

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

бакалавр

(назва освітнього ступеня)

на тему: Розроблення автоматизованої системи для виготовлення та контролю якості поліуритану.

Виконав(ла): студент(ка) IV курсу, групи КТ-41

спеціальності 151 – Автоматизація та комп'ютерно-

інтегровані технології

(шифр і назва спеціальності)

Сірий А. С.

Керівник

(підпис)

Стухляк Д.П..

(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль

(підпис)

Чихіра І.В.

(прізвище та ініціали)

Завідувач кафедри

(підпис)

Голотенко О.С.

(прізвище та ініціали)

Рецензент

(підпис)

Шовкун О.П.

(прізвище та ініціали)

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Факультет Факультет прикладних інформаційних технологій та електроінженерії

(повна назва факультету)

Кафедра комп'ютерно-інтегрованих технологій

(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Голотенко О.С.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

« » 2026 р.

**ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ**

на здобуття освітнього ступеня бакалавр

(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

(шифр і назва спеціальності)

Студенту Сірій Артур Сергійович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Розроблення автоматизованої системи для виготовлення та контролю якості поліуритану.

Керівник роботи Стухляк Данило Петрович, канд. техн. наук, доц каф. КТ

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

Затверджені наказом ректора від «14» квітня 2026 року № 4/9-183

2. Термін подання студентом завершеної роботи 21 червня 2026р.

3. Вихідні дані до роботи Технічні вимоги до виробництва поліуритану

4. Зміст роботи (перелік питань, які потрібно розробити)

Вступ

Аналітична частина

Проектна частина

Спеціальна частина

Безпека життєдіяльності, основи охорони праці

Висновки

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

Титульний слайд

Актуальність роботи

Завдання роботи

Основна частина

Висновки

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Безпека життєдіяльності,			
основи охорони праці			

7. Дата видачі завдання _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1.	Ознайомлення з завданням до кваліфікаційної роботи	20.04.2026	Виконано
2.	Підбір джерел по темі роботи	22.04.2026-24.05.2026	Виконано
3.	Опрацювання публікацій та збір даних по темі роботи	24.04.2026-27.04.2026	Виконано
4.	Виконання роботи згідно мети	27.04.2026-29.04.2026	Виконано
5.	Оформлення першого та другого розділів	29.04.2026-31.04.2026	Виконано
6.	Оформлення третього розділу	31.04.2026-11.05.2026	Виконано
7.	Оформлення четвертого розділу	11.05.2026-13.05.2026	Виконано
8.	Підготовка презентації	14.05.2026-15.05.2026	Виконано
9.	Підготовка доповіді	16.05.2026-17.05.2026	Виконано
10.	Оформлення кваліфікаційної роботи	18.05.2026-19.05.2026	Виконано
11.	Нормоконтроль	19.05.2026-20.05.2026	Виконано
12.	Перевірка на плагіат	21.05.2026	Виконано
13.	Попередній захист кваліфікаційної роботи	21.05.2026	Виконано
14.	Захист кваліфікаційної роботи		

Студент

(підпис)

Сірий А. С.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Стухляк Д.П.

(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Кваліфікаційна робота складається з пояснювальної записки та графічної частини.

Об'єм графічної частини кваліфікаційної роботи становить __ слайдів. Об'єм пояснювальної записки складає __ друкованих сторінок формату А4 (210×297), об'єм додатків – __ друкованих сторінок формату А4.

У роботі було спроектовано та реалізовано автоматизовану систему для виготовлення та контролю якості поліуретану. Система забезпечує контроль ключових технологічних параметрів процесу (температури, тиску, співвідношення компонентів, часу реакції) із можливістю автоматичного регулювання та збору даних у режимі реального часу.

Було здійснено вибір апаратної складової системи та проведено аналіз базових алгоритмів керування, що відповідають за процеси дозування компонентів, підтримання необхідного температурного режиму, перемішування та забезпечення стабільності фізико-хімічних характеристик поліуретану.

У результаті аналізу технологічного процесу виготовлення поліуретану та розробки відповідних алгоритмів було створено програмне забезпечення керування, що забезпечує підвищення якості готового продукту, зменшення впливу людського фактора та автоматизований контроль параметрів виробництва.

Ключові слова: автоматизовані системи керування, поліуретан, контроль якості, технологічні процеси, промислова автоматизація, датчики, регулювання параметрів, дозування компонентів, програмне забезпечення, виробничі системи.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	6
1. АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА	8
1.1 Призначення та роль змішувальної головки.....	9
1.2 Основні типи змішувальних головок	10
1.3 Порівняльна характеристика низьконапірних і високонапірних систем	12
1.4 Технологічна послідовність процесу заливання та засоби його автоматизованого керування.....	13
1.5 Human–Machine Interface та операторське керування	15
1.6 Вплив рециркуляції, робочого тиску та температурного режиму на стабільність технологічного процесу	16
1.7 Вимоги до сучасної PU-машини	17
2. ПРОЄКТНА ЧАСТИНА	19
2.1. Промисловий контролер	19
2.2. Датчики.....	26
2.2.1. Датчик витрати	26
2.2.2. Манометр.....	28
2.2.3. Датчик наближення	30
2.2.4. Контролер температури	30
2.2.4. Інтерфейс «людина-машина» (HMI).....	31
2.3. Система зберігання та подачі компонентів.....	32
2.4. Технологічний процес.....	36
3 СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА	38
3.1 Програмне виробничого процесу.....	41
3.2 Модель для процедури переходу системи від режиму низького тиску (LP/HP).....	43
3.3 Модель процесу заливки.....	45
3.4 Модуль обробки помилок визначення відстані.....	48
3.5 Модулі Matlab для обробки помилок	50
4. БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ ТА ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ.....	53
4.1. Забезпечення електробезпеки.....	53
4.2 Забезпечення санітарно-гігієнічних вимог до приміщень ОЦ.....	55
4.3 Протипожежний захист	57
ВИСНОВКИ.....	62
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	64

ВСТУП

Сучасний розвиток промисловості висуває підвищені вимоги до ефективності, якості та безпеки виробничих процесів, зокрема у сфері виготовлення полімерних матеріалів. Поліуретани широко застосовуються в різних галузях — від будівництва та машинобудування до медицини й легкої промисловості. Зростання обсягів виробництва та складності технологічних процесів потребує впровадження сучасних автоматизованих систем, здатних забезпечити стабільність параметрів і високу якість кінцевого продукту.

Традиційні методи виробництва поліуретану часто супроводжуються значним впливом людського фактора, що може призводити до відхилень у співвідношенні компонентів, порушення температурних режимів і, як наслідок, зниження якості продукції. Крім того, недостатній контроль технологічних параметрів може спричиняти перевитрати сировини, енергоресурсів та виникнення дефектів у готових матеріалах.

Ще однією актуальною проблемою є екологічна складова виробництва. Полімерна промисловість пов'язана з використанням хімічних речовин, які потребують точного дозування та контролю для мінімізації шкідливих викидів і відходів. Невідповідність технологічного процесу встановленим нормам може призвести до негативного впливу на навколишнє середовище та здоров'я людей.

Автоматизація виробничих процесів дозволяє значно підвищити ефективність виготовлення поліуретану, оптимізувати використання ресурсів і забезпечити стабільну якість продукції. Сучасні автоматизовані системи дають змогу здійснювати безперервний моніторинг ключових параметрів, таких як температура, тиск, швидкість змішування та співвідношення компонентів, а також оперативно реагувати на будь-які відхилення від заданих значень.

Нижче наведено основні переваги впровадження автоматизованих систем у виробництві поліуретану:

- Підвищення точності процесу: автоматизовані системи забезпечують точне дозування компонентів і стабільне підтримання технологічних параметрів, що мінімізує ризик дефектів.
- Зменшення витрат ресурсів: оптимізація технологічного процесу дозволяє скоротити використання сировини, енергії та часу.
- Покращення якості продукції: постійний контроль параметрів сприяє отриманню поліуретану з передбачуваними фізико-хімічними властивостями.
- Зниження впливу людського фактора: автоматизація процесів дозволяє мінімізувати помилки оператора та підвищити стабільність виробництва.
- Екологічна безпека: контроль процесу дає змогу зменшити кількість відходів і шкідливих викидів, забезпечуючи відповідність екологічним стандартам.
- Можливість інтеграції з інформаційними системами: сучасні рішення дозволяють реалізувати віддалений моніторинг і аналіз даних у реальному часі.

Таким чином, розроблення автоматизованої системи для виготовлення та контролю якості поліуретану є актуальним завданням, спрямованим на підвищення ефективності виробництва, забезпечення стабільної якості продукції та зниження негативного впливу на навколишнє середовище.

1. АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА

Поліуретанове формування є складним технологічним процесом, у якому якісні характеристики готової продукції визначаються точністю дозування компонентів, стабільністю робочого тиску, дотриманням заданого температурного режиму, рівномірністю подавання сировини та коректністю функціонування змішувальної головки. У типовій технологічній схемі процес базується на взаємодії двох основних реагентів — ізоціанату та поліолу. У результаті їхнього змішування ініціюється хімічна реакція, що приводить до утворення поліуретанової піни або іншої полімерної системи, яка надалі формується відповідно до геометрії прес-форми. Специфіка цього процесу полягає в необхідності забезпечення змішування компонентів у строго визначений момент часу, протягом обмеженого інтервалу та з дотриманням попередньо встановленого співвідношення. Навіть мінімальні відхилення у витраті одного з компонентів можуть негативно вплинути на фізико-механічні властивості матеріалу, спричинити неоднорідність його структури, виникнення поверхневих дефектів, порушення щільності або зміну маси готового виробу. У зв'язку з цим у сучасних машинах поліуретанового формування особливого значення набувають не лише конструктивні параметри змішувальної головки, а й ефективність автоматизованої системи керування всією технологічною послідовністю.

Узагальнено процес поліуретанового формування доцільно розглядати як послідовність взаємопов'язаних підготовчих, виконавчих і контрольних операцій. На початковому етапі вихідні компоненти зберігаються в окремих ємностях, у яких забезпечується підтримання заданого температурного режиму та здійснюється контроль рівня рідких реагентів. Надалі компоненти під тиском проходять через фільтрувальні елементи, витратоміри, регулювальні клапани та контури рециркуляції. Після досягнення необхідних технологічних параметрів система переходить у робочий режим, а змішувальна або інжекційна головка забезпечує відкриття каналу подавання підготовленої суміші до прес-форми. Після завершення операції заливання

головка переводиться в режим очищення або самопромивання, а обладнання повертається у стан готовності до виконання наступного виробничого циклу. З технологічної точки зору важливо, що поліуретанові системи після змішування мають обмежений час «життєздатності», тому реагенти не повинні тривалий час перебувати у змішаному стані всередині головки або трубопроводів. З цієї причини у PU-машинах компоненти зазвичай транспортуються окремо, а їх змішування відбувається безпосередньо перед подаванням матеріалу у форму. Це зменшує ризик передчасної полімеризації, засмічення каналів і порушення стабільності технологічного процесу.

Порівняно з традиційними механізованими установками автоматизовані машини для поліуретанового формування забезпечують значно вищу повторюваність виробничих циклів і стабільність технологічних параметрів. Оператор задає необхідні налаштування через НМІ-панель, після чого програмований логічний контролер реалізує послідовність дій відповідно до попередньо сформованого алгоритму керування. Такий підхід дає можливість мінімізувати вплив людського чинника, оперативно змінювати рецептури, встановлювати тривалість заливання, контролювати аварійні режими та підтримувати належну якість продукції в умовах серійного або дрібносерійного виробництва

1.1 Призначення та роль змішувальної головки

Змішувальна головка є одним із ключових вузлів PU-формуальної машини, оскільки саме в ній відбувається перехід від підготовлених окремих компонентів до реакційної суміші (Рис. 1.1). Від конструкції головки, точності її відкриття, швидкості спрацювання клапанів і якості очищення залежить стабільність усього процесу. Її можна розглядати як виконавчий механізм, що поєднує функції дозування, перемикання потоків, формування струменів, змішування та відсікання матеріалу після завершення заливання.

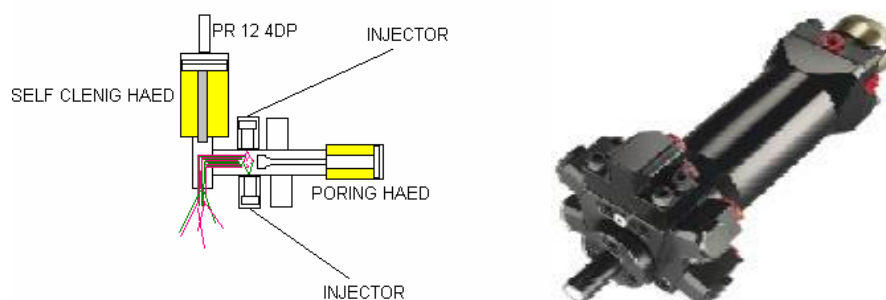


Рисунок 1.1 Змішувальна головка

Змішувальна головка повинна працювати синхронно з усією системою керування. Якщо насосні групи ще не створили необхідний тиск, якщо витрати компонентів перебувають поза допустимими межами або якщо датчик положення не підтвердив готовність механізму, головка не повинна виконувати робочий заливний хід. Саме тому сучасна головка не є лише механічною деталлю. Вона є частиною автоматизованого комплексу, у якому кожне відкривання і закривання контролюється PLC, а інформація про стан вузлів відображається на операторській панелі. Після завершення подавання матеріалу головка має бути очищена від залишків суміші. Якщо цього не зробити, у каналах може розпочатися полімеризація, що спричинить засмічення, нерівномірне подавання компонентів у наступних циклах або повну зупинку обладнання. Тому вузол очищення є обов'язковим елементом багатьох промислових головок. У високонапірних інжекційних системах очищення виконується механічним переміщенням спеціального штока, який витісняє залишки матеріалу та відновлює прохідність каналу.

1.2 Основні типи змішувальних головок

Змішувальні головки можна класифікувати за способом змішування, робочим тиском, способом очищення, кількістю компонентів, типом приводу та ступенем автоматизації. У практиці виробництва поліуретанових виробів найчастіше виділяють низьконапірні головки, високонапірні інжекційні головки, механічні динамічні головки, статичні змішувачі, рециркуляційні головки та самочисні головки. Кожен тип має власну сферу застосування,

переваги й обмеження. Низьконапірні змішувальні головки використовують тоді, коли компоненти подаються до зони змішування за порівняно невисокого тиску, а основне перемішування забезпечується механічним елементом. Такий підхід конструктивно простіший, однак він має суттєві обмеження щодо точності дозування та однорідності суміші. У разі недостатньої інтенсивності перемішування можливе утворення зон із різною концентрацією компонентів, що негативно впливає на якість піни або готового полімерного виробу. Висконапірні головки застосовують тоді, коли необхідно забезпечити точне співвідношення компонентів і стабільну якість у серійному виробництві. Перевагою цього методу є те, що інтенсивність змішування формується не за рахунок окремого механічного змішувача, а завдяки енергії потоків матеріалів. Це зменшує кількість рухомих елементів у камері змішування та дає змогу швидко очищати головку після завершення циклу. Динамічні механічні головки містять обертовий елемент, який активно перемішує компоненти. Вони можуть бути ефективними для деяких композицій, зокрема коли компоненти мають підвищену в'язкість або коли необхідне додаткове механічне диспергування наповнювачів. Однак наявність обертового елемента ускладнює конструкцію, збільшує вимоги до обслуговування та може створювати ризик накопичення залишків матеріалу в робочій зоні. Статичні змішувачі не мають рухомих частин. Змішування у них відбувається під час проходження потоків через спеціальні нерухомі елементи, які багаторазово поділяють, змінюють напрям і з'єднують потік. Такі рішення прості, але для реакційних поліуретанових систем їх застосування потребує особливої уваги до очищення, оскільки залишки суміші всередині статичного елемента можуть швидко тверднути. Рециркуляційні головки забезпечують повернення компонентів у баки або контури подавання, коли заливання не виконується. Це важливо для підтримання стабільної температури, тиску та витрати компонентів. Завдяки рециркуляції система не зупиняє рух рідин повністю, а лише перемикає

напрям потоку. У момент заливання потоки переводяться з рециркуляційного режиму до головки, після чого знову повертаються до циркуляції.

