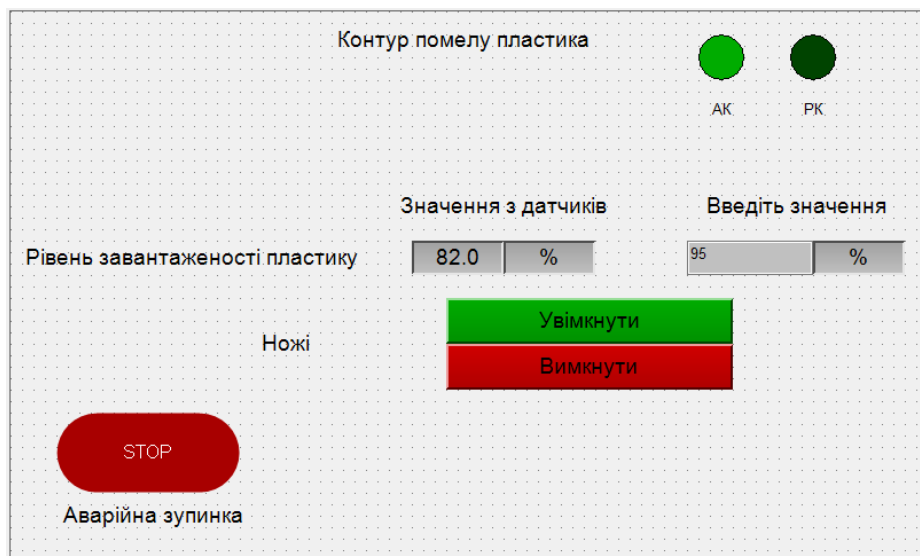


Рисунок 4.2 – Елементи ІО контуру помелу пластика

На рисунку 4.3 відображається контур регулювання швидкості обертання шнеку. На ньому зазначено інформацію з енкодера про швидкість обертання двигуна та відповідні органи керування.

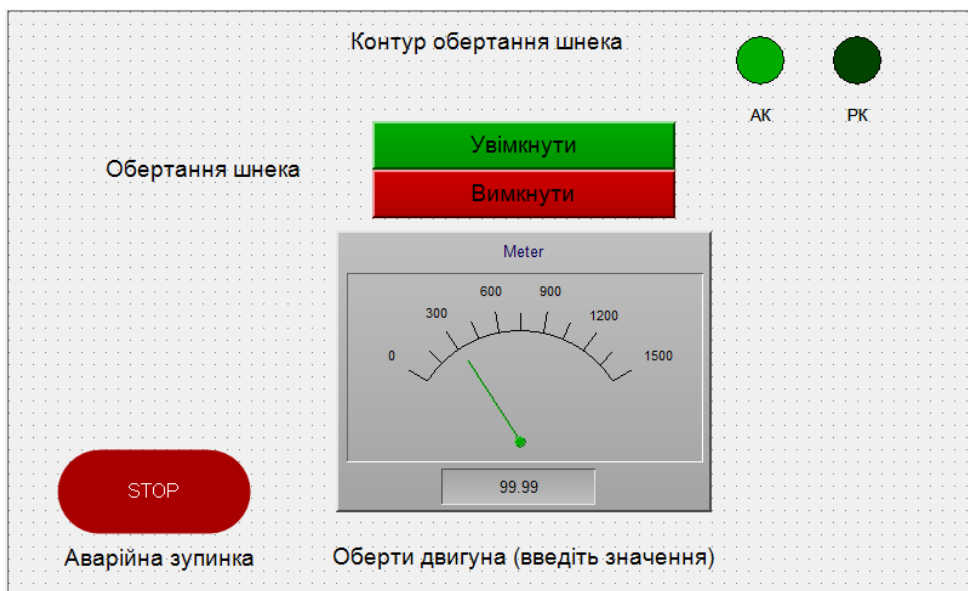


Рисунок 4.3 – Елементи ІО контуру обертання шнеку

На рисунку 4.4 відображено контур керування температурою екструдера, а саме органи керування ТЕНом, значення температури з датчика та задатчика.

