

**Міністерство освіти і науки України**  
**Луцький національний технічний університет**  
**Факультет робототехніки та штучного інтелекту**  
**Кафедра автоматизації та безпілотних систем**

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**  
**ЗА СТУПЕНЕМ ВИЩОЇ ОСВІТИ «БАКАЛАВР»**

**АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА КЕРУВАННЯ ПРОЦЕСОМ**  
**ЛИТТЯ ЕЛЕМЕНТІВ ЗАХИСТУ БОРТОВИХ МЕРЕЖ**  
**ШЛЯХОМ ПІНОУТВОРЕННЯ**

**AUTOMATED CONTROL SYSTEM FOR THE MOLDING**  
**PROCESS OF ON-BOARD NETWORK PROTECTION**  
**ELEMENTS BY FOAMING**

спеціальність 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології  
(шифр і назва спеціальності)

освітня програма «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»  
(назва освітньої програми)

Виконав: здобувач вищої освіти  
групи АВ-41  
**Шепталов Сергій Романович**

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Керівник:  
К.т.н., доцент  
Маркіна Людмила Миколаївна

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Кваліфікаційну роботу  
допущено до захисту  
«  » \_\_\_\_\_ 2026 р.  
К.т.н., доцент  
Гарант освітньої програми:  
Решетило О.М.

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Луцьк – 2026 року

# ЛУЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет комп'ютерних та інформаційних технологій

Кафедра автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологій

Ступінь вищої освіти: бакалавр

Галузь знань: 15 Автоматизація та приладобудування

Спеціальність: 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

Освітня програма: «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_ О. Ю. Повстяной

« \_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2025 р.

## ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧУ ВИЩОЇ ОСВІТИ

\_\_\_\_\_ Шепталова Серія Романовича

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи \_\_\_\_\_ Автоматизована система керування процесом лиття елементів захисту бортових мереж шляхом піноутворення

керівник роботи \_\_\_\_\_ Маркіна Людмила Миколаївна, к.т.н., доцент

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затвержені наказом вищого навчального закладу від " 31 " 12 2025 року N 307/01-04

2. Строк подання студентом роботи \_\_\_\_\_ 1.06.2026 р.

3. Вихідні дані до роботи \_\_\_\_\_ технологічний процес виготовлення бортових мереж

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Аналіз об'єкта керування, Обґрунтування ФСА, Обґрунтування ТЗА, Обґрунтування та опис принципових електричних схем, Програмне забезпечення системи автоматизації, Проектний розрахунок надійності АСКТП. Техніко-економічне обґрунтування

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

Функціональна схема, Схема з'єднань модулів контролера, Блок-схема алгоритму роботи контролера, \_\_\_\_\_ Програма \_\_\_\_\_ роботи контролера

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
<i>Розділ 1</i>	<i>Маркіна Л.М.</i>		
<i>Розділ 2</i>	<i>Маркіна Л.М.</i>		
<i>Розділ 3</i>	<i>Маркіна Л.М.</i>		
<i>Розділ 4</i>	<i>Маркіна Л.М.</i>		
<i>Розділ 5</i>	<i>Маркіна Л.М.</i>		
<i>Розділ 6</i>	<i>Гуменюк Л.О.</i>		
<i>Розділ 7</i>	<i>Маркіна Л.М.</i>		
<i>Нормоконтроль</i>	<i>Лапченко Ю. С.</i>		
<i>Показник запозичень тексту</i>	6,17%		
<i>Академічна доброчесність</i>	<i>Лапченко Ю. С.</i>		

7. Дата видачі завдання 31.12.2025 р.

**КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН**

N з/п	Назва етапів випускної кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів випускної кваліфікаційної роботи	Примітка
1	<i>Аналіз об'єкта керування</i>	<i>18.02.2026 р.</i>	
2	<i>Обґрунтування вибору функціональної схеми</i>	<i>10.03.2026 р.</i>	
3	<i>Обґрунтування вибору ТЗА</i>	<i>26.03.2026 р.</i>	
4	<i>Обґрунтування і опис принципових електричних схем</i>	<i>7.04.2026 р.</i>	
5	<i>Програмне забезпечення систем автоматизації</i>	<i>17.04.2026 р.</i>	
6	<i>Розрахункова частина</i>	<i>20.05.2026 р.</i>	
7	<i>Техніко-економічне обґрунтування</i>	<i>27.05.2026 р.</i>	
8	<i>Оформлення роботи</i>	<i>1.06.2026 р.</i>	

Здобувач вищої освіти \_\_\_\_\_  
(підпис)

Керівник роботи \_\_\_\_\_  
(підпис)

Шепталов С.Р.  
(прізвище та ініціали)

Маркіна Л.М.  
(прізвище та ініціали)

## АНОТАЦІЯ

Шепталов С.Р. Автоматизована система керування процесом лиття елементів захисту бортових мереж шляхом піноутворення. Рукопис.

Кваліфікаційна робота бакалавра ОП «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології». Луцький національний технічний університет. Луцьк, 2026.

Кваліфікаційна робота бакалавра складається зі вступу, семи розділів, висновків і пропозицій, списку використаних джерел та додатків.

Метою роботи є модернізація автоматизованої системи керування процесом лиття елементів захисту бортових мереж шляхом піноутворення, що передбачає контроль та регулювання технічних параметрів у режимі реального часу для підтримки безперебійного зворотнього зв'язку, запрограмований контролер для опрацювання вхідних даних та оперування вихідними сигналами керування, сигналізацію для сигналізації відхилень від заданих параметрів та оперативного реагування.

Практична цінність полягає у розробці функціональної схеми автоматизації устаткування, технологічного процесу лиття елементів захисту та підбору сучасних засобів автоматизації.

Проведено дослідження процесу лиття елементів захисту, технічних параметрів та елементів управління включно з логікою опрацювання процесів.

Ключові слова: автоматизована система, керування, технологічний процес, контролер, система керування, поліол, ізоціанат, технічні засоби автоматизації.

Обсяг пояснювальної записки становить 47 друкованих сторінок формату А4.

Ключові слова: ADAM-4000, процес лиття елементів захисту, піноутворення, поліол, ізоціанат, програмування, функціональна схема.

					АтаБС-012.00.00.00.000 ПЗ			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		Шепталов С.Р.			<i>Автоматизована система керування процесом лиття елементів захисту бортових мереж шляхом піноутворення</i>	<i>Лім.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Акрушів</i>
<i>Перевір.</i>		Маркіна Л.М.					4	47
<i>Реценз.</i>		Гальчук Т.Н.				ЛНТУ, гр. АВ-41		
<i>Н. Контр.</i>		Лапченко Ю.С.						
<i>Затверд.</i>		Гуменюк Л.О.						

## ABSTRACTS

Sheptalov S. Automated control system for the molding process of on-board network protection elements by foaming.

Bachelor's Qualification Work in the Program "Automation and Computer-Integrated Technologies."

Lutsk National Technical University, Lutsk, 2026.

The bachelor's qualification work consists of an introduction, seven chapters, conclusions and recommendations, a list of references, and appendices.

The aim of this work is the modernization of the automated control system for the molding process of on-board network protection elements by foaming, which involves monitoring and regulating technical parameters in real-time to maintain uninterrupted feedback, programming the controller to process input data and manage output control signals, and implementing signaling to indicate deviations from set parameters and ensure prompt response.

The practical significance lies in the development of a functional schematic for automation of the equipment and the technological process of casting protection elements, as well as the selection of modern automation tools.

The research investigates the casting process of protection elements, technical parameters, and control elements, including process logic operation.

Keywords: automated system, control, technological process, controller, control system, polyol, isocyanate, technical automation means.

The explanatory note comprises 47 printed pages in A4 format.

Additional Keywords: ADAM-4000, casting process of protection elements, foaming, polyol, isocyanate, programming, functional scheme.