1.3 Порівняльна характеристика низьконапірних і високонапірних систем

Низьконапірні та високонапірні системи є найбільш перспективними для промислового використання, оскільки поєднують економічність, технологічну гнучкість і можливість забезпечення стабільної якості продукції. Вони охоплюють як прості виробничі процеси, так і високоточне автоматизоване формування. Низьконапірні та високонапірні системи відрізняються не лише величиною робочого тиску, а й загальною філософією керування процесом. У низьконапірних машинах головний акцент робиться на подавання компонентів і механічне перемішування. Такі системи можуть бути дешевшими, простішими в обслуговуванні та достатніми для невеликих виробництв. Проте їхнім недоліком є обмежена точність зміни співвідношення компонентів і залежність якості змішування від стану механічного змішувального елементу, в'язкості матеріалу та тривалості перемішування. Високонапірні PU-машини орієнтовані на підвищену точність, продуктивність і повторюваність. Вони потребують складнішої насосної системи, точніших датчиків, надійних клапанів, програмованого контролера та операторської панелі для введення параметрів. Проте саме такі машини дають змогу забезпечити стабільну якість продукції при різних рецептурах і різних масах заливання.

Перевага високонапірної системи особливо проявляється у випадках, коли необхідно оперативно змінювати склад компонентів або масу заливання без істотного переналаштування механічної частини обладнання. За таких умов PLC може зберігати кілька наборів технологічних параметрів, а оператор обирає потрібний режим роботи через HMI-панель. Це має важливе значення для підприємств, які виготовляють поліуретанові вироби різної форми, маси та щільності

1.4 Технологічна послідовність процесу заливання та засоби його автоматизованого керування

Процес заливання в автоматизованій PU-машині являє собою впорядковану послідовність технологічних операцій, що реалізуються під керуванням програмованого логічного контролера. Перед запуском циклу оператор за допомогою НМІ-панелі обирає необхідний технологічний режим, для якого попередньо встановлюються параметри тривалості заливання, часових затримок, співвідношення компонентів, маси вихідного матеріалу та інші робочі налаштування. Після цього система здійснює перевірку готовності основних функціональних вузлів, зокрема двигунів, насосів, датчиків тиску, рівня, витрати та положення елементів змішувальної головки. Після активації кнопки заливання обладнання переходить із режиму низького тиску до режиму високого тиску, що створює необхідні умови для якісного змішування компонентів. Надалі контролер послідовно керує роботою клапанів, формує часові затримки та аналізує сигнали від датчиків. Після підтвердження коректного положення вала очищення відкривається pouring shaft і запускається таймер заливання. Упродовж заданого часу суміш подається у форму, після чого подавання припиняється, головка переходить у режим очищення, а система повертається до режиму низького тиску. Таким чином, заливання в PU-машині реалізується як дискретний автоматизований цикл, у якому кожна наступна операція виконується лише після виконання попередньо заданих умов. Програмований логічний контролер координує взаємодію датчиків, виконавчих механізмів, клапанів, насосів та НМІ-панелі, забезпечуючи стабільність, повторюваність технологічного процесу.

Автоматизація PU-машини неможлива без промислового контролера, який обробляє сигнали, виконує логіку керування та координує роботу виконавчих механізмів. У промислових умовах для таких завдань можуть застосовуватися персональні комп'ютери, програмовані автоматизаційні контролери та програмовані логічні контролери. Вибір конкретного рішення залежить від складності процесу, вимог до надійності, вартості, умов

експлуатації та необхідної швидкодії. Персональні комп'ютери мають значні обчислювальні можливості та зручне програмне середовище, однак вони не завжди є оптимальними для безпосереднього керування промисловим обладнанням. Їхнім обмеженням є чутливість до умов виробничого середовища, ризик збоїв операційної системи та потреба у додаткових засобах для роботи з дискретними й аналоговими сигналами. Тому РС-рішення частіше застосовуються для візуалізації, збору даних або аналітики, але не завжди є найкращими для базового циклового керування машиною.

Програмовані автоматизаційні контролери мають ширші можливості, ніж традиційні PLC, і можуть бути доцільними у великих комплексних системах. Вони підтримують складні алгоритми, мережеву інтеграцію, розширену обробку даних і роботу з багатьма підсистемами. Однак для відносно компактної PU-машини з чіткою цикловою логікою застосування PAC може бути економічно невиправданим.

Програмований логічний контролер є одним із найбільш доцільних і практично обґрунтованих засобів керування для автоматизації процесу поліуретанового заливання. Його застосування зумовлене тим, що PLC спеціально призначений для експлуатації у виробничих умовах, де обладнання працює в режимі тривалих циклічних навантажень, а система керування повинна забезпечувати високу надійність, швидкодію та стійкість до зовнішніх впливів. Такий контролер підтримує роботу з дискретними й аналоговими сигналами, що дає змогу одночасно обробляти команди оператора, показники датчиків і керувати виконавчими механізмами. Крім того, PLC забезпечує реалізацію таймерів, лічильників, логічних блокувань, умовних переходів, аварійних режимів і захисних алгоритмів, які є необхідними для стабільної та безпечної роботи PU-машини. У розглянутій системі використання програмованого логічного контролера є особливо обґрунтованим, оскільки процес заливання має чітко виражений послідовний характер і потребує точного виконання команд у реальному часі. Контролер приймає інформацію від НМІ-панелі, панелі заливання, датчиків тиску,

витратомірів, датчиків наближення, рівня рідини та повітряного тиску. На основі отриманих сигналів він порівнює фактичний стан обладнання із заданими умовами технологічного циклу та формує керуючі сигнали для відповідних виконавчих пристроїв. На виході PLC координує роботу клапанів високого і низького тиску, пневматичних приводів змішувальної головки, інверторів електродвигунів, насосного обладнання та індикаторів аварійних станів. Завдяки цьому забезпечується узгоджена взаємодія всіх вузлів машини, знижується ймовірність помилок оператора, підвищується повторюваність циклів і підтримується стабільна якість готової продукції.

1.5 Human–Machine Interface та операторське керування

НМІ-панель є основним засобом інформаційної взаємодії оператора з автоматизованою системою керування. За її допомогою здійснюється введення технологічних параметрів, вибір режиму роботи, а також візуальний контроль фактичних значень витрати, тиску, маси вихідного матеріалу, співвідношення компонентів, стану електродвигунів, рівня рідини в баках і наявності аварійних сигналів. Використання НМІ підвищує функціональну гнучкість обладнання, оскільки зміна робочих параметрів виконується програмно і не потребує фізичного переналаштування електричної схеми або втручання в апаратну частину системи. Однією з важливих функцій НМІ-панелі є можливість збереження кількох технологічних режимів. Це забезпечує оперативний перехід від виготовлення одного типу виробу до іншого. Для виробництв, де випускаються поліуретанові деталі різної маси, форми або експлуатаційних характеристик, така можливість є суттєвою технологічною перевагою.

Панель заливання доповнює функції НМІ та призначена для безпосереднього керування запуском або зупинкою виробничого циклу. Вона може містити кнопку заливання, а також клавіатуру або інший орган вибору номера технологічного режиму. У такій структурі оператор не змінює програмну логіку контролера, а лише обирає попередньо підготовлені параметри роботи. Це спрощує експлуатацію обладнання, підвищує зручність

керування та зменшує ймовірність помилкових дій персоналу. Важливо зазначити, що НМІ-панель виконує не лише функцію введення та відображення даних, а й діагностичну функцію. У разі виникнення відхилень, пов'язаних із роботою датчиків тиску, витрати, повітряного тиску або положення механічних елементів, оператор має змогу оперативно отримати повідомлення про причину аварійного стану. Відображення діагностичної інформації на екрані скорочує час виявлення несправності, полегшує обслуговування обладнання та сприяє швидшому відновленню нормального технологічного режиму.

1.6 Вплив рециркуляції, робочого тиску та температурного режиму на стабільність технологічного процесу

Рециркуляція компонентів є однією з важливих умов забезпечення стабільної роботи PU-машини та підтримання її готовності до виконання наступного циклу заливання. У періоди, коли подавання матеріалу у форму не здійснюється, компоненти можуть циркулювати у відповідних технологічних контурах або повертатися до баків. Такий режим дає змогу уникнути застою сировини в трубопроводах, підтримувати необхідний температурний стан матеріалів, стабілізувати робочий тиск і забезпечити рівномірність подавання компонентів перед початком нового циклу. У момент запуску заливання напрям руху потоку змінюється: компоненти спрямовуються не в контур рециркуляції, а до змішувальної або інжекційної головки. Стабільність тиску має особливе значення для високонапірного змішування, оскільки від нього залежить швидкість руху компонентів, характер їх взаємодії та інтенсивність змішування. У разі коливання тиску під час виробничого циклу змінюється швидкість струменів компонентів, що може порушити рівномірність їх зіткнення у змішувальній зоні. Наслідком цього можуть бути неоднорідна структура поліуретанової піни, відхилення маси заливання, зниження стабільності фізико-механічних властивостей матеріалу або поява дефектів готового виробу. Тому система керування повинна забезпечувати контроль тиску в лініях матеріалів, а також у

гідравлічному контурі, який відповідає за роботу виконавчих механізмів. Температурний режим також є одним із визначальних чинників стабільності технологічного процесу. Температура впливає на в'язкість компонентів, умови їх перекачування, точність дозування, якість змішування та перебіг хімічної реакції у формі. Для підтримання необхідних температурних параметрів у баках можуть застосовуватися теплообмінники, датчики типу PT100 та окремі температурні контролери. Навіть у випадку, коли температурний контур не підключений безпосередньо до PLC, він залишається важливим технологічним підконтуром, оскільки від стабільності температури залежить повторюваність процесу та якість кінцевої продукції.

Отже, стабільність роботи PU-машини формується не за рахунок одного окремого елемента, а внаслідок узгодженої взаємодії всіх функціональних вузлів системи. Насосне обладнання створює необхідний тиск, інвертори забезпечують регулювання витрати компонентів, датчики контролюють фактичні значення технологічних параметрів, HMI-панель використовується для введення та відображення даних, а PLC координує логіку переходів між режимами роботи. Порушення функціонування будь-якої з цих ланок може призвести до погіршення якості поліуретанового матеріалу, нестабільності виробничого циклу, аварійної зупинки обладнання.

1.7 Вимоги до сучасної PU-машини

Аналіз процесу показує, що якісне поліуретанове формування неможливо забезпечити лише механічною точністю окремих вузлів. Необхідним є поєднання правильної конструкції змішувальної головки, стабільного гідравлічного та пневматичного забезпечення, надійних датчиків, точного дозування, температурного контролю і програмованої логіки керування. Саме взаємодія цих елементів формує технологічну надійність системи. Змішувальні головки високого тиску мають перевагу у виробництвах, де потрібна однорідна суміш, повторюваність дозування і швидке перемикання між режимами. Їхня ефективність пояснюється інтенсивним зіткненням потоків, можливістю рециркуляції компонентів і

наявністю механізму самоочищення. Водночас такі системи потребують якісного керування, оскільки помилки в послідовності відкривання клапанів або в роботі датчиків можуть швидко призвести до дефектів. Контролер у такій машині виконує не допоміжну, а центральну функцію. Він забезпечує зв'язок між технологічною рецептурою, фактичними сигналами від обладнання та командами на виконавчі механізми. Завдяки PLC можна реалізувати декілька режимів виробництва, змінювати час заливання, контролювати витрату та тиск, формувати аварійні блокування і підвищувати загальну безпеку процесу. НМІ-панель робить систему зручною для оператора. Вона перетворює складну внутрішню логіку машини на зрозумілий інтерфейс, у якому можна обрати технологічний варіант, змінити задані значення, переглянути фактичні параметри та отримати повідомлення про несправності. Це особливо важливо в умовах промислового виробництва, де обладнання повинно бути не лише точним, а й практичним в експлуатації.

До сучасної PU-машини доцільно висувати такі загальні вимоги: стабільне підтримання тиску компонентів; точне регулювання витрати компонентів; наявність рециркуляції; контроль температури; швидкодія клапанів; автоматичне очищення головки; надійна аварійна діагностика; можливість зберігання декількох рецептур; простий операторський інтерфейс; мінімізація ручного втручання у процес. Виконання цих вимог дозволяє зменшити виробничі втрати, підвищити якість продукції та забезпечити повторюваність результатів.

Отже, змішувальна головка, контролер і система датчиків повинні розглядатися як єдиний функціональний комплекс. Головка забезпечує фізичне змішування і подавання матеріалу, контролер визначає послідовність дій, датчики підтверджують фактичний стан процесу, а НМІ забезпечує керування і діагностику. Лише за умови узгодженої роботи цих підсистем PU-формувальна машина може стабільно виконувати виробничі цикли з необхідною точністю та якістю.

2. ПРОЄКТНА ЧАСТИНА

2.1. Промисловий контролер

Персональні комп'ютери (ПК) широко використовуються для промислового керування, оскільки дані засоби забезпечують програмні можливості для виконання складних завдань, пропонують графічне, розвинене середовище розробки та користувацьке середовище, а також використовують комерційні готові компоненти (COTS). ПК також забезпечує неперевершену гнучкість, високопродуктивне програмне забезпечення та сучасне недороге апаратне забезпечення.

Проте враховуючи усі позитивні сторони ПК, дане апаратне забезпечення не є ідеальними для застосувань керування. Хоча вони все ще використовуються під час роботи з розширеними функціональними можливостями, такими як аналогове керування та моделювання, підключення до баз даних, веборієнтована функціональність і комунікація з пристроями сторонніх виробників, ПК мають недолік в одному ключовому промисловому аспекті: стандартні ПК не призначені для роботи в жорстких умовах експлуатації. У промислових середовищах використання персональних комп'ютерів як основного засобу керування може бути пов'язане з низкою ризиків. Це зумовлено тим, що в умовах виробництва навіть короточасний простій обладнання може спричинити значні фінансові втрати, які інколи вимірюються тисячами або мільйонами гривень за годину. Універсальні операційні системи ПК не завжди забезпечують необхідний рівень стабільності, оскільки можуть зазнавати системних збоїв, зависань або непланових перезавантажень, що є критичним недоліком для систем промислового керування. Крім того, більшість стандартних компонентів комп'ютерного апаратного забезпечення орієнтовані переважно на споживчий ринок і не розраховані на експлуатацію в складних промислових умовах. Підвищена температура, вологість, пил, вібрації та електромагнітні завади можуть негативно впливати на надійність роботи ПК. Також

персональний комп'ютер може створювати для інженерів з автоматизації складніше та менш звичне середовище програмування порівняно зі спеціалізованими промисловими контролерами. Водночас у виробничому процесі операторам необхідно мати можливість оперативного ручного втручання в роботу системи під час технічного обслуговування, налаштування або усунення несправностей, що потребує більш надійних і пристосованих до промислових умов засобів керування.