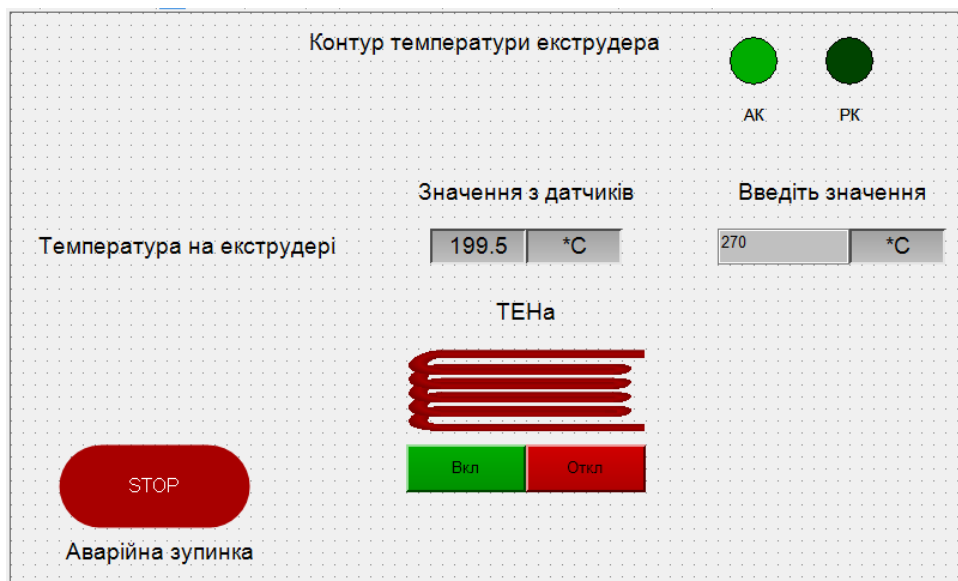


Рисунок 4.4 – Елементи ІО контуру температури екструдера

Змін.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

На рисунку 4.5. відображено контур охолодження філаменту. Філамент гарячий виходить з сопла, де він і обдувається відразу. На рисунку відображено органи керування та індикацію АК\ПК.

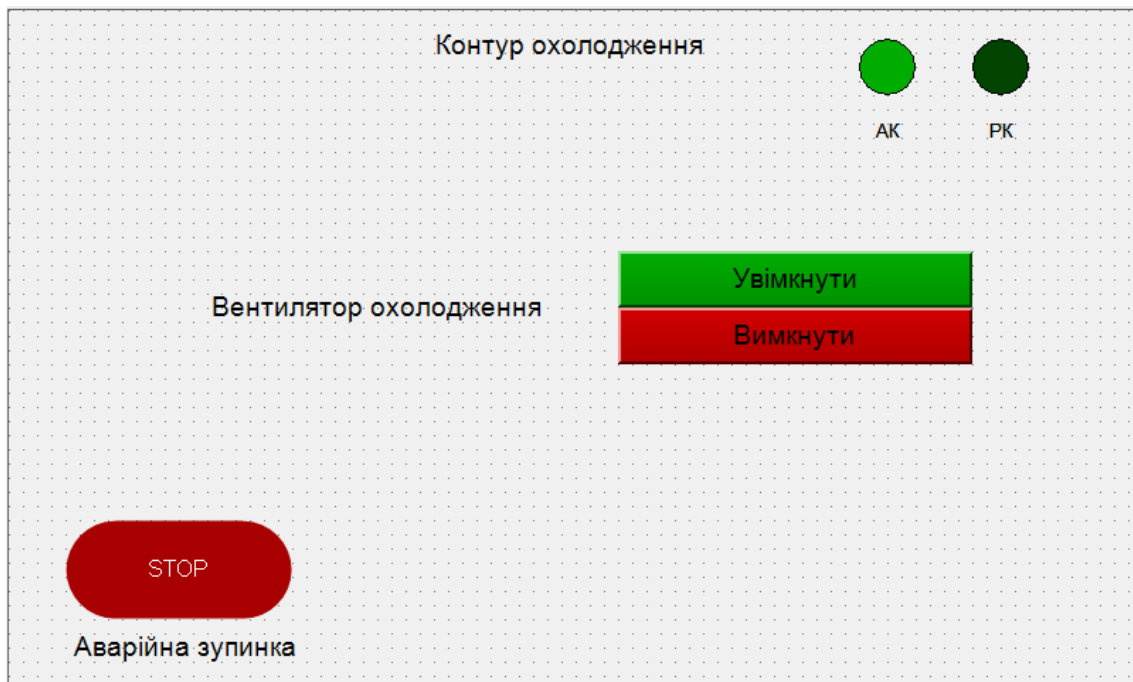


Рисунок 4.5 – Елементи ІО контур охолодження

На рисунку 4.6. відображається контур керування намоткою. Тут виведено значення з деяких датчиків, та органом керування кроковим двигуном.