					АтаБС-012.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						5
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

## ЗМІСТ

ВСТУП .....	7
РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ ОБ'ЄКТА КЕРУВАННЯ.....	9
1.1 Опис та аналіз об'єкта керування .....	9
1.2 Перелік задач контролю та керування процесом .....	14
1.3 Критичний аналіз системи автоматизації .....	16
РОЗДІЛ 2 ОБГРУНТУВАННЯ ВИБОРУ ФУНКЦІОНАЛЬНОЇ СХЕМИ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ.....	17
РОЗДІЛ 3 ОБГРУНТУВАННЯ ВИБОРУ ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ АВТОМАТИЗАЦІЇ.....	19
3.1 Вибір давачів.....	19
3.1.1 Датчик температури PT-100.....	19
3.1.2 Датчик граничного рівня Endress+Hauser Liquiphant FTL20.....	19
3.1.3 Датчик тиску Endress+Hauser Ceraphant PTC31.....	19
3.2 Вибір виконавчих пристроїв .....	20
3.2.1 Електромагнітний клапан FLUSO SV-15 N.C.....	20
3.2.2 Проміжне реле MY4 (DC 12V) 4NO+NC.....	20
3.2.3 Перетворювач частоти OBERON 320 0,75кВт 380В.....	20
3.3 Вибір пристроїв управління .....	20
3.4 Вибір джерел живлення .....	22
РОЗДІЛ 4 ОБГРУНТУВАННЯ І ОПИС ПРИНЦИПОВО ЕЛЕКТРИЧНИХ СХЕМ .....	24
РОЗДІЛ 5 ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СИСТЕМИ АВТОМАТИЗАЦІЇ....	28
5.1 Розробка алгоритму функціонування системи управління.....	28
5.2 Розробка програмного забезпечення .....	31
РОЗДІЛ 6 ПРОЕКТНИЙ РОЗРАХУНОК НАДІЙНОСТІ АСКТП .....	38
РОЗДІЛ 7 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ АВТОМАТИЗАЦІЇ	41
ВИСНОВКИ.....	44
ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	46
ДОДАТКИ.....	<b>Помилка! Закладку не визначено.</b>

					АтаБС-012.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		6

## ВСТУП

Сучасні міжнародні стандарти та вимоги до якості та надійності виготовлених бортових мереж транспортних засобів вимагають впровадження сучасних систем виробництва та контролю в усіх етапах технологічних процесів. Разом з тим особлива увага приділяється автоматизації процесів, що забезпечує точність регулювання параметрів, стабільність температури робочого середовища та речовини, а також зменшити людський фактор при виробництві.

Автоматизована система керування процесом лиття елементів захисту бортових мереж шляхом піноутворення забезпечує надійний контроль та регулювання технологічних параметрів, а саме: температури, тиску, витрати та пропорції подачі речовини. Завдяки цій системі підвищується якість виробу, зменшуються надлишкові витрати матеріалу, мінімізує ризик виникнення аварійних ситуацій та відкриває доступ до поглиблення автоматизації процесу.

Метою даної роботи є модернізація автоматизованої системи керування процесом лиття елементів захисту бортових мереж шляхом піноутворення, що включає аналіз об'єкта керування, вибір технічних засобів автоматизації, розробку функціональної, принципової електричної схеми, блок схеми алгоритму роботи та програму контролера. Разом з тим виконано техніко-економічне обґрунтування модернізації системи.

Об'єктом дослідження є технологічний процес виробництва бортових мереж, а саме етап лиття елементів захисту, що включає в себе дозування, змішування, нагрівання та подачу елементів, що підлягають контролю та регулюванню автоматизованою системою з метою забезпечення відповідних параметрів, підвищення ефективності виробництва та якості виробу.

Предметом дослідження є технологічний процес виробництва бортових мереж.

Методи дослідження: структурно-функціональний метод, аналіз технологічних процесів та системний підхід.

					АтаБС-012.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						7
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Практична новизна полягає у модернізації сучасної автоматизованої системи керування процесом лиття елементів захисту бортових мереж на базі модульних контролерів серії ADAM-4000, що забезпечують швидку передачу сигналу, гнучкість у використанні та можливість подальшої модернізації з впровадженням додаткових елементів.

У процесі виконання роботи потрібно виконати поставлені задачі:

- виконати аналіз об'єкту дослідження;
- виконати розробку функціональної схеми автоматизації;
- виконати підбір технічних засобів автоматизації;
- виконати розробку схеми електричної;
- виконати розробку блок схеми та програми контролера;
- виконати проектний розрахунок надійності АСКТП;
- виконати розрахунок витрат для модернізації автоматизованої

системи керування процесу лиття елементів захисту бортових мереж шляхом піноутворення.

					АтаБС-012.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						8
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

# РОЗДІЛ 1

## АНАЛІЗ ОБ'ЄКТА КЕРУВАННЯ

### 1.1 Опис та аналіз об'єкта керування

Галузі виробництва автомобільних бортових мереж справедливо відносять до однієї з найперспективніших та найбільш технологічних галузей виробництва у світі. Вироби компанії «Кромберг енд Шуберт Україна Лу» монтується на заводах світових брендів як BMW та VW по всьому світу. Від Африки до Азії, від Мексики до Китаю, тому постійно потребує вдосконалення процесів виробництва.

Виробництво бортових мереж є складовою частиною виробництва автомобіля. Саме ця частина робить з купи металу, пластику та матеріалів оздоблення – автомобіль який витримує найсуворіші випробування та заслужено посідає сегмент преміум класу.

Технологічний процес виготовлення бортових мереж складається з сукупності технологічних операцій та розміщується на великій кількості робочих місць з детально описаною послідовністю дій. Технологічні операції можуть виконуватись як у ручному режимі, механізованому так і автоматизованому, що дозволяє виконувати операції різного рівня складності з достатньою точністю та відповідністю до вимог клієнта.

Нижче, ми розглянемо технологічні процеси у послідовності їхнього виконання та розкриємо суть процесу, що являє інтерес для покращення та вдосконалення автоматизованої системи керування процесом виливки елементів захисту бортових мереж шляхом піноутворення.

Разом з тим розглянемо функціонал автоматизованої системи, що виконує цю операцію та протягом нашого дослідження визначимо ділянки, що потребують вдосконалення або ж переробки з відповідною аргументацією необхідних змін та рішень (рис. 1.1).

					АтаБС-012.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						9
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

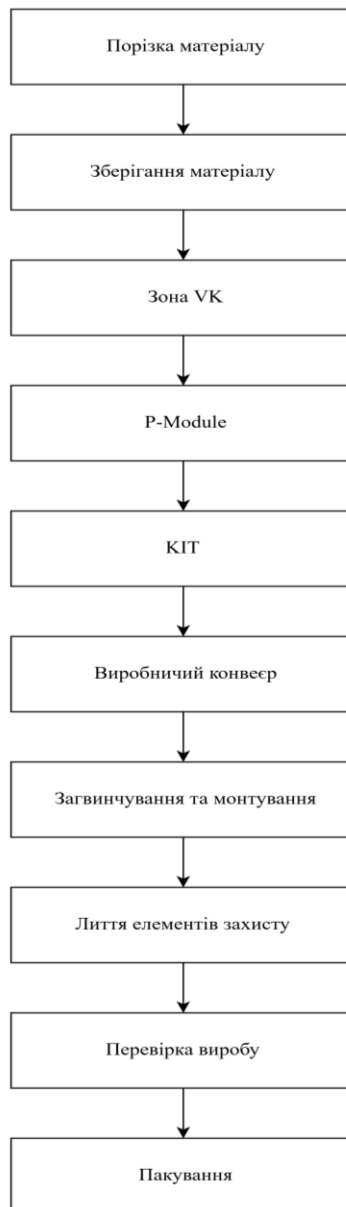


Рисунок 1.1 – Стадії технологічного процесу виробництва бортових мереж

Відповідно до наведеної інформації, розберемо виробничі процеси у відповідній послідовності.

Першим етапом виготовлення є порізка матеріалу у зоні «Шнайдерай» на автоматизованих машинах Комах, що виконують порізку, контактування, абізоляцію, скручування (2-3 проводів), оснащення втулкою та автоматичний контроль якості.

Другим етапом є зберігання порізаного матеріалу, зона «Pagoda», де розвішують пучки проводів на гачках за принципом «Fifo» перший прийшов –

					АтаБС-012.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						10
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

перший пішов. Тут матеріал знаходиться у так званій буферній зоні, де його розподіляють на різні напрями. Серед можливих напрямів є: VK, P-module та відправка на інший філіал заводу. Розглянемо, що ж таке зона VK.

Третім етапом виробництва є зона VK, де виконуються спеціальні операції виробництва, що не можуть бути виконані безпосередньо на лінії.

До прикладу: клемування та цинкування проводів, протягування проводів через шланг у випадках коли контактування має бути виконане механічно, виконання більшості паралельних з'єднань та інші операції, що є недоцільними для виконання на конвеєрі.

Четвертим етапом є P-Module – це зона де безпосередньо виготовляються модулі бортових мереж, що відповідають за конкретні функції автомобіля або які також недоцільно виготовляти на лінії.

Ці модулі можуть складатися як з двох проводів так і з цілого джгута елементів, в залежності від будови. Після опрацювання цих модулів, вони складаються на складі комплектування «KIT».

П'ятим етапом є зона комплектування замовлення, що має назву «KIT».

На заводі розрізняються поняття KSK та Non-KSK. У нашому розумінні це можна трактувати як: виріб зі специфічним набором функції під замовлення клієнта та виріб з стандартним переліком функції.

Для їхнього вирізнення уявімо ситуацію, що ми заходимо в автосалон і обираємо собі автомобіль. Обравши його ми обираємо комплектацію. Хтось хоче підігрів руля, додати люк чи запуск без ключа, а хтось вибирає щось інше.