Водночас слід зазначити, що протягом останніх років сегмент промислових персональних комп'ютерів суттєво розвинувся та зазнав значного технічного вдосконалення. З'явилися більш захищені апаратні платформи, спеціалізовані операційні системи та програмні засоби, орієнтовані на потреби промислової автоматизації. Проте, незважаючи на ці переваги, ПК все ще залишаються досить складною платформою для багатьох задач промислового керування, оскільки їх використання потребує ретельного узгодження апаратної частини, програмного забезпечення, засобів комунікації та вимог до надійності системи. У зв'язку з цим частина інженерів застосовує сучасні промислові комп'ютерні системи, які поєднують підвищену стійкість до зовнішніх впливів із ширшими функціональними можливостями. Однак при цьому виникає необхідність створення такої системи керування, яка б одночасно забезпечувала рівень надійності, характерний для програмованих логічних контролерів, і водночас мала розширену обчислювальну та програмну функціональність, властиву персональним комп'ютерам. Одним із таких рішень є програмовані автоматизовані контролери, або РАС, які зазвичай використовуються на великих промислових підприємствах для реалізації складних систем керування. Їх застосування є доцільним у випадках, коли необхідно керувати розгалуженими архітектурами, інтегрувати кілька контролерів, обробляти значні обсяги даних або забезпечувати взаємодію з різними підсистемами виробництва. Завдяки високій гнучкості, обчислювальній потужності, а також надійному апаратному й програмному забезпеченню РАС поступово

набувають статусу ефективного рішення для складних задач промислового керування.

З огляду на це, вибір апаратної платформи для реалізації промислових і керуючих застосувань має здійснюватися не лише з позиції технічної продуктивності, а й з урахуванням надійності, вартості, простоти експлуатації та відповідності реальним вимогам конкретного об'єкта автоматизації. Надмірно складні або функціонально надлишкові рішення не завжди є виправданими, особливо у випадках, коли система керування не потребує розгалуженої архітектури, високопродуктивних обчислень чи глибокої інтеграції з корпоративними інформаційними мережами. Саме тому в промисловій практиці зберігається потреба у простих, надійних і економічно доцільних програмованих логічних контролерах, які здатні забезпечити стабільне керування технологічними процесами без надмірного ускладнення системи. Сучасні системи промислової автоматизації повинні забезпечувати узгоджену взаємодію апаратних і програмних компонентів, достатній рівень продуктивності, гнучкість налаштування, стабільність роботи та можливість подальшої модернізації. Важливе значення має також зменшення часу розроблення, впровадження та введення системи в експлуатацію, оскільки для виробничих процесів будь-які затримки або простої обладнання можуть призводити до суттєвих економічних втрат. У цьому аспекті ПЛК залишаються практичним і перевіреним рішенням, оскільки поєднують відносну простоту програмування, високу експлуатаційну надійність і достатню функціональність для більшості типових задач керування. Програмовані логічні контролери протягом тривалого часу є одним із основних засобів автоматизації в промисловому керуванні. Їх широке використання пояснюється адаптованістю до умов виробництва, стійкістю до зовнішніх впливів, зрозумілою логікою роботи та можливістю швидкого налаштування відповідно до вимог конкретного технологічного процесу. У процесі розвитку ПЛК значно розширили свої функціональні можливості, зокрема отримали підтримку аналогових входів і

виходів, мережевої комунікації, а також сучасних стандартів програмування. Це дало змогу застосовувати їх не лише для простих дискретних операцій, а й для складніших задач автоматизованого керування.

Окремою перевагою ПЛК є можливість оперативного ручного втручання в роботу системи під час налагодження, технічного обслуговування або усунення несправностей. Інженер чи оператор може швидко перевірити стан окремих сигналів, примусово активувати необхідні виходи або внести коригування у відповідний фрагмент програми. Такий підхід сприяє скороченню часу діагностики та підвищує зручність експлуатації системи. Натомість системи керування на базі ПК часто потребують використання складніших програмних середовищ, додаткових інструментів і спеціалізованих знань, що може ускладнювати їх обслуговування в умовах реального виробництва. Водночас слід враховувати, що традиційні ПЛК не завжди є оптимальними для задач, які потребують надзвичайно високої швидкодії, реалізації складних алгоритмів керування, розширеного оброблення аналогових сигналів або тісної інтеграції з корпоративними інформаційними системами. Проте в межах проєктів, де основними вимогами є надійність, простота реалізації, зручність обслуговування та економічна доцільність, використання ПЛК є більш раціональним порівняно з промисловими ПК або РАС. Таким чином, вибір контролера має ґрунтуватися на фактичній складності об'єкта керування, необхідній функціональності, умовах експлуатації та витратах на впровадження й подальшу підтримку системи.

Враховуючи вищесказане доцільним є застосування програмованих логічних контролерів серії MITSUBISHI FX2NC (Рис. 2.1), які характеризуються достатньою гнучкістю, продуктивністю та надійністю під час реалізації задач промислового керування. Особливе значення має їх здатність працювати з високошвидкісними лічильниками, що дає змогу здійснювати точний підрахунок імпульсів, зокрема від витратомірів, для подальшого визначення параметрів витрати робочого середовища. Така

функціональність є важливою для систем, у яких необхідно забезпечити стабільний контроль технологічних параметрів і своєчасне реагування на зміну режимів роботи обладнання.



Рисунок 2.1 ПЛК MITSUBISHI FX2NC

Контролери цієї серії можуть ефективно використовуватися разом із розширювальними модулями, що дає змогу збільшити кількість дискретних входів і виходів відповідно до потреб конкретної системи автоматизації. Це забезпечує більшу гнучкість конфігурації та дозволяє адаптувати апаратну структуру контролера до особливостей об'єкта керування. Для реалізації функцій регулювання також можуть застосовуватися аналогові модулі, які забезпечують формування керуючих сигналів для частотних перетворювачів, виконавчих механізмів або інших пристроїв, що потребують плавного керування.

Базові модулі FX2NC доступні у версіях із 16, 32 (Рис. 2.2), 64 (Рис. 2.3а) або 96 (Рис. 2.3б) входами/виходами.

Доступні дев'ять типів виходів: вісім різних типів транзисторних виходів і один тип релейного виходу.

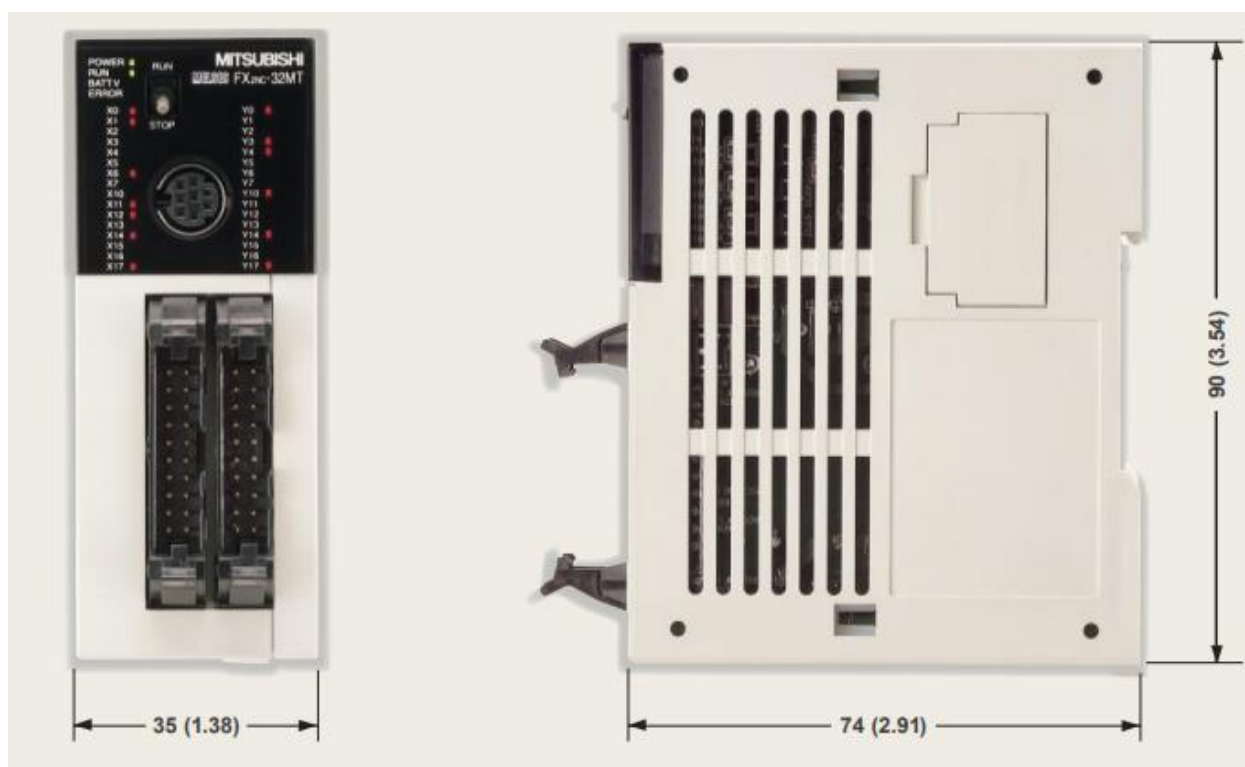
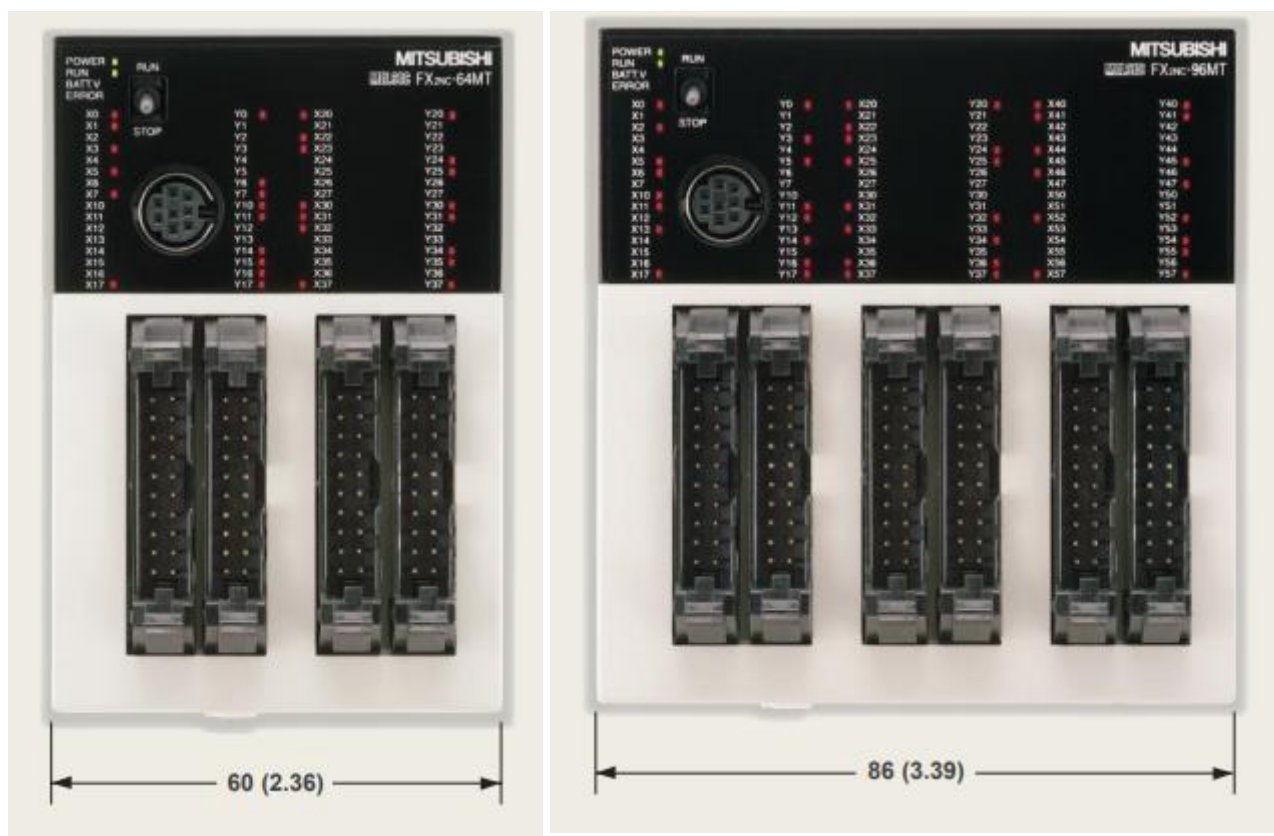


Рисунок 2.2 FX2NC-16MT-DSS / FX2NC-32MT-DSS



а

б

Рисунок 2.3 FX2NC-64MT-DSS – а, FX2NC-96MT-DSS – б.

Контролери цієї серії характеризуються дуже компактними габаритними розмірами які вказані на рисунку 2.2-2.3 в мм (дюймах), що дає змогу зручно інтегрувати їх у шафи керування з обмеженим простором. Вони оснащені стандартним інтерфейсом для підключення програмувального пристрою, що спрощує процес налаштування, програмування та діагностики. Для зручності контролю роботи системи передбачено світлодіодну індикацію стану входів і виходів, завдяки чому оператор або інженер може швидко оцінити поточний стан сигналів без використання додаткового обладнання.