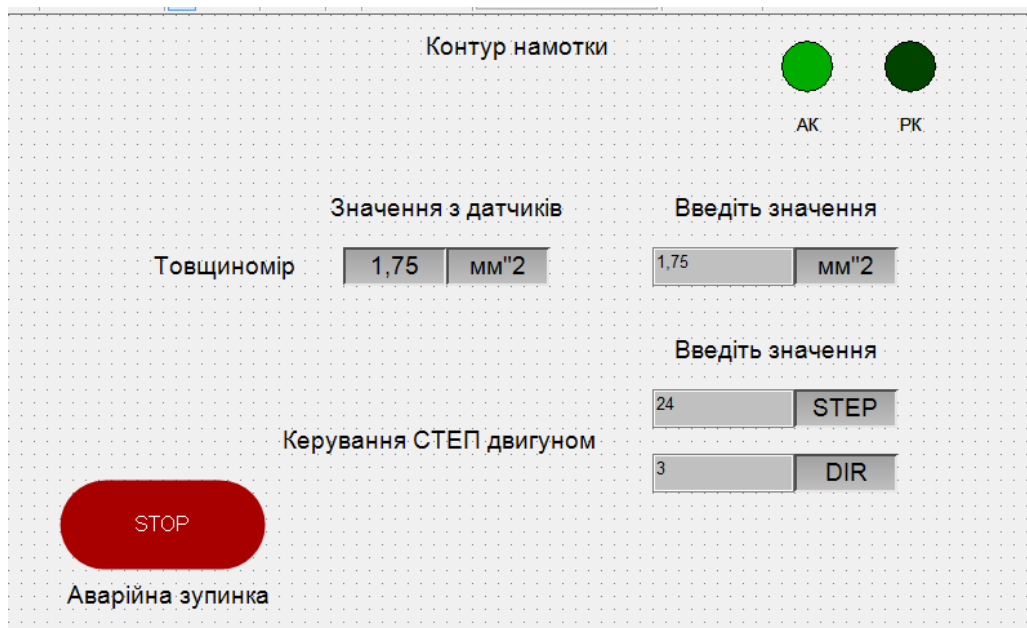


Рисунок 4.6 – Елементи ІО контур намотки

Змін.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

РОЗДІЛ 5. ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

5.1 Загальні поняття

Компанія Schneider Electric (SE) пропонує кілька програмних забезпечень для програмування та налаштування програмованих логічних контролерів (ПЛК) серії Modicon. Ось основні з них:

1. SoMachine - це інтегроване середовище розробки (IDE) для програмування контролерів Modicon серії M241, M251, M258, M262. Воно підтримує всі стандартні мови програмування ПЛК згідно зі стандартом MEK 61131-3, включаючи LD (Ladder Diagram), FBD (Function Block Diagram), SFC (Sequential Function Chart), ST (Structured Text) та IL (Instruction List). SoMachine також дозволяє налаштовувати комунікації, входи/виходи та інші параметри контролера.
2. Unity Pro - потужне середовище розробки для програмування великих контролерів Modicon, таких як серії M340, M580, Quantum та Premium. Воно підтримує всі стандартні мови програмування ПЛК, а також додаткові функції, такі як керування рухом, регулювання процесів, обробка даних тощо. Unity Pro також включає вбудовані інструменти для налагодження, симуляції та візуалізації процесів.
3. EcoStruxure Machine Expert - це нове інтегроване рішення від Schneider Electric для програмування, налаштування та діагностики різних типів пристроїв автоматизації, включаючи ПЛК Modicon, приводи руху, панелі оператора та інші компоненти. Воно забезпечує єдине середовище розробки для всіх етапів життєвого циклу машини.
4. SoMachine Motion - це додаток до SoMachine, який дозволяє програмувати та налаштовувати функції керування рухом для контролерів Modicon серії M241, M251 та M262. Він забезпечує високопродуктивне керування кроковими двигунами, серводвигунами та іншими приводами руху.

					СУ-01 6.151.01.ПЗ	Лист
Змін.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		45

Усі ці програмні забезпечення від Schneider Electric призначені для полегшення розробки, програмування, налаштування та діагностики систем автоматизації на базі контролерів Modicon. Вони дозволяють створювати, налагоджувати та завантажувати програми керування, візуалізувати процеси, а також налаштовувати комунікації та інші параметри контролерів.

Мови програмування для програмованих логічних контролерів (ПЛК) - це спеціалізовані мови, розроблені для створення та налаштування програм керування промисловими автоматизованими системами та обладнанням.