Узагальнивши всі результати виборів клієнтів, виділяються такі комбінації які користуються попитом найбільше і їх виготовляють наперед. Якщо зустрічається комбінація відмінна від очікуваної то це вважається за KSK і потребує більшого очікування ніж зазвичай.

Шостим етапом є виробнича стрічка. На цьому етапі лінія отримує сировину у вигляді набору модулів та базису виробу.

					АтаБС-012.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						11
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Виріб по-етапно опрацьовується, розкладаючись по дошці, проходячи операції обмотки, зварки та розкладки та на фінальному етапі проходить візуальну перевірку і поміщується у возик для транспортування.

Сьомим етапом є загвинчування та монтування кабельних каналів. На виріб монтуються кабельні канали у які розміщують певні частини бортової мережі з метою її захисту та легкості ремонту окремих її зварних з'єднань на станціях обслуговування.

Також на спеціальній установці загвинчуються гайки які закріплюють додаткові елементи та запобігають самовільному відкриванню кабельного каналу. При цьому реєструється сила загвинчування конкретної гайки, кут загвинчування та положення інструмента.

Етап виливки елементів захисту виконується на установці PSM 90, що відповідає за дозування, змішування під високим тиском та виливки у вигляді готового продукту поліуретну та буде детальніше розглянутий у наступному пункті.

Для виконання цього технологічного процесу використовуються хімічні речовини поліол та ізоціанату, що при взаємодії вступають у хімічну реакцію в результаті якої утворюється захисний елемент достатньої твердості та пористості для експлуатації.

Передостанній етап виробництва, перевірка виробу, виконується на столах перевірки під назвою «ЕРТ» за допомогою пневмо– та електроперевірки розгалужень бортових мереж на провідність, герметичність та наявність.

Обладнана локальним пунктом управління оператора за допомогою якою визначають тип виробу та реєструють виявлені помилки.

Останній етап виготовлення виробу який полягає у пакуванні виробу відповідно до вимог клієнта у визначеному порядку.

Сукупність цих технологічних операцій із залученням сучасних автоматизованих та механічних систем забезпечують безперебійне та ефективне виробництво бортових мереж з визначеними параметрами.

					АтаБС-012.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						12
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

У відповідності до теми нашої кваліфікаційної роботи, розглянемо детальніше етап виготовлення елементів захисту.

Процес виливки елементів захисту являє собою сукупність технологічних операцій машини, що проводяться з точним дозування, підтримкою сталої температури для кожної з речовин та тиском (рис. 1.2).

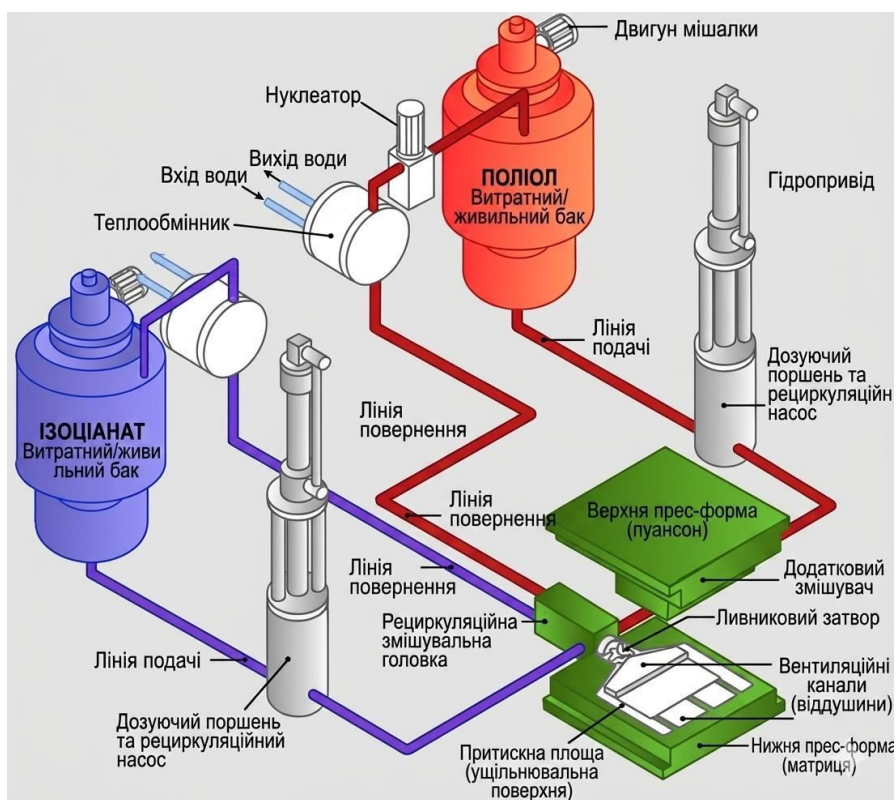


Рисунок 1.2 – Умовна схема функціонування машини

Перш за все, речовину у вигляді поліолу, що знаходиться у бочці приєднують до нашої системи через ручний кран, та подають через зворотній клапан до резервуару високого тиску. У цьому резервуарі підтримується тиск 1-2,5 бар, нагрівається речовина до 55 °С та переміщується зі швидкістю двигуна 80 об/хв.

При досягненні необхідних параметрів, рециркуляційний насос приводиться в дію двигуном та нагнітає тиск в системі до 12 бар який перевіряється датчиком тиску. Кран відкривається та речовина подається на

пластинчатий фільтр , що запобігає потраплянню сторонніх елементів у плунжерний циліндр.

Під дією масла яке подається в камеру плунжерного циліндра, плунжер витісняє речовину з камери наповнення та під тиском переміщує через відкритий кран до змішувальної головки де методом змішування високого тиску шляхом зіткнення утворює суміш з ізоціанатом, що проходить через аналогічний процес.

Метод полягає у тому, що компоненти течуть зі швидкістю наближеною до 100 м/с у камеру змішування та зіштовхуються один з одним.

У результаті отримуємо елемент захисту бортових мереж, що запобігає потраплянню газів, вологи та інших небажаних елементів до салону та підвищує довговічність бортової мережі (рис. 1.3).



Рисунок 1.3 – Вилитий елемент захисту бортових мереж

## 1.2 Перелік задач контролю та керування процесом

Для визначення переліку завдань контролю та регулювання процесу нам необхідно дослідити ключові параметри, що мають вплив на кінцевий результат

					АтаБС-012.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						14
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

виробу та підтримання його технічних характеристик в межах встановлених клієнтом.

Серед основних параметрів, що придатні до регулювання автоматизованою системою керування технологічним процесом можна виділити наступні, що викладені в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Параметри технологічного процесу

№	Параметр	Допустимі межі	Відхилення
1	Температура в резервуарі високого тиску поліолу	45 °С	±1°С
2	Температура в резервуарі високого тиску ізоціанату	55 °С	±1 °С
3	Тиск в резервуарі високого тиску поліолу та ізоціанату	1-2,5 бар	±0.1бар
4	Тиск рециркуляції	12 бар	±0.1бар
5	Витрати поліолу	100 г	± 1 г
6	Витрати ізоціанату	41 г	± 1 г

З зазначених параметрів у таблиці 1.1 ми отримуємо завдання, що має виконувати автоматизована система керування, а саме:

1. Контроль та регулювання температури в резервуарах поліолу та ізоціанату;
2. Контроль та регулювання температури масла в контурі нагріву поліолу та ізоціанату;
3. Контроль та регулювання тиску в резервуарах поліолу та ізоціанату;
4. Контроль та регулювання рівня поліолу та ізоціанату в резервуарі.

					АтаБС-012.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		15

### 1.3 Критичний аналіз системи автоматизації

Аналізуючи технологічний процес виробництва елементів захисту, а саме автоматизовану систему керування процесом виливання з точки зору об'єкта керування, можна виділити наступні входні, вихідні та збурюючі фактори:

1. Входні фактори: температура поліолу та ізоціанату, температура масляного теплопровідника, тиск у резервуарі поліолу та ізоціанату, тиск системи у режимі рециркуляції.
2. Вихідні фактори: Густина речовини.
3. Збурюючі фактори: Температура та вологість приміщення.

Проведення даного аналізу здійснюється для виявлення взаємозв'язків між факторами на рисунку 1.4.