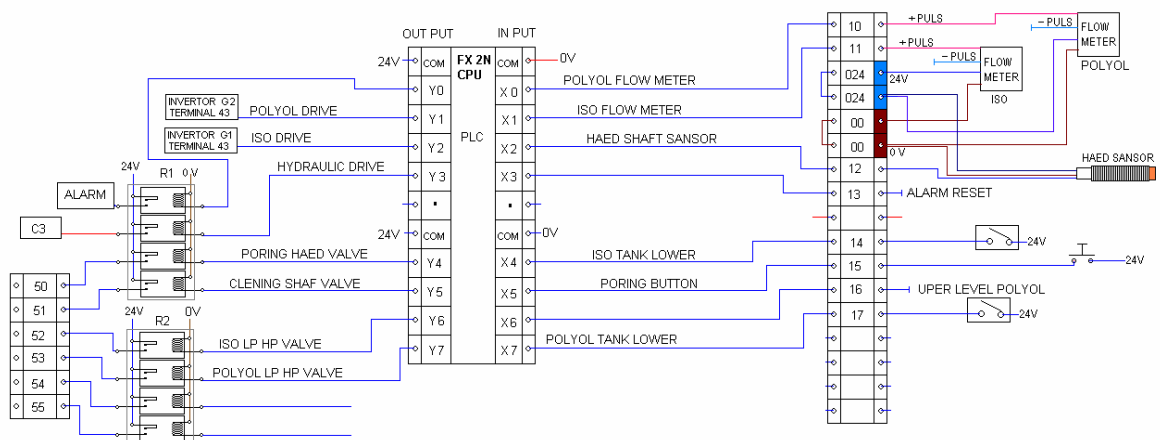


Рисунок 2.4 FX 2NC схема підключення базового блоку

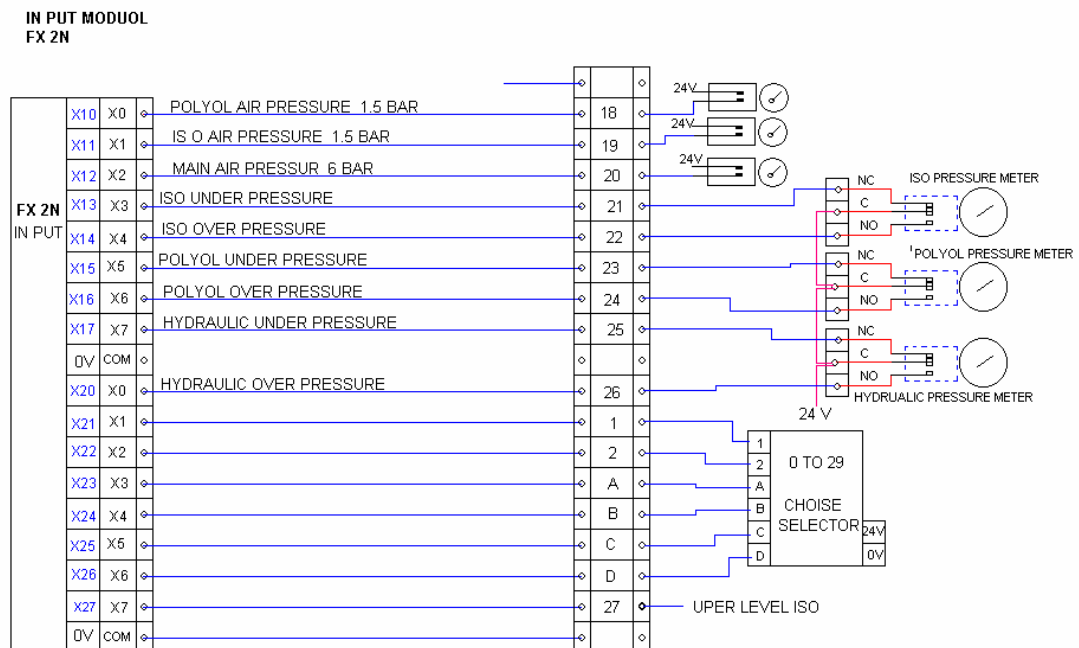


Рисунок 2.5 FX2NC Схема підключення модуля розширення входу

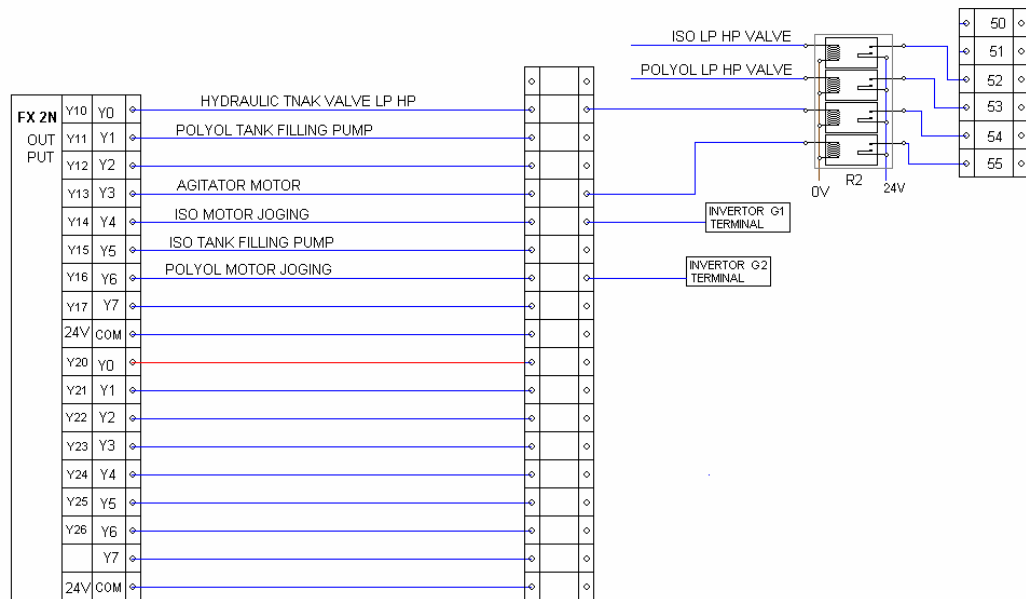


Рисунок 2.6 FX2NC Схема підключення модуля розширення виходу

Конструкція контролера передбачає використання знімних клемних блоків або спеціальних роз'ємів для стрічкового кабелю залежно від типу виходів. Зокрема, у моделях із релейними виходами застосовуються гвинтові клеми, тоді як у варіантах із транзисторними виходами використовуються роз'єми для системного кабельного підключення. Крім того, наявність слота для плат пам'яті дає змогу зберігати програму ПЛК обсягом до 16 тисяч кроків. Для підвищення зручності монтажу та розширення функціональних можливостей також можуть використовуватися адаптерні модулі й комплекти системного кабельного підключення для модулів із роз'ємами під стрічковий кабель.

2.2. Датчики

2.2.1. Датчик витрати

Датчик витрати є вимірювальним пристроєм, призначеним для визначення та контролю параметрів руху робочого середовища в трубопроводі або у відкритому просторі. Як робоче середовище можуть використовуватися вода, хімічні речовини, повітря, газ, пара, а в окремих випадках — сипкі або тверді матеріали. У системах автоматизованого керування контроль витрати є одним із важливих параметрів технологічного процесу, оскільки стабільність потоку безпосередньо впливає на якість,

безпечність і ефективність роботи обладнання. Для вимірювання та контролю витрати застосовуються різні методи й типи приладів, вибір яких залежить від фізичних властивостей середовища, умов експлуатації, необхідної точності та способу подальшого використання вимірювального сигналу. У виробничих умовах можуть використовуватися як місцеві пристрої для безпосереднього контролю параметрів потоку на місці встановлення, так і спеціалізовані датчики або перетворювачі, призначені для передавання сигналу до системи керування. Потік робочого середовища може мати різну природу, зокрема це може бути потік рідини, газу, пари або іншого технологічного середовища. Відповідно до цього підбирається тип датчика витрати, його конструктивне виконання та принцип дії. У разі, коли немає потреби у відображенні додаткових параметрів у контурі керування, доцільним є застосування місцевого датчика витрати. Такий пристрій може виконувати функцію контролю граничних значень потоку та формувати керуючий сигнал для відключення лінії у разі досягнення нижнього або верхнього встановленого порогу.

Процес вибору датчика витрати залежить від багатьох факторів:

1. Вимоги до точності в конкретному застосуванні;
2. вимоги до повторюваності в конкретному застосуванні;
3. ціна / економічні обмеження;
4. міцність або здатність працювати в суворих чи небезпечних умовах;
5. розмір;
6. простота встановлення;
7. особисті або корпоративні переваги.

Датчики витрати SIKA об'ємного типу належать до високоточних вимірювальних перетворювачів, призначених для визначення об'ємної витрати робочого середовища. Їх робота ґрунтується на принципі об'ємного витіснення, за якого потік середовища приводить у рух пару зубчастих коліс. Конструктивні елементи датчика виготовляються з високою точністю та проходять ретельне складання, що забезпечує стабільність і достовірність

вимірювання. Обертання зубчастих коліс фіксується двома безконтактними сенсорами. Оскільки кожен зубець під час проходження через зону зчитування формує окремий імпульс, датчик забезпечує високу роздільну здатність вимірювання. Завдяки цьому такі пристрої дають змогу точно реєструвати навіть дуже малі значення витрати, а також здійснювати дозування невеликих об'ємів робочого середовища з високою точністю.

Основні конструкційні елементи датчики витрати (Рис. 2.4):

1. Нижня частина корпусу
2. Кришка корпусу
3. Зубчасті колеса
4. Попередній підсилювач
5. З'єднувальний штекер
6. Датчики зчитування
7. Підшипник
8. Вимірювальна камера

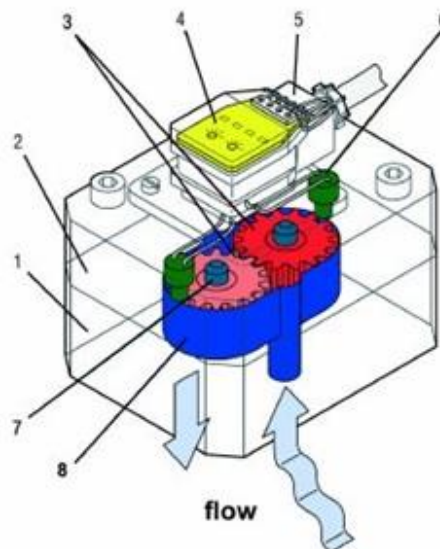


Рисунок 2.7 Будова датчики витрати

2.2.2. Манометр

Для контролю тиску в контурах ізоціанату, поліолу та гідравлічної системи застосовувалися манометри, які забезпечують оператору можливість візуального спостереження за поточними значеннями тиску під час роботи

обладнання. Це є важливим для підтримання стабільності технологічного процесу, оскільки точність функціонування машини безпосередньо залежить від відповідності фактичних параметрів тиску встановленим режимам для кожного виробничого циклу заливання. Під час роботи в режимі високого тиску його значення повинно підтримуватися в межах 150–200 бар, що є необхідною умовою для забезпечення якісного та точного змішування компонентів. Відхилення тиску від заданого діапазону може негативно впливати на рівномірність подачі матеріалів, стабільність процесу змішування та кінцеві характеристики отриманого виробу.

Для вимірювання тиску в промислових системах застосовуються різні методи й типи вимірювальних приладів. До найбільш поширених належать прилади на основі трубки Бурдона, сильфонні вимірювальні пристрої, діафрагмові елементи, тензорезисторні та п'єзоелектричні перетворювачі, а також засоби вимірювання, що ґрунтуються на інших електричних ефектах, зокрема ємнісному або індуктивному принципі дії. Найпростішим і водночас практично зручним способом контролю тиску є використання місцевого індикатора. У такому випадку оператор може безпосередньо спостерігати за значенням тиску на місці встановлення приладу. У системі застосовується індикатор тиску з двома цифровими вихідними сигналами, один із яких призначений для фіксації перевищення верхнього допустимого значення тиску, а інший — для контролю зниження тиску нижче встановленого порогу. Вимірювання тиску здійснюється за допомогою місцевого індикатора, принцип дії якого базується на використанні трубки Бурдона (Рис 2.5).



Рисунок 2.8 Манометр

2.2.3. Датчик наближення

Для визначення положення та контролю роботи очисного штока під час виконання виробничого заливання застосовується датчик наближення. Його використання дає змогу підвищити надійність функціонування системи, запобігти помилковим спрацюванням, а також мінімізувати ризик виникнення аварійних ситуацій під час роботи обладнання. Датчик наближення призначений для виявлення об'єктів без безпосереднього фізичного контакту з ними. Принцип його роботи зазвичай ґрунтується на формуванні електромагнітного поля або променя та подальшому контролі змін, які виникають у цьому полі внаслідок наближення об'єкта. Об'єкт, що підлягає виявленню називають ціллю датчика.

Вибір конкретного типу датчика наближення залежить від матеріалу та фізичних властивостей об'єкта, який необхідно виявити. Наприклад, для контролю наявності пластикових елементів можуть застосовуватися ємнісні або фотоелектричні датчики. Натомість індуктивні датчики наближення використовуються переважно для виявлення металевих об'єктів, оскільки їх принцип дії базується на взаємодії з електропровідними матеріалами.

2.2.4. Контролер температури

Контролери температури потрібні в будь-якій ситуації, коли необхідно підтримувати задану температуру стабільною. Це може бути ситуація, коли об'єкт потрібно нагрівати, охолоджувати або виконувати обидва процеси та підтримувати його на цільовій температурі (заданому значенні), незалежно від змін навколишнього середовища. Існують два основні типи регулювання температури: керування з відкритим контуром і керування із замкненим контуром. Відкритий контур є найпростішою формою та передбачає безперервне нагрівання/охолодження без урахування фактичної вихідної температури.

З огляду на відсутність доцільності під'єднання контролера температури до ПЛК, його роботу було реалізовано в автономному режимі. Такий підхід є технічно обґрунтованим, оскільки для виконання відповідних

функцій не передбачалася потреба у забезпеченні підвищеної точності регулювання, яка вимагала б безпосередньої інтеграції з програмованим логічним контролером. Крім того, підключення температурного контролера до ПЛК потребувало б використання додаткового температурного модуля, що ускладнило б апаратну конфігурацію системи та призвело б до збільшення загальних витрат. Тому автономне застосування контролера температури є більш раціональним, технічно достатнім і економічно доцільним рішенням.

2.2.4. Інтерфейс «людина-машина» (НМІ)

Усі основні параметри технологічного процесу, зокрема показання датчика витрати, відображалися на операторській панелі НМІ. Це забезпечувало зручну взаємодію оператора із системою керування, оскільки користувач мав можливість безпосередньо спостерігати за поточними значеннями робочих параметрів, контролювати стан обладнання та оперативно здійснювати необхідні налаштування. Відображення інформації на НМІ значно спрощує процес експлуатації системи, оскільки всі важливі дані подаються в наочній формі та можуть бути швидко проаналізовані оператором під час роботи обладнання.

Для підвищення зручності керування в контролері було передбачено можливість вибору одного з 30 попередньо заданих режимів. Кожен із цих режимів міг відповідати певним технологічним параметрам або умовам виробничого заливання. Завдяки цьому оператор мав змогу швидко обрати необхідний варіант роботи без потреби щоразу вручну вводити всі значення. Такий підхід зменшує ймовірність помилок під час налаштування, скорочує час підготовки обладнання до роботи та забезпечує більш стабільне повторення технологічного процесу.

Як операторський інтерфейс застосовувалася панель MITSUBISHI F930GOT (Рис. 2.6), яка призначена для візуалізації параметрів, введення команд і забезпечення зв'язку між оператором та програмованим логічним контролером. Використання такої НМІ-панелі дає змогу реалізувати зручне

керування системою, відображати поточні значення технологічних величин, стан вхідних і вихідних сигналів, а також забезпечувати вибір необхідних режимів роботи. Крім того, панель спрощує процес обслуговування та діагностики, оскільки оператор може швидко отримати інформацію про поточний стан системи та своєчасно реагувати на зміну робочих параметрів.



Рисунок 2.9 Панель MITSUBISHI F930GOT

2.3. Система зберігання та подачі компонентів

Початковим елементом технологічного процесу є баки (Рис 2.7) для зберігання хімічних компонентів, оскільки кожна речовина має окрему ємність, призначену для її накопичення та подальшої подачі під час виробничого циклу. Кожен бак обладнаний пневматично керованим насосом дозаправлення, що забезпечує автоматичне поповнення ємності хімічною речовиною. Для контролю рівня в кожному баку встановлено два датчики рівня, які використовуються як для індикації поточного стану заповнення, так і для керування роботою насосів дозаправлення. Крім того, конструкція баків передбачає наявність водяної сорочки, розташованої в нижній частині ємності. Вона призначена для регулювання температури хімічних компонентів, що зберігаються в баках. Такий підхід дає змогу підтримувати необхідний температурний режим речовин перед їх подачею в технологічну лінію, що є важливим чинником для забезпечення стабільності процесу змішування та якості кінцевого виробу.