Міжнародний стандарт ІЕС 61131-3 визначає п'ять основних мов програмування ПЛК:

1. Лестничні діаграми (Ladder Diagram, LD) Це графічна мова програмування, яка використовує символи, схожі на реле та контактні схеми. Вона широко використовується завдяки своїй інтуїтивності та простоті для програмістів з електротехнічним досвідом.
2. Функціональні блокові діаграми (Function Block Diagram, FBD) Графічна мова, яка використовує функціональні блоки для представлення різних операцій та логічних функцій. Вона дозволяє візуалізувати потік даних та є зручною для складних обчислень та керування.
3. Мова послідовних функціональних схем (Sequential Function Chart, SFC) Графічна мова, яка використовується для програмування послідовних процесів та станів. Вона дозволяє візуалізувати послідовність дій та переходів між станами системи.
4. Структурований текст (Structured Text, ST) Текстова мова програмування, схожа на Pascal або C, яка використовується для створення більш складних програм із використанням структур даних, циклів та умовних конструкцій.
5. Список інструкцій (Instruction List, IL) Низькорівнева текстова мова програмування, схожа на асемблер, яка використовується для написання низькорівневого коду та оптимізації програм.

Крім цих стандартних мов програмування ПЛК, деякі виробники можуть надавати додаткові спеціалізовані мови або розширення для своїх контролерів.

Мови програмування ПЛК дозволяють розробникам створювати програми керування для автоматизованих систем, які потім завантажуються та виконуються на контролерах. Вибір конкретної мови залежить від типу завдання, складності програми, особистих переваг програміста та можливостей використовуваного контролера.

5.2 Розробка алгоритму роботи установки

Розробка детального алгоритму роботи установки з виробництва АБС філаменту вимагає врахування всіх етапів і процесів цього технологічного циклу.

Як алгоритм розглянемо наступні стадії виробництва:

1. Початок роботи

- Перевірка готовності всіх компонентів системи
- Завантаження сировини (гранул АБС) в бункер помолу

2. Процес екструзії

- Подача гранул АБС в зону завантаження екструдера
- Нагрів екструдера до робочої температури (близько 220-280°C)
- Обертання шнека для переміщення і плавлення гранул
- Формування розплавленої маси АБС та її екструзія через формуючу головку

3. Калібрування філаменту

- Вихід розплавленого АБС з формуючої головки у вигляді джгута
- Проходження джгута через калібрувальний отвір для надання круглого перерізу
- Охолодження сформованого філаменту повітрям.

4. Контроль якості

- Вимірювання діаметра філаменту лазерним мікрометром
- Порівняння діаметра з заданим номінальним значенням

					СУ-01 6.151.01.ПЗ	Лист
Змін.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		47

- Коригування параметрів екструзії або калібрування за необхідності

5. Намотування

- Подача охолодженого філаменту на приймальний барабан
- Обертання барабану для намотування філаменту в бухту
- Контроль кількості намотаного філаменту і зміна бухти при досягненні заданої маси

6. Моніторинг та управління

- Постійний моніторинг параметрів процесу та показників якості
- Оператор вручну або автоматично коригує налаштування при відхиленнях
- Запис даних процесу та генерація звітів

Алгоритм роботи також можна представити у вигляді блок-схеми представленої на рисунку 5.1. Для цього я використав онлайн ресурс Creately.