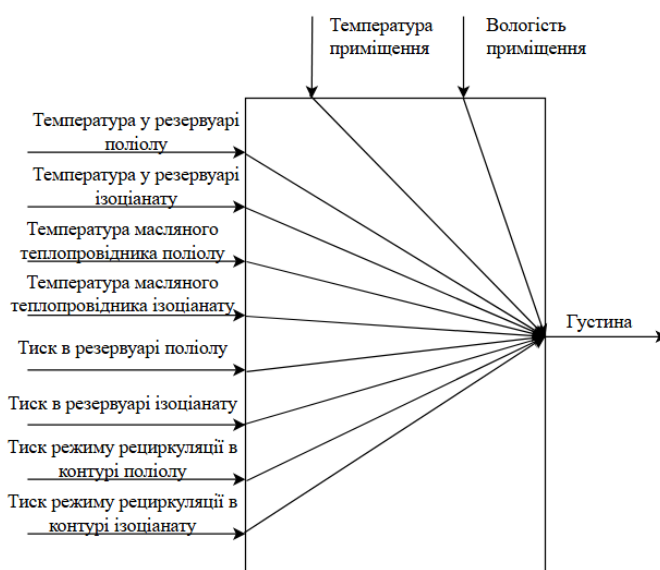


Рисунок 1.4 – Схема взаємозв'язків параметрів підготовки речовин при виливанні елементів захисту

Виявивши зв'язок входних факторів та їх вплив на вихідні параметр – якість елементів захисту, дозволяє розробити оптимальні стратегії керування. Чітке розуміння та визначення збурюючих параметрів дозволяє оперативно реагувати, забезпечуючи стабільність якості продукту.

## РОЗДІЛ 2

### ОБГРУНТУВАННЯ ВИБОРУ ФУНКЦІОНАЛЬНОЇ СХЕМИ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ

Модернізація автоматизованого процесу виливки елементів захисту шляхом піноутворення є логічним кроком у розвитку виробництва бортових мереж транспортних засобів, що має на меті підвищити точність дозування, однорідність продукту та знизити витрати ресурсів різного виду.

Для нашої системи ми маємо два окремі контури для опрацювання поліолу та ізоціанату, тому розглянемо систему по кожному контуру окремо.

Розглянемо контур опрацювання та підготовки поліолу:

Забезпечення необхідного рівня речовини контролює датчик рівня 1-9, що при сигналізації опускання рівня приводить в дію постачальний насос 1-4 та відкриття клапану 1-6. При досягненні верхнього граничного рівня приводиться в дію двигун перемішувача 1-8 та блокуються виконавчі механізми 1-4 та 1-6.

Підтримка заданої температури речовини досягається за допомогою датчика температури 2-1, що при відхиленні від заданих параметрів подає сигнал на двигун постачального насоса масляного теплопровідника 2-4 та нагрівального елемента 2-6. Відкриваються клапани 2-8 та 2-10 для проходження масла по контуру, а датчик температури 2-11 регулює ступінь нагрітості масла.

Контроль та регулювання тиску в резервуарі відбувається за допомогою датчика тиску 3-1, що вимірює тиск та при необхідності нагнітає повітря за допомогою насосу 3-4 та клапану 3-6.

Підтримка необхідного тиску в режимі рециркуляції забезпечується датчиком тиску 4-1, що регулює нагнітання тиску насосом 4-4 та клапанами 4-6, 4.8. Режим рециркуляції забезпечує очистку речовини від дрібних елементів за допомогою пластинчастого фільтра 4-10. Повертається речовина до резервуару через клапан 4-12.

Наступним ми розглянемо контур опрацювання та підготовки ізоціанату:

					АтаБС-012.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						17
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Регулювання постачання ізоціанату підтримує датчик рівня 5-9 який при опусканні нижче визначеного рівня запускає насос 5-4 та клапан 5-6. При достатньому заповненні резервуару 2 речовиною, перемішувач 5-8 приводиться в дію, а насос 5-4 та клапан 5-6 припиняють подачу.

Нагрівання речовини у системі забезпечується давачем температури 7-1, що при виявленні розбіжностей між фактичною та заданою величиною подає сигнал на постачальний насос 6-4 та тен 6-6. Давач температури 6-11 контролює температуру масла.

Контроль тиску реалізовується датчиком тиску 7-1, що контролює тиск та при відхиленні від заданих параметрів, регулює його використовуючи насос 7-4 та клапан 7-6.

Дотримання визначених параметрів тиску в контурі рециркуляції забезпечується давачем тиску 8-1, що контролює роботу рециркуляційного насосу 8-4 та клапани 8-6, 8-8. Разом з тим при режимі рециркуляції, приводиться в дію пластинчастий фільтр 8-10, що очищує речовину від дрібних частинок.

Спільним є контур дозування поліолу та ізоціанату, що за допомогою плунжерів 3 та 4 дозує подачу поліолу через клапани 9-12 та 9-14. Для витіснення поліолу використовується гідравлічне масло, що надходить через клапан 9-8 та 9-10.

Специфікація засобів автоматизації наведено в таблиці А.1 додатку А.

					АтаБС-012.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						18
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

## РОЗДІЛ 3

### ОБГРУНТУВАННЯ ВИБОРУ ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ АВТОМАТИЗАЦІЇ

#### 3.1 Вибір датчиків

##### 3.1.1 Датчик температури PT-100 [1]

Датчик температури, що використовується в резервуарах з хімічною речовиною та знімає показники температури в аналоговому режимі, що забезпечує отримання точних показників та регулювання нагрівання масляного теплопровідника наявними електричними елементами безпосереднього нагрівання.

Датчик у формі гільзи діаметром 4 мм та довжиною 30 мм.

Технічні характеристики наведені в додатку Б таблиці Б.1.

##### 3.1.2 Датчик граничного рівня Endress+Hauser Liquiphant FTL20 [2]

Датчик граничного рівня в компактному виконанні. Використовується в резервуарах з хімічними речовинами для сигналізації досягнення граничних рівнів та своєчасного заповнення резервуару для забезпечення безперебійного виробництва елементів захисту. У нашому випадку резервуар буде оснащений двома, а саме верхнім та нижнім граничним датчиками. В змонтованому стані можлива перевірка ззовні за допомогою магніта магніта, що полегшує процес перевірки та зменшує час простою під час обслуговування.

Технічні характеристики наведені в додатку Б таблиці Б.2.

##### 3.1.3 Датчик тиску Endress+Hauser Ceraphant PTC31 [3]

Недорогий сигналізатор тиску з керамічною мембраною для виміру і контролю тиску в резервуарах високого тиску нашої системи та в контурі рециркуляції для забезпечення підтримання відповідного тиску для поліолу та ізоціанату та дотримання пропорцій подачі речовини до змішувальної головки під час лиття елементів захисту бортових мереж з дотриманням вимог клієнта та збереження якості виробу завдяки подачі необхідної кількості речовини у відповідних пропорціях.

Технічні характеристики наведені в додатку Б таблиці Б.3.

					АтаБС-012.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						19
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

## 3.2 Вибір виконавчих пристроїв

### 3.2.1 Електромагнітний клапан FLUSO SV-15 N.C. [4]

Електромагнітний клапан нормально зачинений який використовується в контурі рециркуляції речовини для контролю та регулювання її подачі в систему та циркуляції.

Технічні характеристики наведені в додатку В таблиці В.1.

### 3.2.2 Проміжне реле MY4 (DC 12V) 4NO+NC [5]

Проміжне реле MY4 (DC 12V) – це компактний модуль, що призначений для безперебійного керування елементами автоматики як на постійному так і на змінному струмі. Забезпечує систему стабільною комутацією та безвідмовне спрацювання.

Технічні характеристики наведені в додатку В таблиці В.2.

### 3.2.3 Перетворювач частоти OBERON 320 0,75кВт 380В [6]

Векторний перетворювач для управління електродвигунами наших перемішувача та насосів. Забезпечить економію ресурсів, контроль та управління за роботою двигунів, а також можливість регулювати елементи технологічного процесу з високою точністю.

Технічні характеристики наведені в додатку В таблиці В.3 .

## 3.3 Вибір пристроїв управління

Завдяки детальному дослідженню технологічного процесу, функціональної схеми, підбору датчиків та механізмів було прийнято рішення обрати контролер серії ADAM-4000 [7] . Цей контролер забезпечить найбільш збалансоване співвідношення надійності та продуктивності для вимог нашої системи.

Для опрацювання даних з датчиків застосовується модуль аналогового вводу ADAM-4017 [8], що містить 8-м універсальних каналів, що можуть бути налаштовані на роботу зі струмовими сигналами. Завдяки широкому

					АтаБС-012.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						20
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

застосуванню цього модуля, він фактично стає ідеальним варіантом для вибору та застосування у великому спектрі автоматизованих систем, що вимагають підвищену точність та надійність.

Технічні характеристики наведені в додатку Г таблиці Г.1.

Для опрацювання дискретних сигналів підходить модуль ADAM-4050 [9]. Цей модуль забезпечуватиме керування сигналів за допомогою реле. Модуль включає в себе 6 повністю ізольованих входи, 2 ізольовані входи з землею та вхідне навантаження від 0 до 30 В, що робить його логічним та передбачуваним вибором для автоматизації та контролю елементів нашого устаткування.

Технічні характеристики наведені в додатку Г таблиці Г.2.