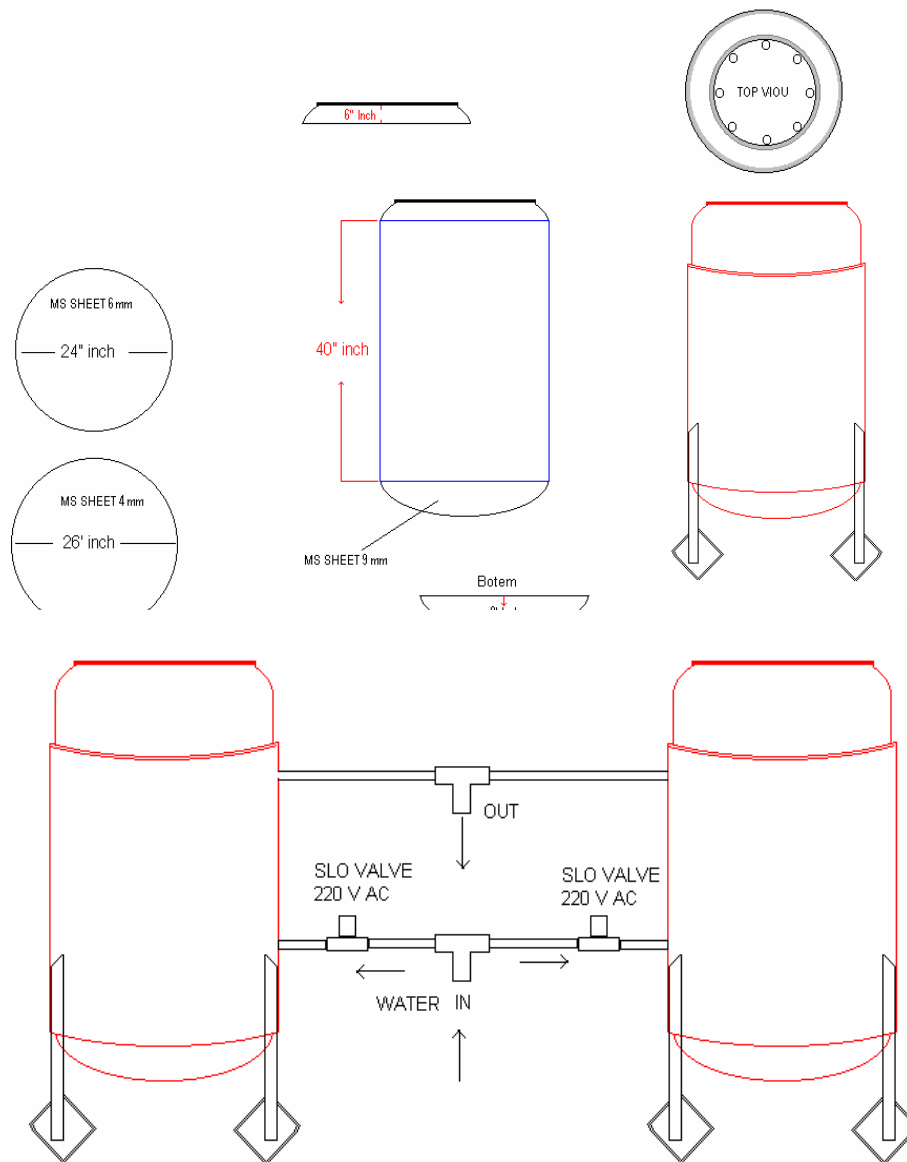


Рисунок 2.10 Баки для зберігання хімічних компонентів

Температура в обох баках регулюється за допомогою окремих температурних контролерів. Таке рішення є технічно доцільним для даного типу застосування, оскільки дає змогу забезпечити необхідний рівень температурного контролю без ускладнення структури системи керування. Як чутливий температурний елемент використовується датчик типу PT100, що належить до терморезистивних датчиків температури. Застосування окремих температурних контролерів є також економічно обґрунтованим, оскільки використання спеціалізованої RTD-карти для ПЛК потребувало б додаткових

витрат. Охолодження хімічних компонентів у баках здійснюється за рахунок подачі холодної води через водяні сорочки. Коли температура речовини перевищує задане значення, встановлене в градусах Цельсія на температурному контролері, подача води в сорочку бака вмикається автоматично. Керування цим процесом здійснюється за сигналом від датчика температури PT100, встановленого окремо для кожного бака. Температурний контролер, отримуючи сигнал від датчика, формує керуючий вихідний сигнал на електромагнітні клапани напругою 220 В змінного струму, які безпосередньо забезпечують відкривання або закривання подачі води. Для додаткового підтримання температурної стабільності хімічних компонентів під час їх руху в технологічній лінії використовується теплообмінник. Для кожної лінії подачі хімічної речовини передбачено окремий теплообмінний вузол, який забезпечує контроль температури компонента безпосередньо під час його циркуляції. Це дає змогу уникнути небажаних температурних відхилень у процесі транспортування речовин і підтримувати стабільні умови перед їх подачею до змішувальної головки.

Подача кожного хімічного компонента здійснюється окремим насосом, який призначений для створення необхідного робочого тиску в лінії. Насоси встановлюються безпосередньо на вал електродвигуна змінного струму, що забезпечує ефективну передачу механічної енергії та стабільну роботу насосного вузла (Рис 2.8). Завдяки цьому формується необхідний тиск для подальшого переміщення компонентів через фільтри, датчики витрат, теплообмінники та інші елементи системи. Для приводу насосів використовуються електродвигуни змінного струму, кожен із яких працює з відповідним хімічним компонентом окремо. Керування електродвигунами здійснюється за допомогою частотних перетворювачів, які дають змогу змінювати частоту обертання двигунів і, відповідно, регулювати продуктивність насосів. Це є важливим для забезпечення необхідної витрати та підтримання заданого співвідношення між хімічними компонентами під час виробничого процесу.

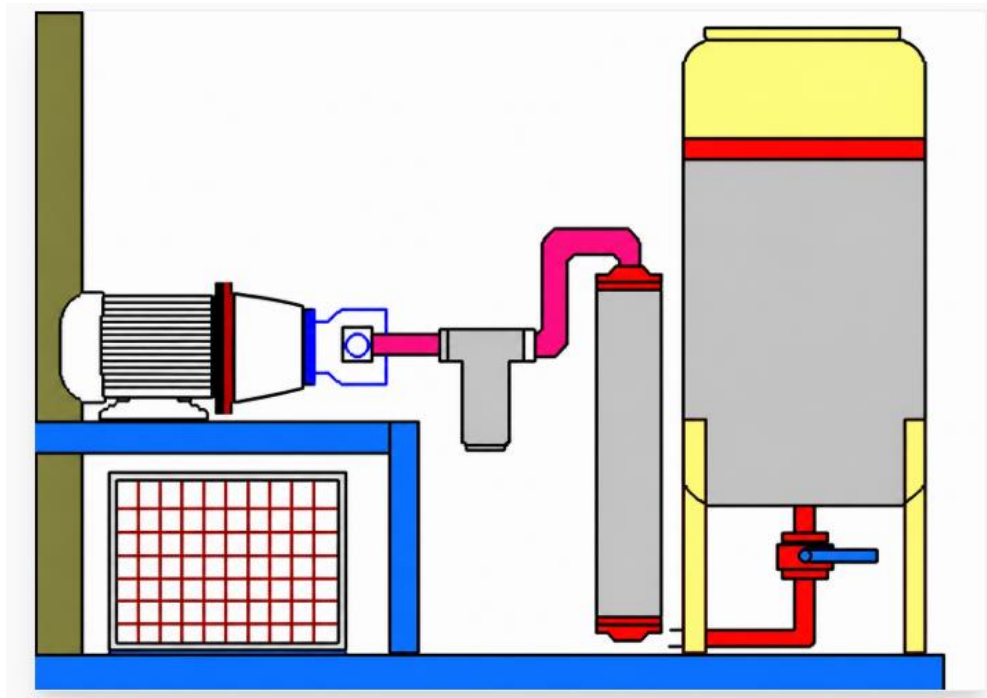


Рисунок 2.11 Баки, двигуни, фільтри та насоси

Частотні перетворювачі в цьому випадку виконують функцію приводів із регульованою частотою обертання, тобто VFD. Зміна швидкості обертання електродвигунів дає змогу безпосередньо впливати на витрату хімічних речовин. Керування частотними перетворювачами здійснюється від ПЛК, який змінює їх вихідні параметри відповідно до даних, введених оператором через НМІ-панель. Завдяки цьому забезпечується можливість отримання змінного співвідношення компонентів, що є важливою перевагою порівняно зі старішими PU-формувальними машинами, у яких така функціональність була відсутня. Для керування трифазними електродвигунами змінного струму застосовуються частотні перетворювачі SEW, окремо для кожної лінії хімічного компонента. Оскільки регулювання швидкості обертання двигунів потребує аналогового керуючого сигналу, у системі використовується модуль аналогового виходу ПЛК. Він формує сигнал у діапазоні 0–10 В постійного струму, який подається на вхід завдання швидкості частотного перетворювача. Відповідно до величини цього сигналу інвертор змінює частоту обертання електродвигуна, забезпечуючи необхідну витрату хімічного компонента та стабільність роботи всієї системи подачі.

2.4. Технологічний процес

Для більш наочного представлення послідовності руху робочого середовища та взаємодії основних елементів обладнання технологічний процес доцільно подати у вигляді діаграми потоку (Рис. 2.9). Такий підхід дає змогу комплексно простежити переміщення хімічного компонента від бака до основних виконавчих вузлів, а також визначити функціональне призначення окремих елементів системи, які забезпечують подачу, контроль витрати, створення робочого тиску та рециркуляцію рідини.

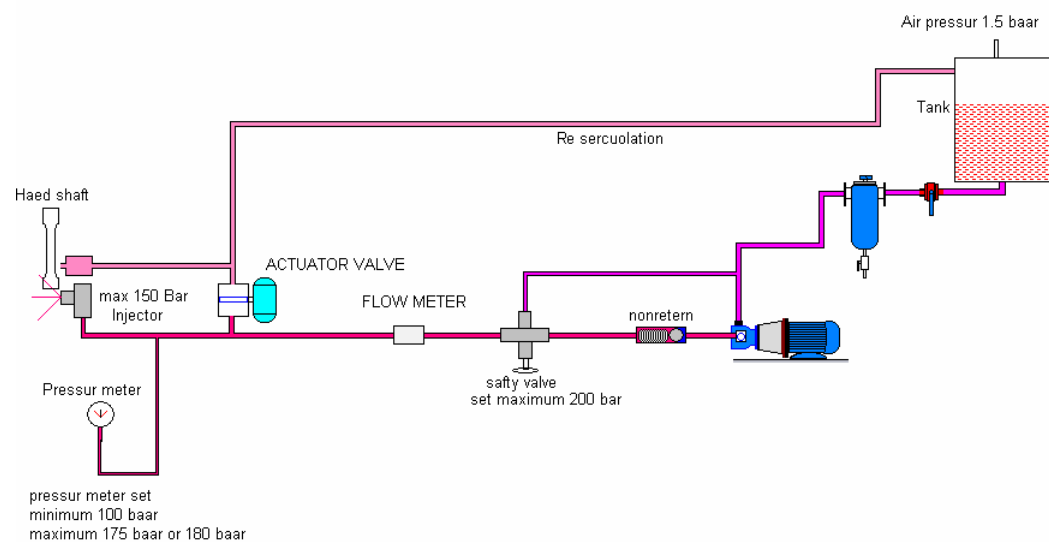


Рисунок 2.12 Схема технологічного процесу

Потік робочого середовища формується з бака, після чого рідина проходить через фільтрувальний елемент, призначений для попереднього очищення хімічної речовини перед її подачею до насосного вузла та змішувальної головки. Після проходження через фільтр хімічний компонент надходить до насоса, де створюється необхідний робочий тиск. Контроль і регулювання цього параметра здійснюється за допомогою манометра, встановленого на насосному обладнанні.

Після насосного вузла робоче середовище надходить у зону встановлення датчика витрати. Цей елемент використовується для реєстрації фактичної витрати хімічної речовини, а також для подальшого оброблення

отриманих імпульсних сигналів у програмі ПЛК. Завдяки цьому забезпечується можливість контролю кількості поданого компонента та відображення відповідних значень у системі керування. Особливістю даного процесу є те, що витрата обох рідин залишається стабільною незалежно від відкривання або закривання головного штока змішувальної головки. Це дає змогу підтримувати безперервний рух компонентів у системі та забезпечувати сталість технологічних параметрів під час роботи обладнання.

Після проходження через зону вимірювання витрати хімічна речовина може рухатися у двох напрямках. Перший напрям передбачає рециркуляцію компонента, тобто його повернення в систему для підтримання постійного руху та запобігання застою. Другий напрям забезпечує подачу речовини безпосередньо до змішувальної головки для виконання процесу заливання. Така організація руху робочих середовищ дає змогу забезпечити стабільну подачу обох хімічних компонентів з відповідних контурів і підтримувати необхідні умови для якісного змішування (Рис. 2.10).