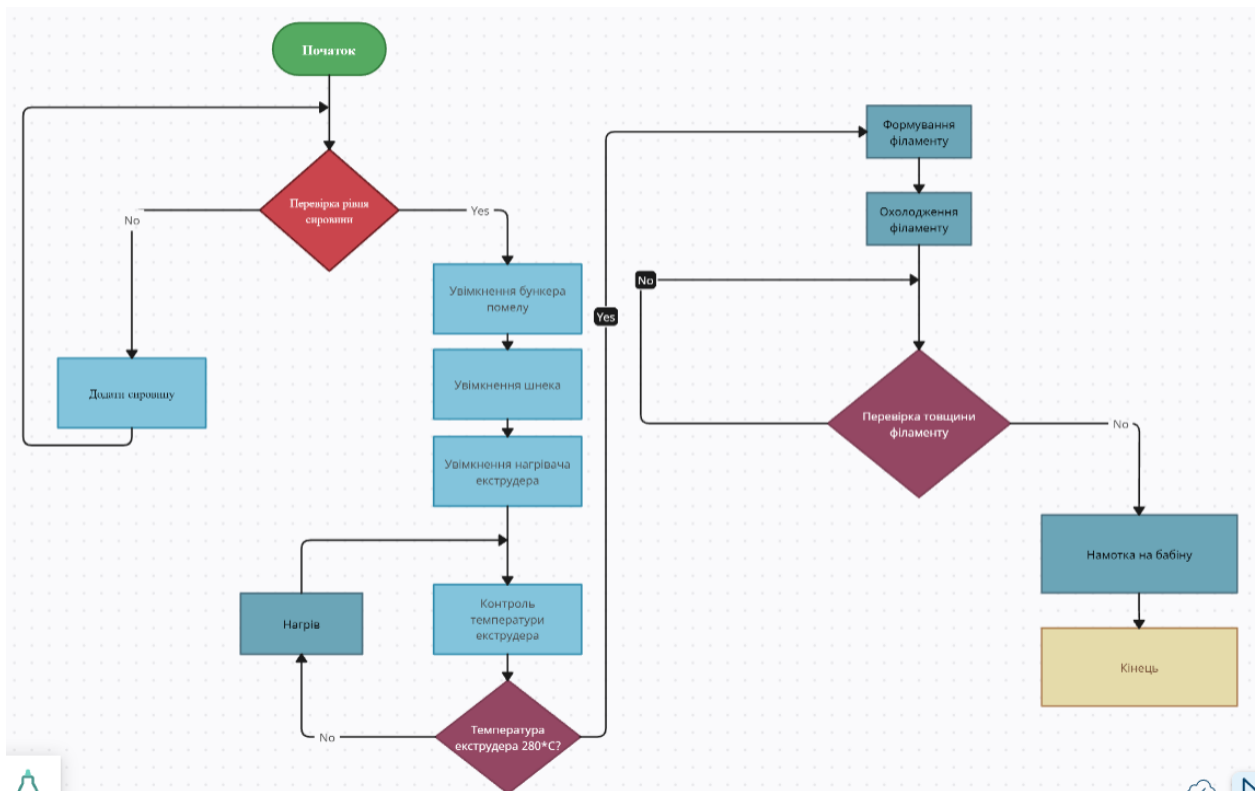


Рисунок 5.1 – Алгоритм керування автоматизованою установкою з виробництва філаменту

Змін.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

5.3 Розробка програми для ПЛК

Розробкою програми будемо займатися в SoMachine. Програма досить не проста в освоєнні та потребує вивчення. Після встановлення і налаштування середовища розробки може написати нашу програму для установки з виробництва філаменту.

Першочергово визначаємо змінні, які у нас будуть присутні у системі (рис. 5.2).

```
PROGRAM Extrusion_Control

VAR
    Temp_Ekstruder : INT; (* Температура екструдера *)
    Temp_Zadana : INT := 210; (* Задана температура екструдера *)
    Shnek_Speed : INT; (* Швидкість двигунів шнека *)
    Filament_Thickness : REAL; (* Товщина філаменту *)
    Namotka_Speed : INT; (* Швидкість намотки філаменту *)
    Cooling_Enabled : BOOL; (* Ввімкнення охолодження філаменту *)
    Bunker_Level : BOOL; (* Датчик рівня в бункері *)
    Narizka_Enabled : BOOL; (* Ввімкнення нарізки пластику *)
END_VAR
```

Рисунок 5.3 – Програма для бункера помолу

Після визначення змінних напишемо програму для керування бункером нарізки. Частина програми можна побачити на рисунку 5.3.

```
(* Керування нарізкою пластику в бункері *)
IF NOT Bunker_Level THEN
    Narizka_Enabled := TRUE; (* Ввімкнути нарізку пластику *)
ELSE
    Narizka_Enabled := FALSE; (* Вимкнути нарізку пластику *)
END_IF;
Narizka_Output := Narizka_Enabled;
```

Рисунок 5.3 – Програма для бункера помолу

Далі, коли пластик було подрібнено, він доставляється до завантажувального бункеру і шнеком направляється до сопла екструдера. На рисунку 5.4 зображено програму для екструдера.

```
(* Керування швидкістю двигунів шнека *)
Shnek_Speed := 100; (* Базова швидкість шнека *)
IF Filament_Thickness > 1.8 THEN
    Shnek_Speed := Shnek_Speed - 20; (* Зменшити швидкість для більшої товщини *)
ELSIF Filament_Thickness < 1.6 THEN
    Shnek_Speed := Shnek_Speed + 20; (* Збільшити швидкість для меншої товщини *)
END_IF;
Motor1_Speed := Shnek_Speed;
Motor2_Speed := Shnek_Speed;
```