Для керування процесом перемішування речовин у резервуарі – використовуються частотні перетворювачі, що отримують сигнал в діапазоні 0-400Гц. Для роботи з цим елементом застосовується модуль ADAM-4024 [10], що взаємодіє з підключеними перетворювачами. Регулюючи напругу, що подається на виходи контролера ми змінюємо частоту сигналу у наслідок чого зазнає змін і напруга, що подається на перемішувач. У такий спосіб ми отримуємо можливість регулювати оберти перемішувача.

Технічні характеристики наведені в додатку Г таблиці Г.3.

На НМІ-модулі системи встановлено спеціалізоване програмне забезпечення постачальника устаткування, що регулює її роботу включно з контролерами. Для налаштування обміну інформацією між НМІ-модулем та обраними модулями серії ADAM-4000, ми використовуємо модуль ADAM-4520 [11]. Через цей модуль ми отримуємо можливість узгодження сигналів між різними видами протоколів передачі даних, що у свою чергу забезпечує ефективний обмін даними у системі.

Технічні характеристики наведені в додатку Г таблиці Г.4.

Таким чином ми забезпечили автоматизовану систему модулями контролю серії ADAM-4000, що надає можливість для подальшого поглиблення автоматизації.

					АтаБС-012.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						21
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

### 3.4 Вибір джерел живлення

Вибрані модулі потребують споживання потужності у наступних кількостях: ADAM-4017 – потреба у 1,3 Вт., ADAM-4050 – потреба у 0.4 Вт., ADAM-4024 – потреба у 2,3 Вт., ADAM-4520 – потреба у 1,2 Вт відповідно.

У відповідності до розрахованої кількості та типів модулів ми можемо розрахувати сумарну потужність цих модулів:

$$P_{\text{к}} = 2 * 1,3 + 6 * 0,4 + 2,3 + 1,2 = 8,5 \text{ Вт.}$$

З технічних характеристик ми отримуємо інформацію, що контролери ADAM серії 4000 споживають напругу в межах від 10В до 30В. Оптимальним варіантом буде обрати напругу для живлення 24В.

Наступним етапом розрахуємо струм споживання:

$$I = \frac{P_{\text{к}}}{U} = \frac{8,5}{24} = 0,35\text{А,}$$

де  $U$  – напруга живлення,

$P_{\text{к}}$  – сумарна потужність модулів.

Дослідивши принципову схему автоматизації ми можемо побачити, що в системі використовується загалом 12 датчиків.

У відповідності до кількості датчиків та струмом споживання контролерів, розрахуємо загальний струм:

$$I = I_{\text{к}} + I_{\text{д}} = 0,35 + 0,5 * 12 = 6,35 \text{ А,}$$

де  $I_{\text{к}}$  – струм споживання контролерів,

$I_{\text{д}}$  – струм споживання датчиків.

Отримавши ці значення ми можемо розрахувати потужність необхідного блоку живлення:

$$P = U * I = 24 * 6,35 = 152,4 \text{ Вт,}$$

де  $U$  – напруга живлення,

$I$  – загальний струм споживання.

					АтаБС-012.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						22
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Отже, у відповідності до споживання системою автоматизації ми обрали наступний блок живлення, що забезпечить вказані параметри, а саме Mean Well NDR-240-24 [12].

Технічні характеристики наведені в додатку Д таблиці Д.1.

					АтаБС-012.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						23
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дат</i>		

## РОЗДІЛ 4

### ОБГРУНТУВАННЯ І ОПИС ПРИНЦИПОВО ЕЛЕКТРИЧНИХ СХЕМ

У нашій системі використовується 4 дискретних датчики та 8 аналогових. Для зчитування даних з аналогових датчиків буде використовуватись модуль ADAM-4017.

Модуль ADAM-4017 буде підключено до аналогових датчиків через входи Vin+ та Vin- у послідовності відображеній нижче:

- давач температури TE 2-1 – вхід 0;
- давач температури TE 2-1 – вхід 1;
- давач температури TE 6-1 – вхід 2;
- давач температури TE 6-1 – вхід 3;
- давач тиску PE 3-1 – вхід 4;
- давач тиску PE 4-1 – вхід 5;
- давач тиску PE 7-1 – вхід 6;
- давач тиску PE 8-1 – вхід 7.

Для оперування дискретними сигналами використовуються реле, що будуть керовані двома ADAM-4050. 7 Входів/8виходів. У відповідності до розрахованої кількості елементів з дискретними сигналами відображеними на функціональній схемі автоматизації включно з сигнальними лампами визначено потребу в 41-му каналі виходу, що забезпечується 6-ма модулями ADAM-4050

Підключення входів на модулі ADAM-4050(1):

- давач нижнього рівня поліолу LE 1-1 – вхід 0;
- давач верхнього рівня поліолу LE 1-9 – вхід 1;
- давач нижнього рівня ізоціанату LE 5-1 – вхід 2;
- давач верхнього рівня ізоціанату LE 5-9 – вхід 3;
- дистанційний елемент керування Н 9-1 – вхід 4.

Підключення виходів на модулі ADAM-4050(1):

- двигун постачального насоса NS 1-3 – вихід 0;
- постачальний клапан поліолу NS 1-5 – вихід 1;

					АтаБС-012.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						24
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

- тен NS 2-3 – вихід 2;
- двигун насоса контуру масляного теплопровідника NS 2-5 – вихід 3
- постачальний клапан масляного теплопровідника NS 2-9 – вихід 4;
- постачальний клапан масляного теплопровідника NS 2-11 – вихід 5;
- двигун постачального насоса повітря NS 3-3 – вихід 6;
- постачальний клапан повітря NS 3-5 – вихід 7.

Таким чином до модуля ADAM-4050 (1) поступають дискретні сигнали датчиків рівня, кнопки пульта управління та на виході виходять сигнали керування виконавчими механізмами регулювання рівня, температури поліолу та тиску у відповідному резервуарі для забезпечення дотримання відповідних параметрів.

Наступним модулем є ADAM-4050 (2) до якого підключені лише виходи:

- двигун рециркуляційного насоса NS 4-3 – вихід 0;
- постачальний клапан поліолу NS 4-5 – вихід 1;
- постачальний клапан поліолу NS 4-7 – вихід 2;
- двигун пластинчастого фільтра NS 4-9 – вихід 3;
- постачальний клапан поліолу NS 4-11 – вихід 4;
- двигун постачального насоса NS 5-3 – вихід 5;
- постачальний клапан ізоціанату NS 5-5 – вихід 6;
- тен NS 6-3 – вихід 7.

Модуль ADAM 4050 (2) забезпечує керування рециркуляційним тиском у контурі поліолу, постачанням речовини до баку ізоціанату, а також підключено насос масляного теплопровідника в контурі нагрівання ізоціанату.

Модуль ADAM-4050 (3) має наступний порядок підключення:

- двигун насоса контуру масляного теплопровідника NS 6-5 – вихід 0
- постачальний клапан масляного теплопровідника NS 6-9 – вихід 1;
- постачальний клапан масляного теплопровідника NS 6-11 – вихід 2;
- двигун постачального насоса повітря NS 7-3 – вихід 3;
- постачальний клапан повітря NS 7-5 – вихід 4;
- двигун рециркуляційного насоса NS 8-3 – вихід 5;

					АтаБС-012.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						25
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

- постачальний клапан ізоціанату NS 8-5 – вихід 6;
- постачальний клапан ізоціанату NS 8-7 – вихід 7.

Таким чином модуль ADAM-4050 (3) керуватиме сигналами елементів контролю температури ізоціанату, а також тиску в резервуарі та контурі рециркуляції.

Для модулю ADAM-4050 (4) ми обрали наступний порядок підключення:

- двигун пластинчастого фільтра NS 8-9 – вихід 0;
- постачальний клапан ізоціанату NS 8-11 – вихід 1;
- перемикаючий елемент NS 9-3 – вихід 2;
- перемикаючий елемент NS 9-5 – вихід 3;
- постачальний клапан гідравлічного масла NS 9-7 – вихід 4;
- постачальний клапан гідравлічного масла NS 9-9 – вихід 5;
- постачальний клапан поліолу NS 9-11 – вихід 6;
- постачальний клапан ізоціанату NS 9-13 – вихід 7.

Наступним етапом ми підключимо сигнальні лампи до модулю ADAM-4050 (5):

- сигнальна лампа HL 1 – вихід 0;
- сигнальна лампа HL 2 – вихід 1;
- сигнальна лампа HL 3 – вихід 2;
- сигнальна лампа HL 4 – вихід 3;
- сигнальна лампа HL 5 – вихід 4;
- сигнальна лампа HL 6 – вихід 5;
- сигнальна лампа HL 7 – вихід 6;
- сигнальна лампа HL 8 – вихід 7.

Та на останньому ADAM-4050 (6) ми підключаємо сигнальну лампу HL9 до виходу 0.

Для узгодження сигналів контролерів використовується модуль ADAM 4520, що забезпечує підтримку необхідних протоколів для повноцінного функціонування обраних контролерів.