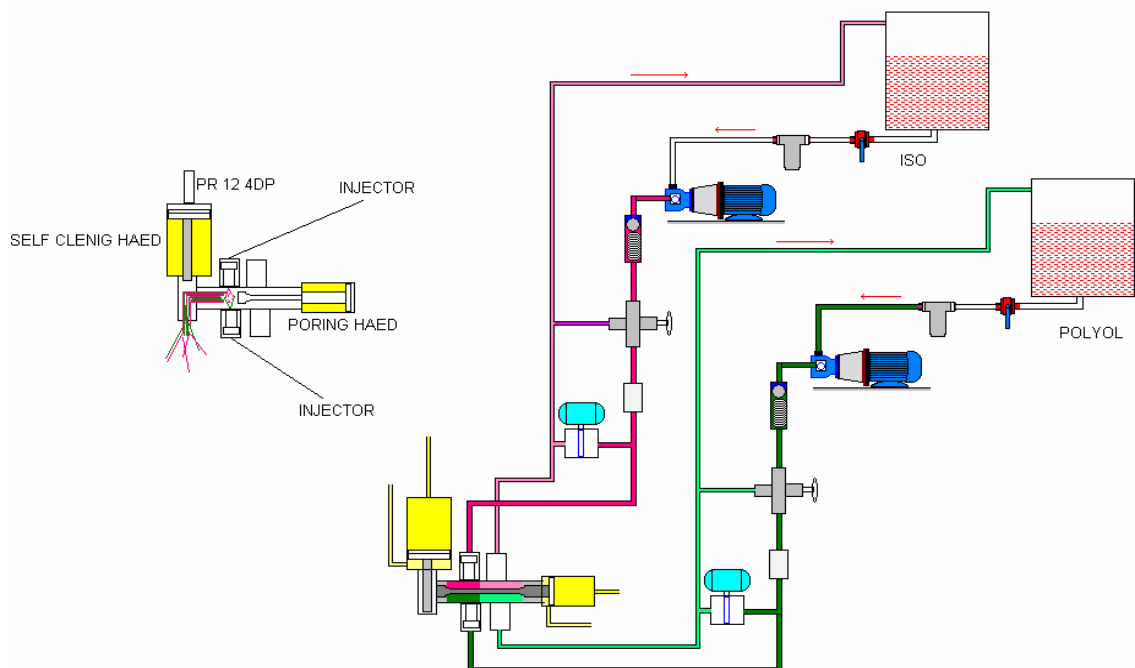
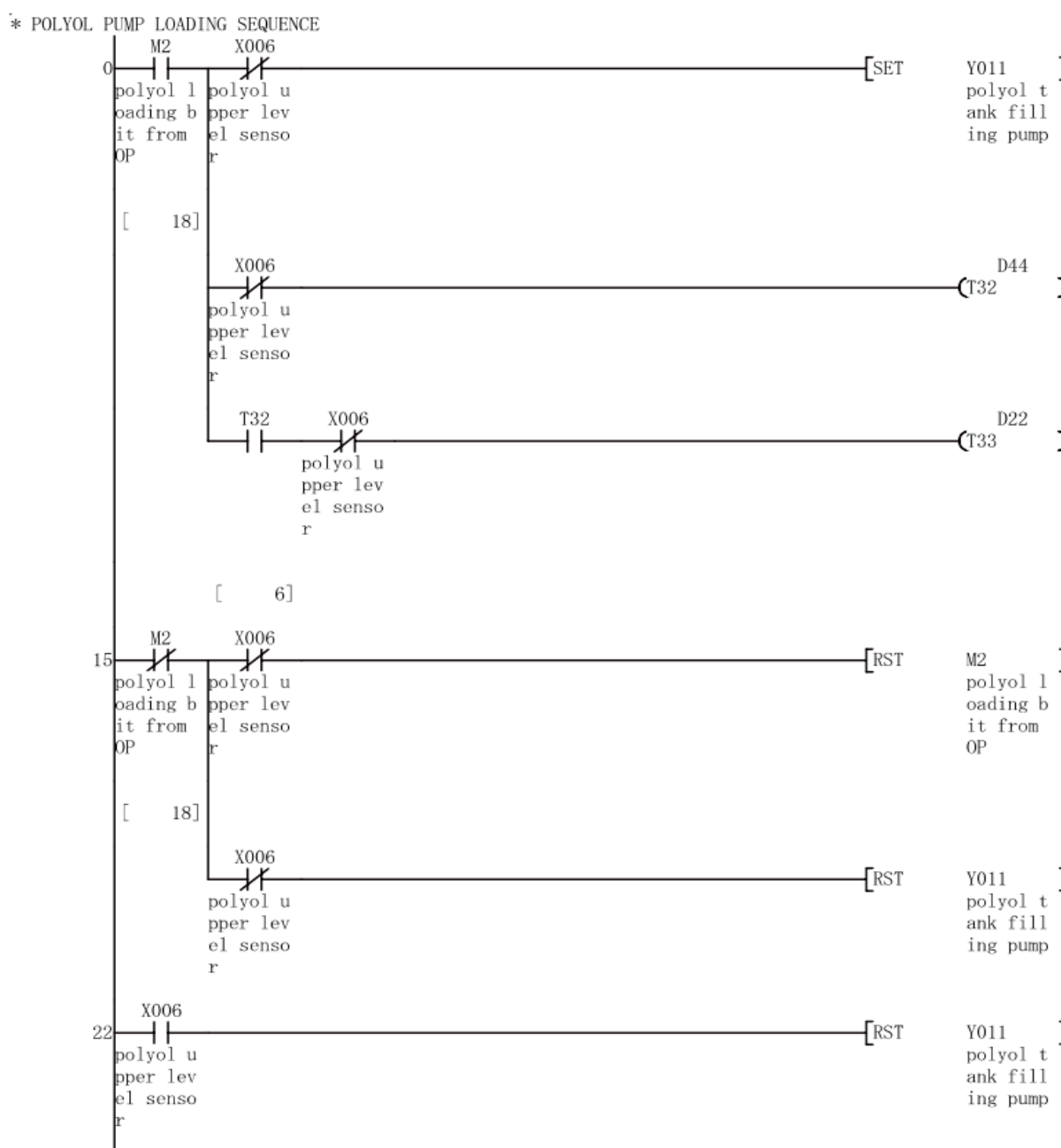


Рисунок 2.13 Діаграми потоку

3 СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА

На початковому етапі було здійснено моделювання процесу функціонування змішувальної головки з урахуванням специфіки виробничого циклу, послідовності виконання технологічних операцій та взаємодії основних виконавчих елементів системи. Такий підхід дав змогу попередньо проаналізувати динаміку роботи змішувального вузла, оцінити вплив окремих параметрів на стабільність процесу та визначити оптимальну логіку керування до її практичного впровадження в обладнання.



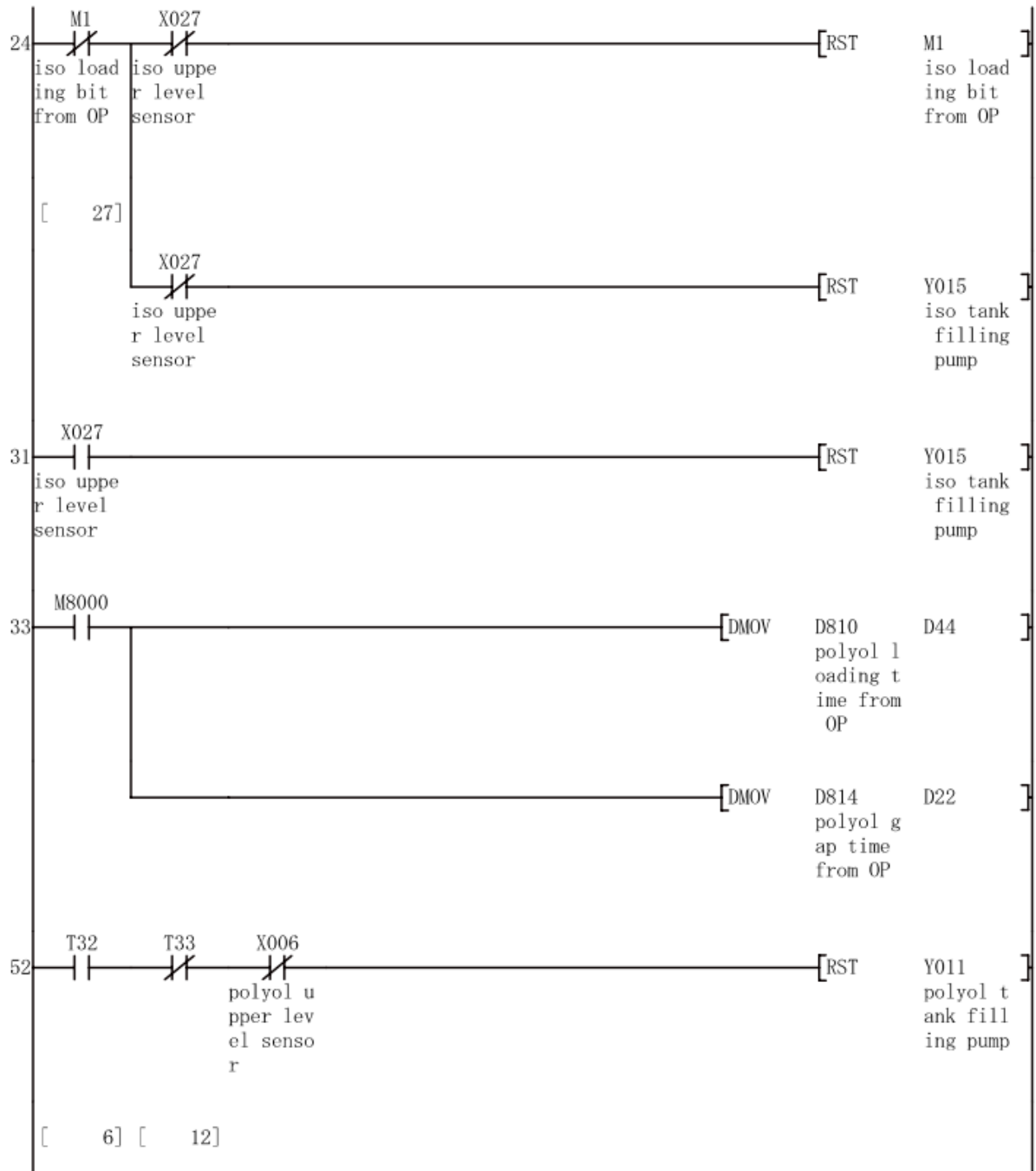


Рисунок 3.1 Схема програми для програмованого логічного контролера на мові LD

```

;* POLYOL PUMP LOADING SEQUENCE
0 LD M2 = polyol loading bit from OP
1 MPS
2 ANI X006 = polyol upper level sensor
3 SET Y011 = polyol tank filling pump
4 MRD
5 ANI X006 = polyol upper level sensor
6 OUT T32 D44
9 MPP
10 AND T32
11 ANI X006 = polyol upper level sensor
12 OUT T33 D22
15 LDI M2 = polyol loading bit from OP
16 MPS
17 ANI X006 = polyol upper level sensor
18 RST M2 = polyol loading bit from OP
19 MPP
20 ANI X006 = polyol upper level sensor
21 RST Y011 = polyol tank filling pump
22 LD X006 = polyol upper level sensor
23 RST Y011 = polyol tank filling pump
24 LDI M1 = iso loading bit from OP
25 MPS
26 ANI X027 = iso upper level sensor
27 RST M1 = iso loading bit from OP
28 MPP
29 ANI X027 = iso upper level sensor
30 RST Y015 = iso tank filling pump
31 LD X027 = iso upper level sensor
32 RST Y015 = iso tank filling pump
33 LD M8000
34 DMOV D810 D44 = polyol loading time from OP
43 DMOV D814 D22 = polyol gap time from OP
52 LD T32
53 ANI T33
54 ANI X006 = polyol upper level sensor
55 RST Y011 = polyol tank filling pump
56 LD T33
57 MPS
58 ANI X006 = polyol upper level sensor
59 RST T32
61 MPP
62 ANI X006 = polyol upper level sensor
63 RST T33
;* ISO LOADING PUMP SEQUENCE
65 LD M1 = iso loading bit from OP
66 MPS
67 ANI X027 = iso upper level sensor
68 SET Y015 = iso tank filling pump
69 MRD
70 ANI X027 = iso upper level sensor
71 OUT T34 D55
74 MPP
75 AND T34
76 ANI X027 = iso upper level sensor
77 OUT T35 D33
80 LD M8000
81 DMOV D818 D55 = iso loading time from OP
90 DMOV D822 D33 = iso gap time from OP
99 LD T34
100 ANI T35
101 ANI X027 = iso upper level sensor
102 RST Y015 = iso tank filling pump
103 LD T35
104 MPS
105 ANI X027 = iso upper level sensor
106 RST T34
108 MPP
109 ANI X027 = iso upper level sensor
110 RST T35
;* POLYOL TANK LEVEL LOW (SCREENS)
112 LDI X007 = polyol tank lower level sensor
113 MOV K44 D0
118 LDI X007 = polyol tank lower level sensor
119 OUT M49
120 LDI X007 = polyol tank lower level sensor
121 OUT M57
122 LDI X007 = polyol tank lower level sensor
123 RST M6 = POURING on/off bit from OP
124 LD M8000
125 MOV K500 D15
;* ISO TANK LEVEL LOW (SCREENS)
130 LDI X004 = iso tank lower level sensor
131 MOV K43 D0
136 LDI X004 = iso tank lower level sensor
137 OUT M59
138 LDI X004 = iso tank lower level sensor
139 OUT M57
140 LDI X004 = iso tank lower level sensor
141 RST M6 = POURING on/off bit from OP
;* AGITATOR MOTOR ON/OFF
142 LD M8000
143 AND M4 = agitator motor ON/OFF bit
144 OUT Y013 = agitator motor
;* POLYOL OVER PRESSURE ERROR + SCREEN
145 LD M8000
146 AND X016 = polyol over pressure
147 OUT M49
148 OUT M69
149 MOV K45 D0
;* ISO OVER PRESSURE ERROR + SCREEN
154 LD M8000
155 AND X014 = iso over pressure
156 OUT M59

```

Рисунок 3.2 Код програми для програмованого логічного контролера на мові Instruction List (IL)

Для реалізації моделювання використовувалися програмні середовища MATLAB та SIMULINK, які є ефективними інструментами для створення математичних, структурних та імітаційних моделей технічних систем. За їх допомогою можна відтворювати поведінку динамічних об'єктів, аналізувати зміну параметрів у часі, перевіряти реакцію системи на різні вхідні сигнали, а також досліджувати можливі відхилення від заданих режимів роботи. Це особливо важливо для процесів змішування, де стабільність тиску, своєчасність спрацювання виконавчих механізмів і точність керуючих сигналів безпосередньо впливають на якість кінцевого результату. Застосування імітаційної моделі дозволило перевірити правильність побудови алгоритму керування змішувальною головою ще до його перенесення на машинний контролер. У процесі моделювання було проаналізовано послідовність відкривання та закривання відповідних механізмів, роботу системи під час переходу між режимами, а також узгодженість дій окремих елементів керування.

3.1 Програмне виробничого процесу

Алгоритм роботи системи заливання (Рис. 3.3) починається з натискання оператором кнопки Pouring на панелі керування. Після подання цієї команди машина переходить із режиму низького тиску в режим високого тиску, що є необхідною умовою для забезпечення стабільного та точного змішування компонентів під час подальшого заливання. Після переходу системи у високонапірний режим активується таймер рециркуляції. Протягом заданого часу компоненти циркулюють у відповідних контурах, що дає змогу стабілізувати тиск, витрату та підготувати систему до виконання основної операції. Після завершення часу рециркуляції спрацьовує клапан очисного штока, який переводиться у відповідний робочий стан. Далі датчик наближення контролює положення очисного штока та передає сигнал до контролера. Отримання цього сигналу підтверджує, що попередня операція виконана коректно і система може

перейти до наступного етапу. Додатково в алгоритмі враховується таймер затримки, який забезпечує необхідну паузу між окремими діями механізмів, запобігаючи передчасному або помилковому спрацюванню виконавчих елементів. Після підтвердження правильного положення механізму відкривається клапан заливального штока, унаслідок чого починається процес подачі компонентів до змішувальної головки та виконання заливання. Тривалість цієї операції визначається таймером заливання, який задає час відкритого стану клапана відповідно до необхідної кількості матеріалу або заданого технологічного режиму. Після завершення встановленого часу заливання клапан закривається, а машина автоматично переходить із режиму високого тиску назад у режим низького тиску. Таким чином, алгоритм забезпечує послідовне виконання всіх основних операцій: запуск заливання, перехід у високонапірний режим, рециркуляцію, контроль положення очисного штока, відкривання заливального клапана, виконання заливання та повернення системи до початкового режиму роботи.