Рисунок 5.4 – Програма для керування обертами шнека

Також постає необхідність керувати температурою нагрівача, тож пишемо відповідну програму, яка зображена на рисунку 5.5.

```
(* Керування нагрівачем екструдера *)
IF Temp_Ekstruder < Temp_Zadana - 5 THEN
    Nagriv_Output := TRUE; (* Ввімкнути нагрівач *)
ELSIF Temp_Ekstruder > Temp_Zadana + 5 THEN
    Nagriv_Output := FALSE; (* Вимкнути нагрівач *)
END_IF;
```

Рисунок 5.5 – Програма для керування нагрівачем

А також пишемо програму для охолодження філаменту та намотки його на бабіну (рис.5.6 та 5.7 відповідно).

```

(* Керування охолодженням філаменту *)
IF Temp_Ekstruder > Temp_Zadana + 10 THEN
    Cooling_Enabled := TRUE; (* Ввімкнути охолодження філаменту *)
ELSE
    Cooling_Enabled := FALSE; (* Вимкнути охолодження філаменту *)
END_IF;
Cooling_Output := Cooling_Enabled;

```

Рисунок 5.6 – Програма для охолодження філаменту

```

(* Керування намоткою філаменту *)
IF Filament_Thickness > 1.7 THEN
    Namotka_Speed := 1000; (* Вища швидкість для більшої товщини *)
ELSE
    Namotka_Speed := 800; (* Нижча швидкість для меншої товщини *)
END_IF;
Namotka_Output := Namotka_Speed;

```

Рисунок 5.7 – Програма намотки філаменту

Ця програма працює наступним чином:

Керування нагрівачем екструдера: Порівнює поточну температуру екструдера (Temp_Ekstruder) з заданою температурою (Temp_Zadana) і вмикає або вимикає нагрівач відповідно до відхилення в діапазоні $\pm 5^{\circ}\text{C}$.

Керування швидкістю двигунів шнека: Встановлює базову швидкість шнека на 100, а потім збільшує або зменшує її залежно від товщини філаменту (Filament_Thickness). Більша товщина призводить до зменшення швидкості, а менша товщина - до збільшення швидкості.

Керування охолодженням філаменту: Вмикає охолодження філаменту (Cooling_Output), якщо температура екструдера перевищує задану температуру на 10°C або більше.

					СУ-01 6.151.01.ПЗ	Лист
						51
Змін.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Керування намоткою філаменту: Встановлює швидкість намотки (Namotka_Output) на 1000, якщо товщина філаменту перевищує 1.7 мм, і на 800 для менших товщин.

Bunker_Level: Змінна типу BOOL, яка представляє стан давача рівня в бункері. TRUE означає, що рівень пластику в бункері достатній, а FALSE - що потрібна нарізка.

Narizka_Enabled: Змінна типу BOOL, яка керує ввімкненням або вимкненням нарізки пластику в бункері.

Narizka_Output: Вихідний сигнал для керування пристроєм нарізки пластику.

Якщо давач рівня (Bunker_Level) FALSE, що означає низький рівень пластику в бункері, то змінна Narizka_Enabled встановлюється на TRUE, що ввімкне нарізку пластику (Narizka_Output).

Якщо давач рівня TRUE, що означає достатній рівень пластику в бункері, то змінна Narizka_Enabled встановлюється на FALSE, що вимкне нарізку пластику.

					СУ-01 6.151.01.ПЗ	Лист
						52
Змін.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 6. ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ

6.1 Витрати на автоматизовану систему

Зниження собівартості продукції. Автоматизація дозволяє скоротити витрати на оплату праці, зменшити брак та підвищити ефективність використання сировини. Це призводить до суттєвого зниження собівартості кінцевого продукту.

Автоматизовані системи здатні працювати цілодобово з мінімальними перервами, що дозволяє значно підвищити продуктивність порівняно з ручною працею. Збільшення обсягів виробництва дає можливість задовольнити зростаючий попит на ринку 3Д друку.

Автоматизовані процеси забезпечують високу точність дозування компонентів та підтримання оптимальних параметрів на всіх етапах виробництва. Це гарантує стабільно високу якість кінцевого продукту, що є критично важливим для 3Д друку.

Капітальні витрати на автоматизацію виробництва можуть бути значними, але вони швидко окупаються за рахунок зниження операційних витрат та збільшення обсягів продажів. Чим більший масштаб виробництва, тим більша економія досягається в розрахунку на одиницю продукції.

Завдяки автоматизації виробник ABS пластику може запропонувати своїм клієнтам продукцію вищої якості за нижчою ціною. Це зміцнює позиції компанії на ринку та дозволяє успішно конкурувати як з локальними, так і з іноземними виробниками.