					АтаБС-012.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						26
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Для оперування аналоговими виходами використовується модуль ADAM 4024, що керуватиме двигунами перемішувачів з регулюванням параметрів обертів.

					АтаБС-012.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						27
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дат</i>		

## РОЗДІЛ 5

### ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СИСТЕМИ АВТОМАТИЗАЦІЇ

#### 5.1 Розробка алгоритму функціонування системи управління

Для забезпечення відповідного функціонування автоматизованої системи керування процесом лиття елементів захисту шляхом піноутворення ми маємо розробити чіткий алгоритм виконання операцій. На основі функціональної схеми ми описали алгоритм функціонування системи, що відображає взаємозв'язок її елементів. Алгоритм функціонування модулів контролера наведено нижче.

Розглянемо опрацювання поліолу:

Першим етапом є постачання речовини у систему.

Цикл розпочинається при сигналізації датчика рівня LE 1-9 про опускання рідини нижче зазначеного рівня.

Проводиться перевірка чи рідина досягла верхнього рівня заповнення резервуару.

– так: насос NS 1-3 зупиняє постачання, клапан NS 1-5 перекриває трубопровід, а двигун перемішувача NS 1-7 розпочинає роботу;

– ні: продовжується заповнення;

Наступний етап – контур контролю та регулювання температури в резервуарі.

Цикл повторюється постійно.

Датчик температури TE 2-1 перевіряє температуру в резервуарі на відповідність заданим параметрам.

– так: NS 2-3 перестає нагрівати масло;

– ні: NS 2-3 продовжує нагрівання;

Після цього слідує – контур контролю та регулювання тиску в резервуарі.

Цикл повторюється доки датчик PE 3-1 не подасть сигнал.

Датчик тиску PE 3-1 контролює рівень тиску в резервуарі відповідно до заданих параметрів.

– так: насос NS 3-3 перестає качати повітря, а клапан 3-5 перекриває

					АтаБС-012.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						28
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

трубопровід;

– ні: подача повітря продовжується;

Етап рециркуляції який реалізовано через контур контролю та регуляції тиску в системі діє за наступним принципом:

Цикл: повторюється протягом усієї роботи;

Датчик тиску PE 4-1 контролює значення тиску в контурі рециркуляції відповідно до визначених параметрів 12-bar.

– так: насос NS 4-3 продовжує подачу речовини, клапан NS 4-7 перекидається, двигун пластинчастого фільтра NS 4-9 приводить його в дію;

– ні: насос NS 4-3 продовжує нагнітання тиску, клапан NS 4-7 відкривається, двигун пластинчастого фільтра 4-9 зупиняється;

Тепер розглянемо опрацювання ізоціанату.

Першим етапом опрацювання, як і в випадку з поліолом, є постачання речовини до системи.

Цикл: відтворюється при отриманні сигналу про зниження рівня речовини.

Датчик рівня LE 5-9 сигналізує про заповнення ізоціанату до верхнього рівня.

– так: датчик рівня LE 5-9 подає сигнал, насос NS 5-3 припиняє постачання, клапан NS 5-5 замикає трубопровід, а перемішувач NS 5-7 розпочинає перемішування речовини.

– ні: продовжується постачання ізоціанату.

Наступним етапом є доведення температури до визначених параметрів.

Цикл відтворюється постійно.

Датчик температури TE 6-1 контролює температуру в резервуарі відповідно до визначених величин.

– так: ТЕН NS 6-3 зупиняє нагрів масла;

– ні: ТЕН 6-3 нагріває масло;

За цим контуром ми звертаємо увагу на підтримку тиску в резервуарі ізоціанату у визначених межах.

					АтаБС-012.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						29
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Цикл: повторюється за сигналізацією датчика тиску PE 7-1 що свідчить про падіння тиску.

Датчик тиску PE 7-1, перевіряє величину на відповідність до очікуваної.

– так: насос NS 7-3 зупиняє подачу повітря, клапан NS 7-5 перекриває трубопровід;

– ні: насос NS 7-3 продовжує подачу повітря;

Відповідно до нашої функціональної схеми, наступним етапом є режим рециркуляції.

Цикл: повторюється постійно при включеній системі;

Датчик тиску PE 8-1 перевіряє відповідність значення тиску в контурі рециркуляції у відповідності до умов експлуатації 12-bar.

– так: рециркуляційний насос NS 8-3 продовжує постачання ізоціанату а, клапан NS 8-7 перекриває трубопровід, пластинчастий фільтр NS 8-9 очищає речовину;

– ні: рециркуляційний насос NS 8-3 продовжує збільшення значення тиску, клапан NS 8-7 перебуває у відкритому положення, пластинчастий фільтр NS 8-9 очікує подачу речовини;

Крайнім етапом є дозування поліолу та ізоціанату, що ідентичний до дозування поліолу.

Цикл: розпочинається при натисканні на пульті управління дистанційного елемента керування.

Оператор розпочинає лиття

– так: клапани NS 9-3 та NS 9-5 перекривають трубопровід, робоча камера плунжерів 3 та 4 наповнюється поліолом та ізоціанатом. Клапани NS 9-11 та NS 9-13 відкривають канали до змішувальної головки 5 після чого через клапани NS 9-7 та NS 9-9 гідравлічне масло поступає до плунжерів та витісняє матеріали з камер.

– ні: клапани NS 9-3 та 9-5 перебувають у відкритому положенні, штоки плунжерів 3 та 4 перебувають у верхньому положенні, клапани 9-11 та 9-13 перекриті.

					АтаБС-012.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						30
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

## 5.2 Розробка програмного забезпечення

Під час модернізації нашої системи було обрано контролери серії ADAM 4000 відповідно до обраних датчиків та виконавчих механізмів. Для написання відповідної програми функціонування системи ми використовуємо спеціалізоване програмне забезпечення «Adam View», від виробника контролерів, що підтримує необхідний перелік протоколів, що використовуються у обраних нами моделях контролерів. Отже, нижче наведено скрипти для регулювання фізичних величин при опрацюванні.

Реалізуємо забезпечення автоматичного наповнення резервуару поліолу – лістинг 5.1.

### Лістинг 5.1 – Постачання поліолу

---

```
Sub SCR1()  
  Set LE1_9 = GetTag("task1", "DI0")  
  if LE1_9 = true then  
    output1 0, 0  
    output1 1, 0  
    output1 2, 1  
  else  
    output1 0, 1  
    output1 1, 1  
    output1 2, 0  
  end if  
End Sub
```

---

кінець лістингу 5.1

Наступним кроком є реалізація контролю температури в резервуарі – лістинг 5.2.

					АтаБС-012.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						31
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Лістинг 5.2 – Контроль температури поліолу

---

```
Sub SCR2()
  Set TE2_1 = GetTag("task1", "AI0")
  if TE2_1 = 45 then
    outputi 0, 0
  else
    outputi 0, 1
  end if
End Sub
```

---

кінець лістингу 5.2

Наступним параметром який потребує регулювання є тиск в резервуарах – лістинг 5.3.

Лістинг 5.3 – Контроль тиску в резервуарі поліолу

---

```
Sub SCR3()
  Set PE3_1 = GetTag("task1", "AI4")
  if PE3_1 = PE3_1min then
    outputi 0,0
    outputi 1,0
  else
    outputi 0,1
    outputi 1,1
  end if
End Sub
```

---

кінець лістингу 5.3

					АтаБС-012.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						32
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Відповідно до цих скриптів, ми забезпечуємо контроль наших параметрів у безпечних межах та запобігаємо перевищенню цих технічних параметрів, а разом з тим виникненню поломок.

Контроль та регулювання рециркуляційного тиску забезпечується наступним чином – лістинг 5.4.

---

Лістинг 5.4 – Контроль рециркуляційного тиску

---

```
Sub SCR4()  
Set PE4_1 = GetTag("task1", "AI5")  
if PE4_1 = 12 then  
    outputi 0,0  
    outputi 1,1  
else  
    outputi 0,1  
    outputi 1,1  
end if  
End Sub
```

---

кінець лістингу 5.4

Наступним етапом ми повинні реалізувати ці функції у контурі ізоціанату для забезпечення його правильної технологічної обробки. Після опрацювання контуру ізоціанату ми отримаємо завершену систему регулювання та контролю технічних параметрів технологічного процесу з подальшою можливістю інтеграції додаткових елементів таких як мобільні засоби управління для операторів, автоматизація повороту стріли для зменшення часу повороту на робочу позицію тощо.

Передбачимо автоматичне наповнення ізоціанату в резервуар високого тиску до досягнення визначеного рівня матеріалу у системі та контролю постачання – лістинг 5.5.

					АтаБС-012.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						33
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

### Лістинг 5.5 – Постачання ізоціанату

---

```
Sub SCR5()  
  Set LE5_9 = GetTag("task1", "DI3")  
  if LE5_9 = true then  
    outputi 0, 0  
    outputi 1, 1  
    outputi 2, 0  
  else  
    outputi 0, 1  
    outputi 1, 0  
    outputi 2, 1  
  end if  
End Sub
```

---

кінець лістингу 5.5

Подальшим кроком є контроль температури – лістинг 5.6.