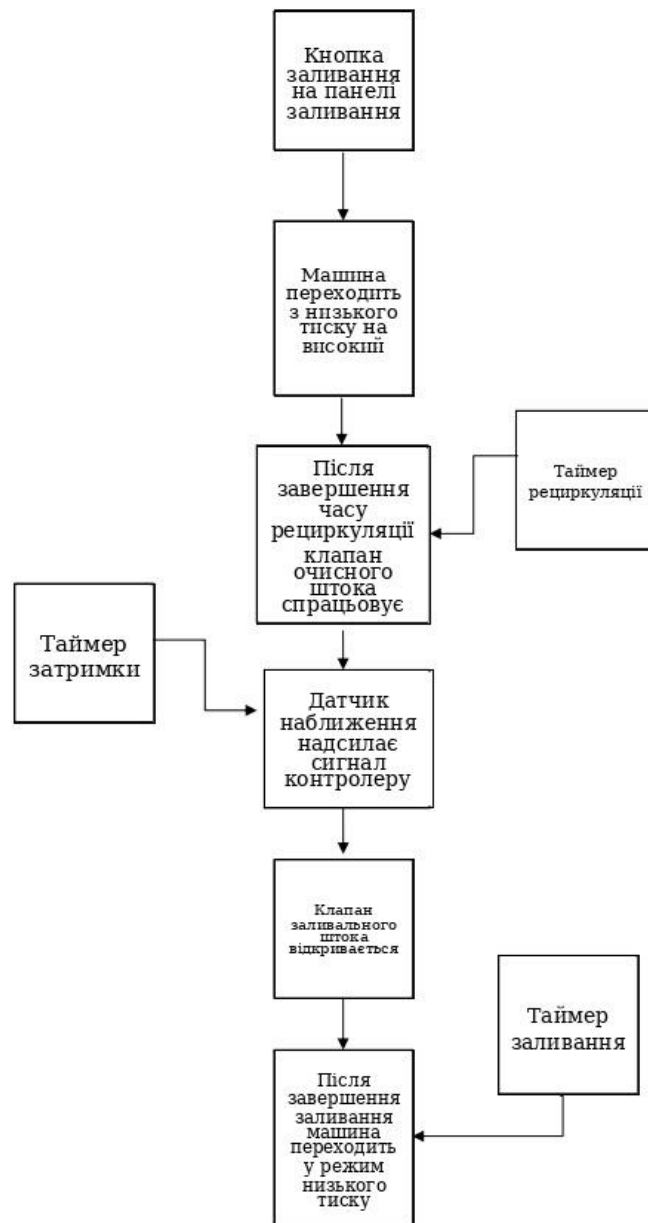


Рисунок 3.3 Алгоритм роботи системи заливання

3.2 Модель для процедури переходу системи від режиму низького тиску (LP/HP)

Моделювання роботи системи було виконано у програмному середовищі **MATLAB**, яке дає змогу здійснювати математичний опис, імітаційне моделювання та аналіз динамічних процесів у технічних системах. На початковому етапі було сформовано модель **MATLAB** для процедури **LP/HP**, тобто переходу системи від режиму низького тиску до режиму високого тиску (Рис. 3.4).

Розроблена модель відображає логіку роботи машини у випадку, коли функція заливання з інтерфейсу оператора **HMI** перебуває у вимкненому стані, однак кнопка заливання натискається безпосередньо з панелі керування заливанням. У такій ситуації система повинна виконати перехід із режиму низького тиску до режиму високого тиску. Такий перехід є важливим етапом роботи машини, оскільки саме високий тиск забезпечує необхідні умови для подальшого стабільного функціонування змішувальної головки та правильного перебігу технологічного процесу.

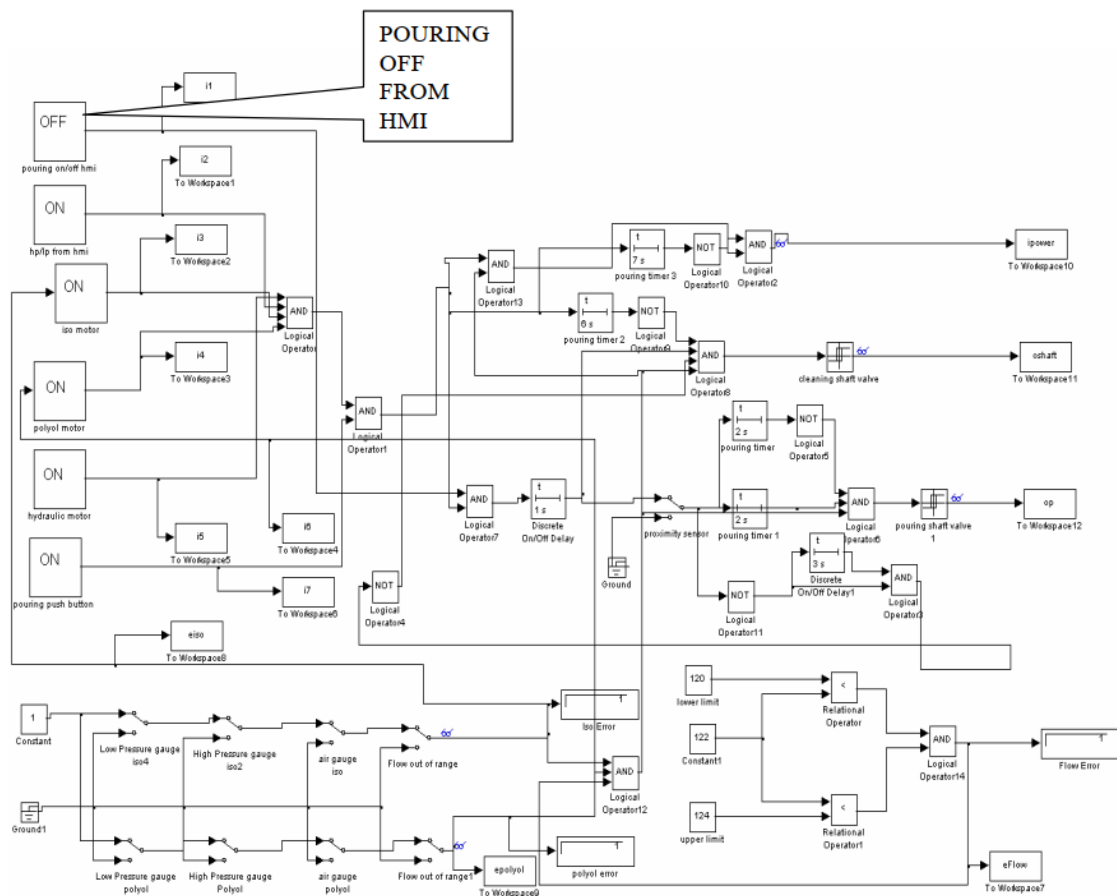


Рисунок 3.4 Модель Matlab для процедури переходу системи від режиму низького тиску

На графіку, наведеному нижче, показано зміну стану системи під час виконання цієї операції. Імітаційна модель дає змогу простежити послідовність спрацювання відповідних сигналів, оцінити правильність логіки керування та перевірити, чи відбувається перехід між режимами відповідно до заданого алгоритму. Завдяки цьому можна заздалегідь виявити

можливі помилки в роботі системи керування ще до її практичної реалізації в машинному контролері. Коли кнопка заливання натискається з панелі заливання, а функція заливання вимкнена з НМІ, клапани LP/HP переходять у високий стан, і жоден інший клапан у цей момент не відкривається. Ця процедура використовується лише для налаштування параметрів машини, таких як співвідношення компонентів, витрата та значення таймерів для виробничого процесу. Графік моделювання в Simulink для процедури переходу системи від режиму низького тиску до режиму високого тиску (Рис. 3.5) відображає зміну стану відповідних керуючих сигналів у момент натискання кнопки заливання.

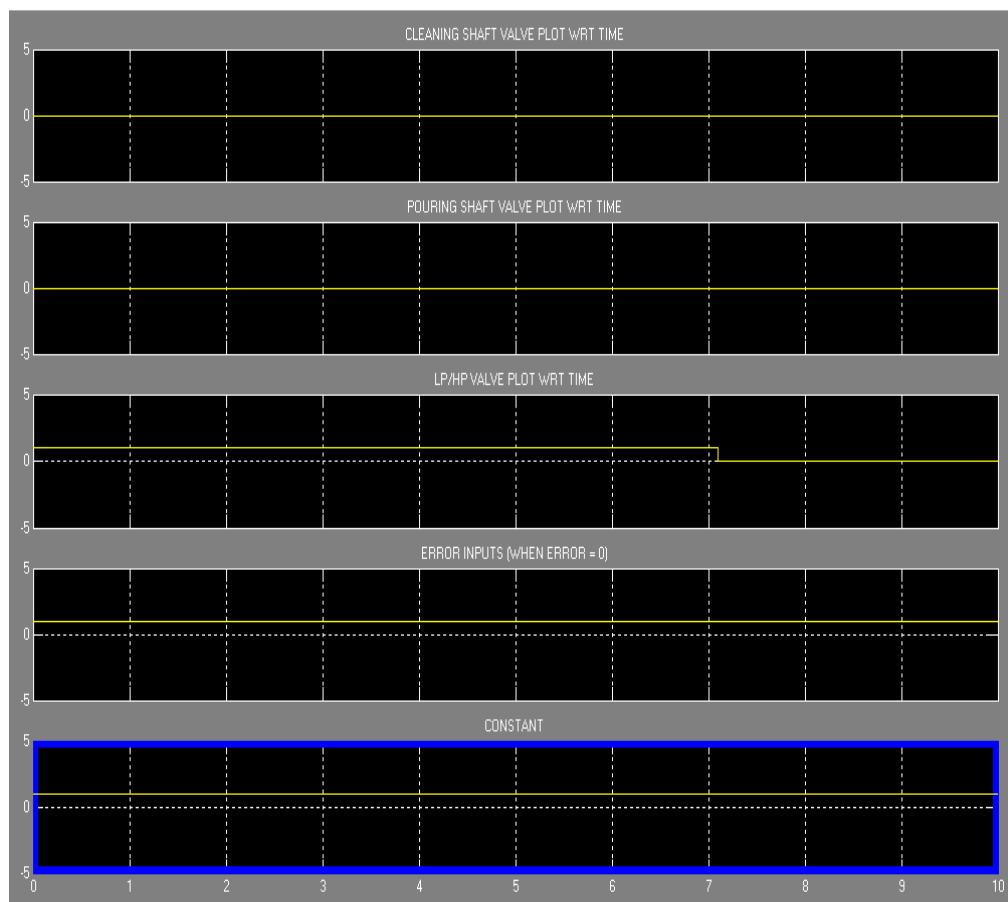


Рисунок 3.5 Графік моделювання в Simulink для процедури переходу системи від режиму низького тиску

3.3 Модель процесу заливки

Модуль процедури заливання, розроблений у середовищі MATLAB, наведено нижче. У цьому випадку помилки не виникають, а таймер

виробничого заливання встановлено на значення $a = 2$ с. Усі двигуни перебувають у ввімкненому стані, функція заливання активована через НМІ, після чого відповідно натискається кнопка заливання на панелі керування заливанням.

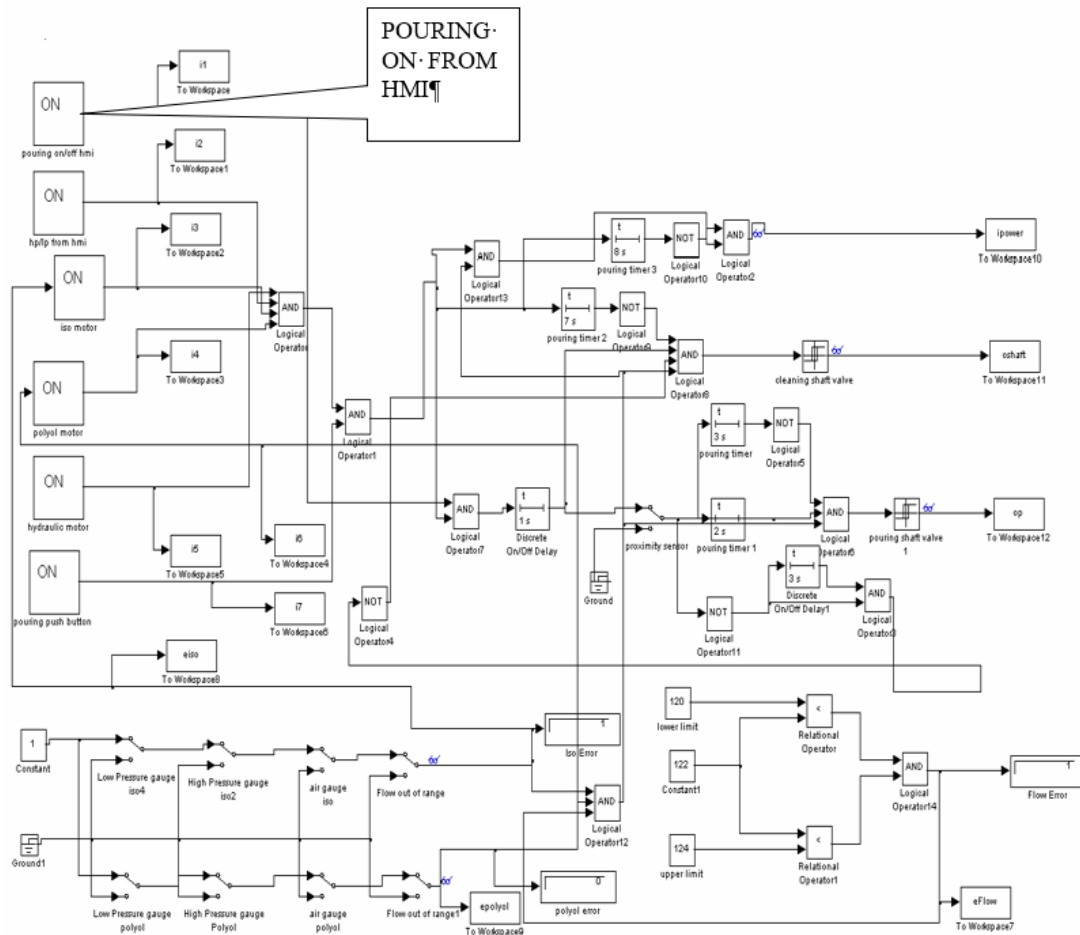


Рисунок 3.6 Модель Matlab для процесу заливки

Умови:

- Коли таймер заливання встановлено на значення $A = 2$ с;
- Усі двигуни працюють стабільно;
- Заливання активовано з НМІ;
- Помилки відсутні;
- Кнопку заливання натиснуто з панелі керування заливанням;
- Після цього формується графік, наведений нижче.

Опис графіка виробничої процедури (Рис. 3.7):

1. Після натискання кнопки заливання машина негайно переходить у режим високого тиску.
2. Через 1 с клапан керування очисним штоком переходить у високий стан.
3. Коли датчик наближення фіксує положення очисного штока, заливальний поршень відкривається після затримки 2 с.
4. Після затримки 2 с клапан керування заливальним поршнем переходить у високий стан на час, заданий користувачем. У цьому випадку цей час встановлено на 2 с.
5. Після завершення заданого часу виробничого заливання клапан керування заливальним поршнем переходить у стан OFF.
6. Після переходу клапана керування заливальним поршнем у нижній стан відбувається затримка приблизно 1 с, після чого клапан керування очисним штоком переходить у стан OFF.
7. Після переходу клапана керування очисним штоком у стан OFF машина переходить із режиму високого тиску в режим низького тиску після затримки 1 с.

Уся ця процедура виконується лише за умови дотримання операторами наведених вище умов під час виробничого процесу.