Інвестиції в автоматизацію створюють технологічний фундамент, на основі якого можна розвивати нові продукти, опановувати суміжні ринки, впроваджувати інновації. Це відкриває широкі перспективи для майбутнього зростання компанії.

Постає питання у підрахунку кількості витрат на автоматизовану систему виробництва ABS пластику. Для цього пропоную створити таблицю, де буде

					СУ-01 6.151.01.ПЗ	Лист
Змін.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		53

вказано найменування усіх елементів автоматизації та їх ціну актуальну на червень 2024 рік.

Таблиця 6.1 – Актуальні ціни на ТЗА

№	Найменування технічних засобів автоматизації	Кількість, шт	Ціна, грн
1	Контролер TM172PBG18R	1	14300
2	Сенсорний дисплей TM172DCLWT	1	9400
3	SE Compact NSX160N TM160D	1	9600
4	Реле TRS 24-230VUC 1CO	2	3000
5	Ультразвуковий датчик рівня MICROFLEX-C	1	12000
6	Енкодер Hubner серії 58	1	6600
7	ТВНТ фірми BEStech	2	6 660
8	Лазерний мікрометр Micro-Epsilon LS05 LD	1	30000
9	Однофазний двигун AIR 132M4	1	10360
10	Однофазний двигун AIR 80B4	2	11100
11	Nema 23 Wantai 57HS22 з драйвером TB6600	1	4 440
12	ТЕНа (нагрівальний елемент)	1	1 665
13	Кабель OLFLEX 110 3x1.5	30 м.	4 218
13	Кабель OLFLEX 110 10x0.5	50 м.	12025
14	Корпус монтажний 400x600x200 мм	1	1500
15	Шнек 2 м/п D = 100 mm	1	5000
16	Труба 2 м/п D = 102 mm	1	800
17	Лопаті для охолодження	2	1000
18	Блок живлення PRO ECO 240W 24V	1	3000
19	Оренда приміщення / місяць	1	8000
20	Витрати на електроенергію та воду / місяць	1	3000
21	ЗП працівникам / місяць	2	20000

Усього:		188668
---------	--	--------

6.2 Прибуток автоматизованої системи

Використання автоматизованих систем та впровадження вторинної переробки АБС пластику може принести низку економічних та екологічних переваг, що робить його прибутковим рішенням. Ось деякі ключові аргументи:

Економічні переваги:

Використання переробленого АБС пластику замість сировини значно знизить витрати на виробництво. Це може призвести до більш низьких цін на кінцеву продукцію та підвищення конкурентоспроможності.

Переробка АБС пластику потребує значно менше енергії, ніж виробництво нового пластику з сировини. Це призведе до зниження витрат на електроенергію та інших ресурсів.

Завдяки зниженню витрат на сировину та енергію, а також можливості виробляти продукцію з переробленого пластику за нижчою ціною, маржа прибутку значно зростає.

Автоматизація та вторинна переробка пластику потребують мінімальної кількості фахівців.

Екологічні переваги:

Вторинна переробка АБС пластику значно зменшує потребу у видобутку нафти та газу, необхідних для виробництва нового пластику. Це призведе до зниження викидів парникових газів та інших забруднюючих речовин.

Використання переробленого пластику замість нового економить природні ресурси, такі як нафта, газ та вода.

Вторинна переробка пластику зменшує кількість пластикових відходів, які потрапляють на звалища або в навколишнє середовище.

Автоматизація та вторинна переробка АБС пластику є економічно та екологічно вигідним рішенням. Це дозволяє знизити витрати на виробництво, зберегти природні ресурси та зменшити забруднення навколишнього середовища.

					СУ-01 6.151.01.ПЗ	Лист
Змін.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		55

Якщо враховувати, що в якості сировини, з якої виготовлятиметься філамент, можна використовувати як гранульований АБС так і обрізки непотрібного АБС пластику з якого – небусть підприємства. На сьогоднішній день філамент із АБС пластику дуже потрібний, ним користуються досить багато володарів 3Д принтерів. Ним зараз друкують різноманітні деталі для дронів, механізмів, та інших важливих виробів.

Проаналізувавши ринок, скільки коштує АБС філамент, робимо відповідну таблицю 6.2.