### Лістинг 5.6 – Контроль температури ізоціанату

---

```
Sub SCR6()  
  Set TE6_1 = GetTag("task1", "AI2")  
  if TE6_1 = 55 then  
    outputi 0,1  
  else  
    outputi 0,0  
  end if  
End Sub
```

---

кінець лістингу 5.6

Наступною технічною характеристикою є тиск в резервуарі ізоціанату ізоціанату – лістинг 5.7.

					АтаБС-012.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						34
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Лістинг 5.7 – Регуляція тиску в резервуарі ізоціанату

---

```
Sub SCR7()  
  Set PE7_1 = GetTag("task1", "AI6")  
  if PE7_1 = PE7_1min then  
    outputi 0,0  
    outputi 1,0  
  else  
    outputi 0,1  
    outputi 1,1  
  end if  
End Sub
```

---

кінець лістингу 5.7

Підтримка рециркуляційного тиску – лістинг 5.8.

Лістинг 5.8 – Підтримка рециркуляційного тиску

---

```
Sub SCR8()  
  Set PE8_1 = GetTag("task1", "AI7")  
  if PE8_1 = 12 then  
    outputi 0,0  
    outputi 1,1  
  else  
    outputi 0,1  
    outputi 1,0  
  end if  
End Sub
```

---

кінець лістингу 5.8

Таким чином ми забезпечили нашу систему повністю автоматичним контролем та регуляцією технічних параметрів, що впливають на якість

					АтаБС-012.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						35
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

результату лиття та довговічність виробу. У майбутньому зберігається можливість модернізації устаткування, програмного забезпечення та перехід на вищий рівень управління технологічним процесом лиття елементів захисту шляхом піноутворення.

Останнім скриптом буде опис керування початком лиття матеріалів – лістинг 5.9.

---

Лістинг 5.9 – Підтримка рециркуляційного тиску

---

```
Sub SCR9()  
  Set H9_1 = GetTag("task1", "DI4")  
  if H9_1 = true then  
    outputi 0, 1  
    outputi 1,1  
    outputi 2,1  
    outputi 3,1  
    outputi 4,1  
    outputi 5,1  
    Delay spray_time  
    output 0,0  
    output 1,0  
    output 2,0  
    output 3,0  
    output 4,0  
    output 5,0  
  end if  
End Sub
```

---

кінець лістингу 5.9

Таким чином реалізовано автоматична система керування процесом лиття. Забезпечено безперебійну підтримку технічних параметрів та фізичних величин

					АтаБС-012.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						36
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

з метою забезпечення безперебійності процесу та усунення ризиків виникнення аварійної ситуації.

					АтаБС-012.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						37
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дат</i>		

## РОЗДІЛ 6

### ПРОЕКТНИЙ РОЗРАХУНОК НАДІЙНОСТІ АСКТП

Надійність автоматизованої системи керування є вирішальним фактором при впровадженні та її розробці. Низька надійність може призвести до тривалих простоїв, затрат на закупівлю деталей для ремонту та ризик підвищення аварійних ситуацій.

Відповідно до регламенту, обслуговування та діагностика установки проводиться на початку кожної зміни, а також щомісячно, а тому розрахунок надійності будемо проводити на період 8-ми та 528-ми годин безперервної роботи.

Першим етапом для нашого обрахунку є розробка схеми, що буде використовуватися для обрахунку надійності системи. Для зручності, ми розглянемо окремо кожен з контурів для поліолу. Таке рішення сформоване через ідентичність контурів поліолу та ізоціанату і скорочення обрахунку.

Першим контуром є контроль рівню речовини та автоматична подача до якої входять елементи: 2, 3, 5, 1, 4, 42.

Другим контуром є контроль технічного параметру тиску в резервуарі до якого входять: 13, 14, 12, 6.

Третім контуром є нагрівання масляного теплопровідника, до якого входять елементи: 7, 8, 9.

Четвертим контуром є обернення поліолу, що включає: 16, 15, 18, 19, 46.

Відповідно до цього ми отримуємо схему, що включає 3 паралельних контури та 1 послідовний (рис. 6.1).

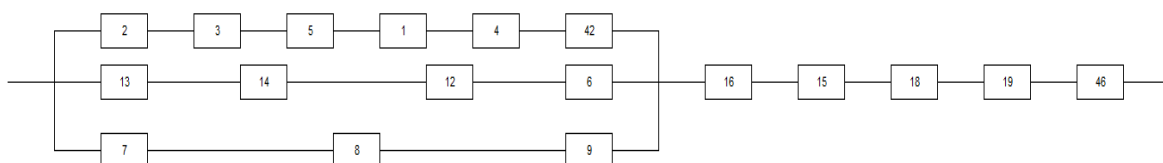


Рисунок 6.1 – Схема надійності автоматизованої системи керування

					АтаБС-012.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						38
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

У зв'язку з відсутністю прямих показників середнього часу напрацювання до відмов у відкритих джерелах ми можемо оперувати лише інтенсивністю відмов, що відповідно до формули вже має врахований показник середнього часу напрацювання (6.1):

$$\lambda = \frac{1}{MTF}, \quad (6.1)$$

де MTF – середній час напрацювання до відмови.

Інтенсивність відмов для елементів вказана у додатку Е таблиці Е.1.

Для обрахування надійності елементу, ми скористаємося формулою (6.2):

$$P_i = e^{-\lambda t}, \quad (6.2)$$

де t – інтервал між регламентованими роботами.

Після визначення цих параметрів, ми обраховуємо надійність для контурів, що з'єднані послідовно та вираховуються за формулою (6.3):

$$P_{\text{посі}} = P_1 \cdot P_2 \dots P_n, \quad (6.3)$$

де P – надійність відповідного елементу.

Отримавши надійність кожного контуру, ми обраховуємо надійність контурів, що знаходяться паралельно. Для нас це контур поліолу, повітря та масляного теплопровідника. Обрахунок проводиться за формулою (6.4):

$$P_{\text{пар}} = 1 - (1 - P_{i1}) \cdot (1 - P_{i2}) \dots (1 - P_{in}), \quad (6.4)$$

де  $P_i$  – надійність відповідного контуру.

					АтаБС-012.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						39
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Обрахувавши відповідні показники, ми визначаємо надійність системи шляхом множення надійності паралельних контурів та контуру обертання поліолу (6.5):

$$P_{\text{сист}} = P_{\text{пар}} \cdot P_{\text{пос4}} \quad (6.5)$$

У результаті виконаних обрахунків, у програмному забезпечення Excel, ми отримали показники, що свідчать про високу надійність системи при вчасних проведеннях регламентованих робіт та вкрай низький ризик виникнення аварійних ситуацій (рис. 6.2).

Елемент	$\lambda, \times 10^{-6}$ год	Напрацювання t, x 10 <sup>6</sup> год	
		0,000008	0,000528
1,5	0,6	0,999995	0,999683
6,9	0,3	0,999998	0,999842
12,15	0,82	0,999993	0,999567
3, 14, 18, 46	2,4	0,999981	0,998734
2, 8, 13, 16, 19	0,36	0,999997	0,999810
4	1,4	0,999989	0,999261
7	1	0,999992	0,999472
42	2	0,999984	0,998945
Rпос1	-	0,999941	0,996121
Rпос2	-	0,999969	0,997953
Rпос3	-	0,999987	0,999124
Rпос4	-	0,999949	0,996658
Rпар.	-	1,0000000	1,0000000
Rсист	-	0,999949	0,996658

Рисунок 6.2 – Результати обрахунків надійності.

Таким чином, наша система забезпечує надійний та безперебійний режим роботи установки при вчасному виконанні регламентованих робіт, що робить неможливим допущення значних простоїв протягом зміни.

## РОЗДІЛ 7

### ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ АВТОМАТИЗАЦІЇ

Цей дипломний проект ставить на меті покращення автоматизованої системи керування процесом вилівки елементів захисту бортових мереж шляхом піноутворення, що дозволить підвищити точність дозування, однорідність продукту та знизити витрати ресурсів різного виду. Також матиме позитивний ефект на якості продукції і підвищить точність регулювання параметрами процесу. Для досягнення визначених цілей було використано базові засоби автоматизації:

В кінцевому результаті, це призводить до підвищення стабільності системи, регулювання параметрів з високою точністю та відповідати вимогам клієнта виставленими відповідно до міжнародних стандартів.

Витрати, що передбачаються в процесі покращення поділяються на:

1. Закупівлю та транспортування засобів автоматизації;
2. Монтаж та налаштування засобів автоматизації;

Затрати містять в собі суму вартості КВПіА, їх монтажу та налаштування разом з транспортуванням та проведенням тестувань.

$$B = B_1 + B_2 + B_3 + B_4, \quad (7.1)$$

де  $B_1$  – вартість КВПіА, грн;

$B_2$  – затрати на монтаж КВПіА, грн;

$B_3$  – вартість налагодження апаратури, грн;

$B_4$  – транспортні витрати, грн.

Після остаточного вибору засобів автоматизації, дослідивши ціни на обрані моделі від виробника, ми можемо розрахувати вартість обраних елементів та використати отримані результати для обрахунку економічної доцільності.

					АтаБС-012.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						41
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Обрахунок вартості КВПіА у відповідності до кількості та вказаної ціни наведено у таблиці 7.1.

Таблиця 7.1 – Розрахунок вартості КВПіА

№ з/п	Назва приладу	Модель приладу	Кількість	Вартість одного приладу, грн.	Загальна вартість приладів, грн
1	Датчик температури	PT-100	4	1679	3358
2	Датчик граничного рівня	Endress+Hauser Liquiphant FTL20	4	4000	16000
3	Датчик тиску	Endress+Hauser Ceraphant PTC31	4	6000	24000
4	Електромагнітний клапан	FLUSO SV-15 N.C.	18	3410	61380
5	Реле	MY4 DC (12V)	8	120	960
6	Частотний перетворювач	OBERON 320 0,75кВт 380В	2	4600	9200
7	Блок живлення	Mean Well NDR-240-24	1	2145	2145
8	Модуль	ADAM-4017	2	11020	22040
9	Модуль	ADAM-4050	6	4000	24000
10	Модуль	ADAM-4024	1	14000	14000
11	Модуль	ADAM-4520	1	4620	4620

Отже, за наведеними даними таблиці 7.1, отримуємо суму купівлі:

					АтаБС-012.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						42
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

$$B_1 = 181\,703 \text{ грн.}$$

Витрати на монтажні роботи з супутніми витратами ми закладемо у вигляді 45% від вартості засобів автоматизації:

$$B_2 = B_1 * 0,45 = 81\,766,35 \text{ грн.}$$

Витрати на налагодження засобів автоматизації ми розрахуємо як 10% від вирахованої ціни елементів автоматизації

$$B_3 = B_1 * 0,10 = 18\,170,30 \text{ грн.}$$

Відповідно до цього закладемо 25% від отриманого значення на транспортування засобів автоматизації:

$$B_4 = B_1 * 0,25 = 45\,425,75 \text{ грн.}$$

Отже, загальна вартість впровадження модернізації системи лиття елементів захисту становить:

$$B = 181\,703 + 81\,766,35 + 18\,170,30 + 45\,425,75 = 327\,065,4 \text{ грн.}$$

У результаті проведення модернізації та залучення зазначених коштів ми отримаємо підвищену точність вимірювальних приладів, автоматичний контроль якості речовини та захист системи при перевищенні технічних параметрів з будь-яких внутрішніх причин. Разом з тим переводимо систему на рейки поглиблення автоматизації при цьому залишаємо простір на інтеграцію сучасніших технік та контролерів.

					АтаБС-012.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						43
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

## ВИСНОВКИ

Отже, у результаті виконання кваліфікаційної роботи по темі модернізації автоматизованої системи керування процесом лиття елементів захисту бортових мереж шляхом піноутворення було виконано всі поставлені завдання.

Проведено аналіз об'єкта керування у результаті чого визначено технічні параметри, що підлягають регулюванню, а саме: температури, тиску, витрати та пропорції подачі речовини. Підвищену увагу надано етапу підготовки речовин до опрацюванн, як вирішальному фактору у технологічному процесі.

Розроблено функціональну схему автоматизації, що відображає послідовність виконання технологічних операцій, зв'язки між контролерами, датчиками та виконавчими пристроями. При опрацюванні схеми було приділено увагу до простоти розуміння, збереження можливості подальшої модернізації та забезпечення відповідної надійності.

Виконано підбір технічних засобів автоматизації до яких входять: контролери серії ADAM-4000, а саме ADAM-4017, ADAM-4024, ADAM-4050 та ADAM-4520, промислові датчики температури, рівня та тиску, а також електромагнітні клапани, перетворювачі частоти і реле разом з блоком живлення Mean Well.

Розроблено електричну схему підключення мікропроцесорних модулів, що відтворює логіку взаємозв'язків у системі та описано підключення відповідних елементів.

Виконано розробку програми контролерів для регулювання технічних параметрів та забезпечення автономності системи в окремих функціях, що забезпечує зменшення залучення оператора до операцій, що виконуються автоматично. У свою чергу це знімає навантаження з працівника, підвищує ефективність системи та знижує ризик виникнення аварій на устаткуванні.

Виконано обрахунок проектної надійності АСКТП для визначення імовірності відмови устаткування, що в свою чергу визначає доцільність

					АтаБС-012.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						44
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

впровадження автоматизованої системи керування та доцільність її використання.

Виконано розрахунок економічних витрат на модернізацію автоматизованої системи керування, що містить у собі витрати на транспортування, монтаж та налагодження, а також закупівлю технічних засобів автоматизації. Сума витрат склала 327065,4 грн.

У результаті ми отримуємо модернізовану систему з технічним та економічним обґрунтуванням, що відповідає сучасним вимогам виробництва та забезпечує відповідну якість виробу у відповідності до міжнародних стандартів. Впровадження цієї системи дозволить знизити ризики виникнення аварій, тривалість простоїв, а також безперервність технологічного процесу.

					АтаБС-012.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						45
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

## ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Датчик аналоговий температури по місцю PT100. URL: <https://electrokom.kiev.ua/product/datchik-temperature-pt100> (дата звернення 11.04.2026).
2. Датчик граничного рівня Endress+Hauser Liquiphant FTL20. URL: <https://trade-control.com.ua/ua/products/endress-hauser-liquiphant-ftl20> (дата звернення 11.04.2026).
3. Датчик тиску Endress+Hauser Ceraphant PTC31. URL: <https://trade-control.com.ua/ua/products/endress-hauser-ceraphant-t-ptc31> (дата звернення 11.04.2026).
4. Електромагнітний клапан з нержавіючої сталі FLUSO SV-15 N.C. ½ 0.5-20bar 220VAC. URL: <https://goodmax.com.ua/uk/ru/product/elektromagnitnyj-klapan-iz-nerzaveyuschej-stali-gama-ndss-15-nc-12-05-16-bar> (дата звернення 11.04.2026).
5. Проміжне реле MY4 (DC 12 V) 4NO+4NC АСКРО-УКРЕМ. URL: <https://electro-market.com.ua/uk/ctproduct/rele-promizhne-my4-dc-12-v-4no-4nc-a0090010025-asko-ukrem.html> (дата звернення 11.04.2026).
6. Перетворювач частоти OBERON 320 0,75кВт 380В. URL: [https://npf-oberon.com.ua/index.php?route=product/product&path=63\\_65&product\\_id=608](https://npf-oberon.com.ua/index.php?route=product/product&path=63_65&product_id=608) (дата звернення 11.04.2026).
7. Модулі серії ADAM-4000. URL: <https://www.rts.ua/catalog/advantech/20.htm> (дата звернення 07.05.2026).
8. Модуль ADAM-4017 серії ADAM-4000. URL: <https://www.proxis.ua/uk/product/8-ch-analog-input-module-advantech-ADAM-4017/> (дата звернення 07.05.2026).
9. Модуль ADAM-4050 серії ADAM-4000. URL: <https://www.proxis.ua/uk/product/digital-io-module-advantech-ADAM-4050/> (дата звернення 07.05.2026).
10. Модуль ADAM-4024 серії ADAM-4000. URL: <https://www.rts.ua/rus/catshop/561/0/9174/advantech/> (дата звернення 07.05.2026).
11. Модуль ADAM-4052 серії ADAM-4000. URL: <https://www.rts.ua/rus/>

					АтаБС-012.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						46
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

catshop/561/0/9180/advantech/ (дата звернення 07.05.2026).

12. Блок живлення MEAN WELL NDR-240-24 URL: <https://meanwell.in.ua/acdc/din/ndr-240-24> (дата звернення 07.05.2026).

13. ДСТУ ISO 9001:2015. Системи управління якістю. Вимоги (ISO:9001:2015, IDT). [Чинний від 2016-07-01]. Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2016. 22с. (Національний стандарт України).

14. IATF 16949:2016. Фундаментальні вимоги до системи управління якістю для виробництв автомобільної промисловості та організацій, що виробляють відповідні сервісні частини. [Чинний від 2016-10-01]. Вид. 1-ше. IATF, 2016. 58 с.

15. Гуменюк Л. О. Надійність та діагностування автоматизованих виробничих систем: методичні вказівки до виконання курсової роботи для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти освітньої програми «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» / Гуменюк Л.О. Луцьк: ЛНТУ, 2025. 25 с

					АтаБС-012.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						47
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		