Таблиця 6.2 – Аргументування доходу

№	Найменування	Ціна/кг
1	Gembird	612
2	Hyper ABS	800
3	eSUN	690
4	Plexiwire	570
5	ABS пластик власного виробництва	650

При умові продажу по 100 кг пластику в місяць, отримуємо суму 65000 грн. На рік виходить сума 780000 грн. З них необхідно віддати кошти на ЗП працівників, сировину, оренду приміщення та виплату комунальних платежів. Якщо підрахувати усі місячні витрати, це виходить приблизно 504000 грн на рік. Прибуток від продажу за рік – витрати на рік = чистий прибуток / рік, тобто $780000 - 504000 = 276000$ грн. Тобто термін окупності десь приблизно 8 місяців при моїх умовах.

Таким чином, незважаючи на початкові капітальні витрати, автоматизація виробництва АБС пластику є стратегічно правильним рішенням, що забезпечує стійкі конкурентні переваги та закладає основу для довгострокового розвитку бізнесу в індустрії 3Д друку.

ВИСНОВОК

У дипломному проєкті було здійснено огляд системи автоматизації з виробництва ABS пластику для 3Д принтера, а саме:

Розглянуто основні поняття, призначення та види пластику, показано основні блоки, з яких складається установка, та проаналізовано процеси, які в ній відбуваються, а також відображено характеристики системи, умови її експлуатації та вимоги до робітників.

Було розроблено схему інформаційно-матеріальних потоків, структурну схему. Сформовано ряд функціональних задач автоматизації та відповідно систему поділено було на декілька контурів керування. Розглянуто кожен контур окремо. Розроблено таблиці вхідних-вихідних сигналів.

Було розроблено таблицю кількості задіяних каналів, що допомогло правильно виконати підбір ТЗА, в тому числі контролер, давачі і виконавчі механізми.

Було розглянуто основні поняття про ІО. Розроблено інтерфейс оператора автоматизованої лінії з виробництва філаменту з АБС пластику за допомогою програми PromoticSCADA.

Розроблена електрично-принципова схема в середовищі EPLAN.

Розглянуто типи і види програмного забезпечення для програмування контролера. Було обрано онлайн ресурс для побудови алгоритму у вигляді блок-схеми, а також застосували SoMachine для написання текстової програми для ПЛК.

					СУ-01 6.151.01.ПЗ	Лист
Змін.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		57

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Джон В. Крам. Композитні матеріали. Том 1: Полімерні матричні композити. Видавництво "Академія", 2015.
2. Р. Дж. Крофорд. Технологія пластичних мас. Видавництво "Професія", 2018.
3. В. К. Крістіа. Принципи формування виробів із полімерних матеріалів. Видавництво "Хіммаш", 2020.
4. Сміт П., Джонс Р. "Розробка нового методу екструзії для виробництва АБС пластику". Журнал полімерних досліджень, 2019, том 27, № 5, с. 125-139.
5. Ін'ян Ч., Лі Дж. "Оптимізація параметрів 3D друку з АБС пластику". Міжнародний журнал передових виробничих технологій, 2022, том 38, № 1-2, с. 45-61.
6. "Automated Manufacturing Process of ABS Filament for 3D Printing" by S. Panda et al. (2020). This paper discusses the automated production process of ABS filament for 3D printing, including the extrusion, cooling, and winding processes.
7. "Automation in the Manufacturing of 3D Printing Filaments: A Review" by M. V. Ramesh et al. (2021). This review paper covers various aspects of automation in the manufacturing of 3D printing filaments, including ABS filaments.
8. "Design and Implementation of an Automated ABS Filament Production Line for 3D Printing" by M. A. Hossain et al. (2019). This paper describes the design and implementation of an automated production line for ABS filaments for 3D printing.
9. "Optimization of ABS Filament Extrusion Process for 3D Printing" by A. Mandal et al. (2021). This study focuses on optimizing the extrusion process parameters for ABS filament production for 3D printing.
10. "Automated Quality Control System for ABS Filament Production" by D. Lee et al. (2020). This paper discusses the development of an automated quality control

					СУ-01 6.151.01.ПЗ	Лист
Змін.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		58

system for ABS filament production, including monitoring and adjusting process parameters.

11. "Industry 4.0 and the Future of ABS Filament Manufacturing" by J. Smith et al. (2022). This article explores the potential impact of Industry 4.0 technologies on the automation and optimization of ABS filament manufacturing.
12. "Sustainable Automation Practices in ABS Filament Production" by K. Green et al. (2021). This paper examines sustainable automation practices and strategies in the production of ABS filaments for 3D printing.
13. "Intelligent Control Systems for ABS Filament Extrusion" by P. Chen et al. (2019). This study focuses on the development and implementation of intelligent control systems for the extrusion process of ABS filaments.

					СУ-01 6.151.01.ПЗ	<i>Лист</i>
<i>Змін.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		59