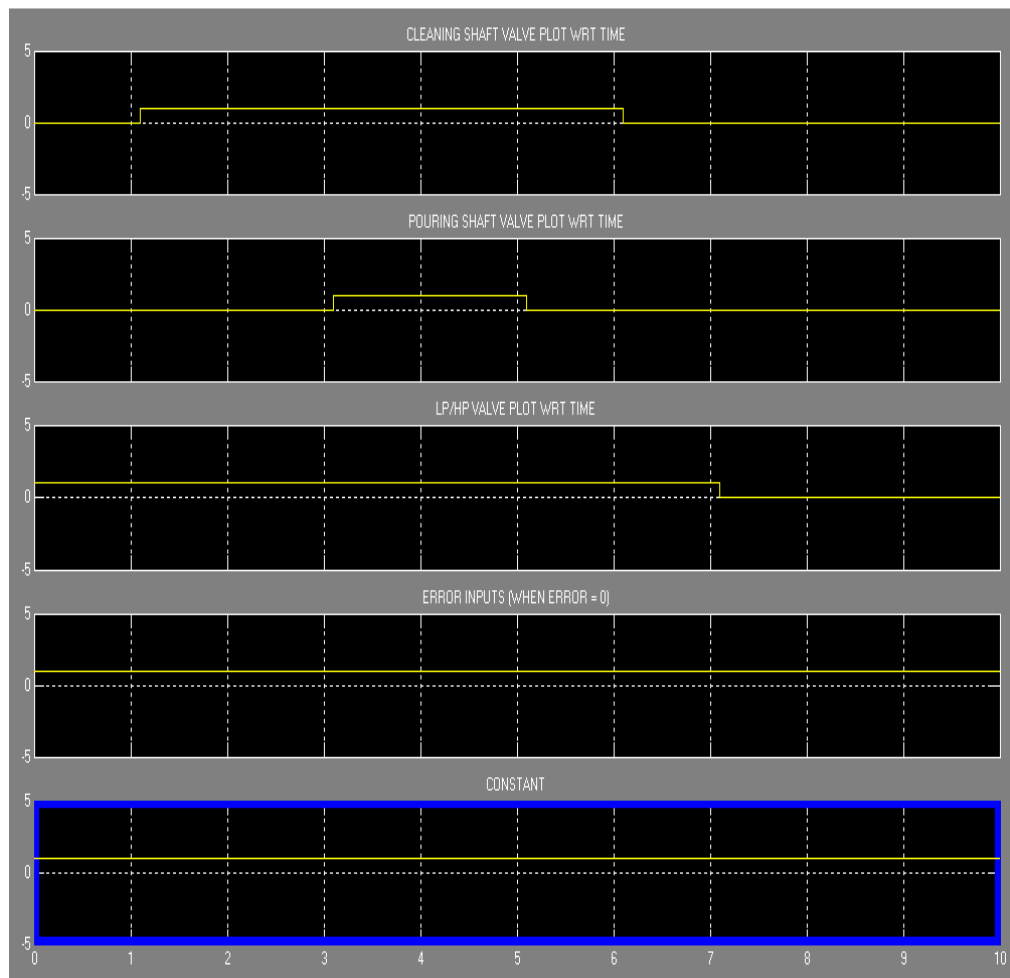


Рисунок 3.7 Графік моделювання в Simulink для процедури заливки з інтервалом 2 секунди

3.4 Модуль обробки помилок визначення відстані

Умови:

- Коли всі двигуни перебувають у ввімкненому стані;
- Заливання активовано з НМІ;
- Датчик наближення несправний;
- Після цього кнопка заливання натискається з панелі керування заливанням.

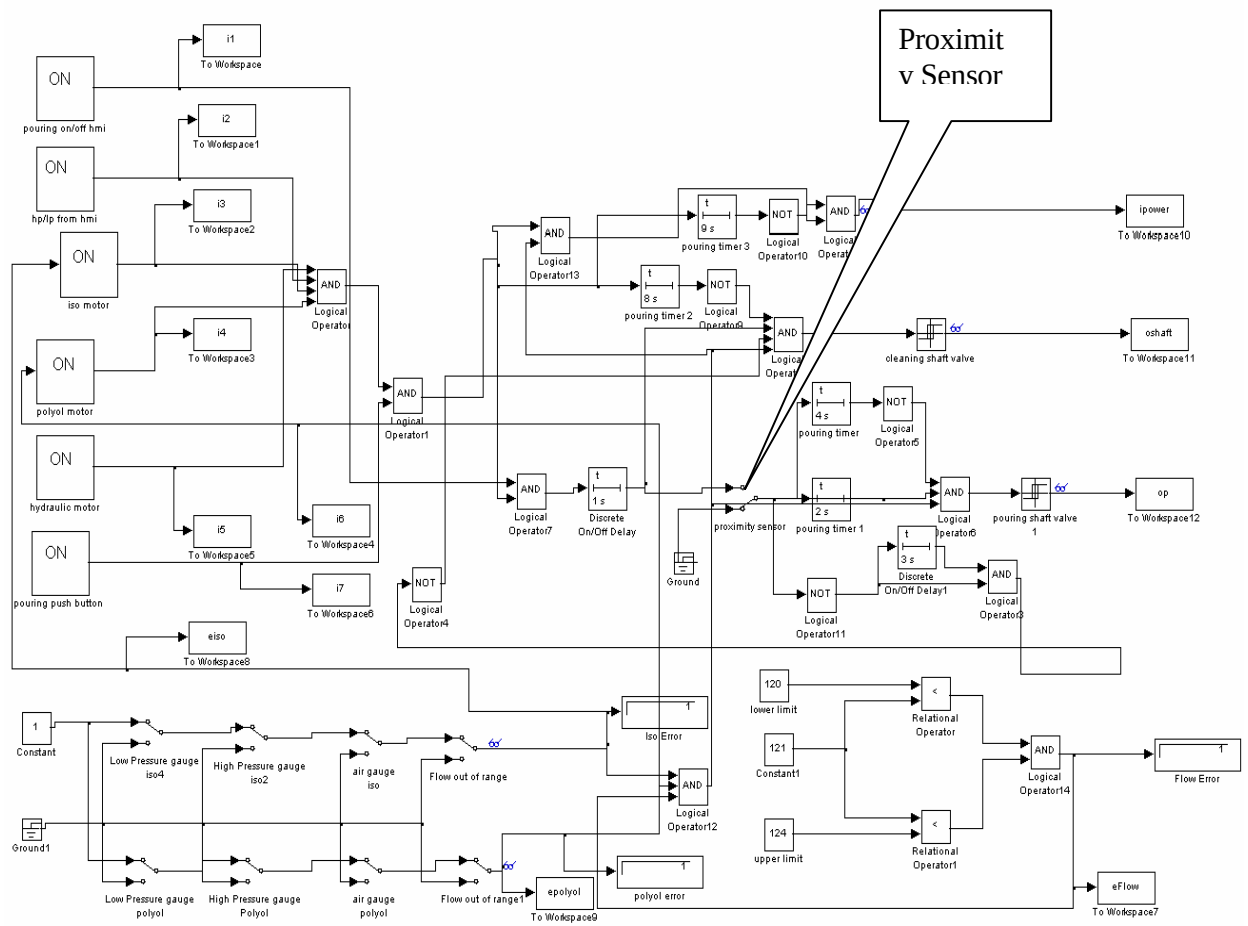


Рисунок 3.8 Модель Matlab для помилки датчика наближення

У разі виникнення несправності датчика наближення, який відповідає за визначення положення очисного штока, система переходить у режим високого тиску. Після затримки тривалістю 1 с відбувається відкривання очисного штока. Якщо протягом встановленого часу, що становить 2 с, датчик не фіксує відповідне положення штока, його робота автоматично припиняється. Надалі, після затримки 6 с, машина повертається в режим низького тиску. У такому випадку процес заливання не виконується, тобто вихідний сигнал на заливання не формується. Одночасно на екрані оператора відображається повідомлення про помилку, яке інформує про несправність датчика наближення.

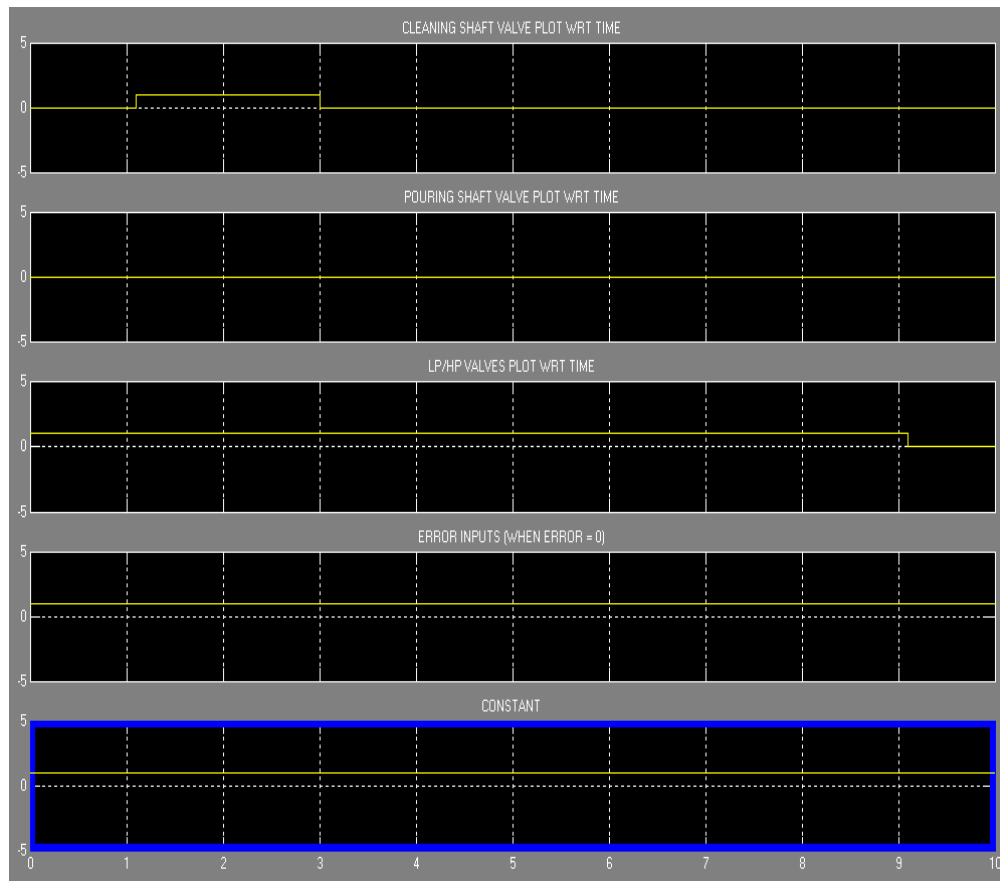


Рисунок 3.9 Графік моделювання в Simulink для помилки датчика наближення

3.5 Модулі Matlab для обробки помилок

Умови:

У випадку, коли повітряні вимикачі або датчики тиску переходять у низький стан, у системі виникає помилка. При цьому машина автоматично переходить у режим низького тиску, а виробниче заливання не виконується.

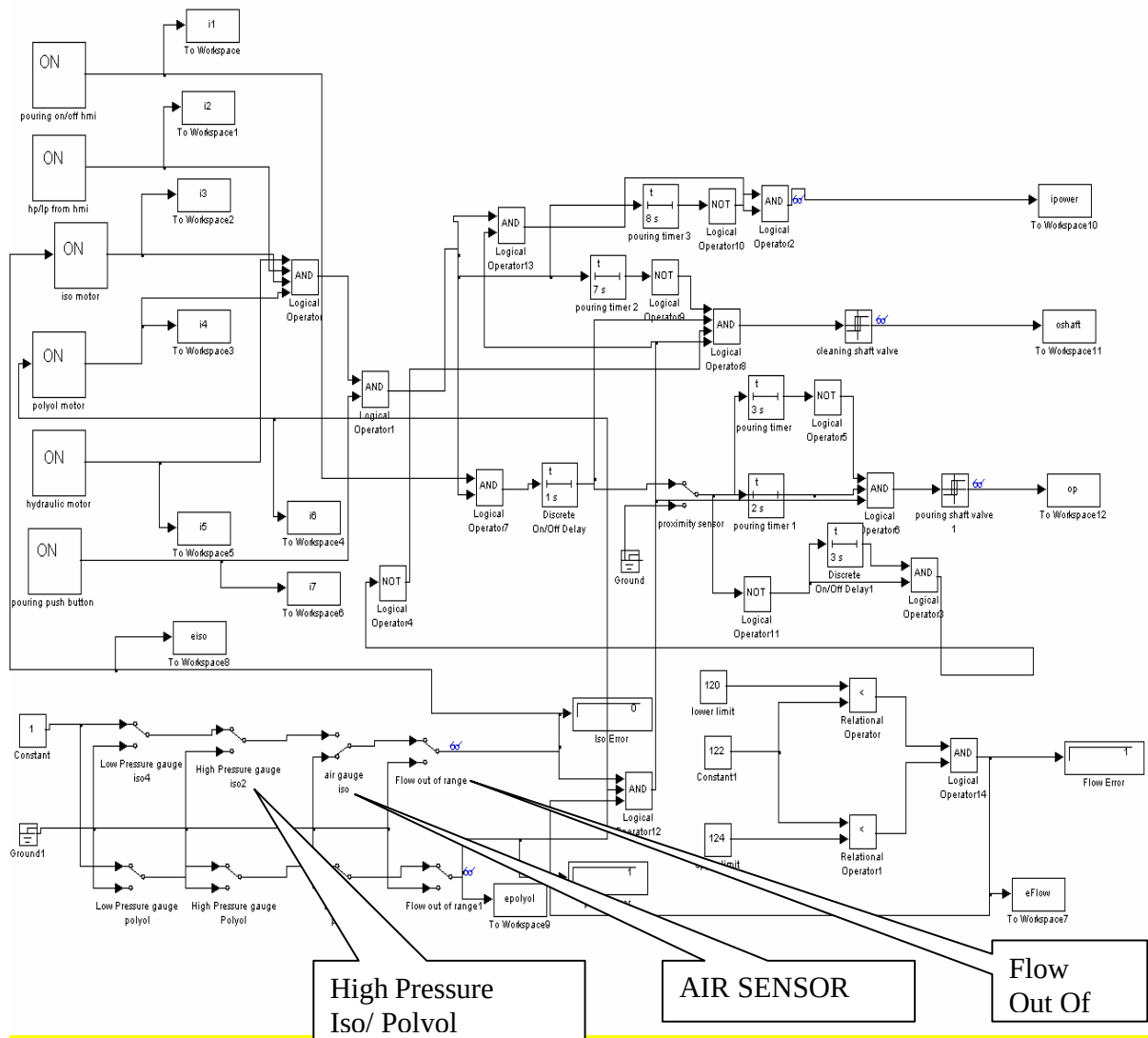


Рисунок 3.10 Модель Matlab для помилки «Повітря / Потік поза межами діапазону та тиск»

У разі виникнення зазначених помилок усі основні виконавчі механізми машини переходять у низький, тобто неактивний, стан. Зокрема, вимикається очисний шток, вимикається заливальний шток, а також переходить у вимкнений стан клапан LP/HP. Одночасно на екрані НМІ відображається повідомлення із зазначенням конкретної помилки, що виникла в системі.

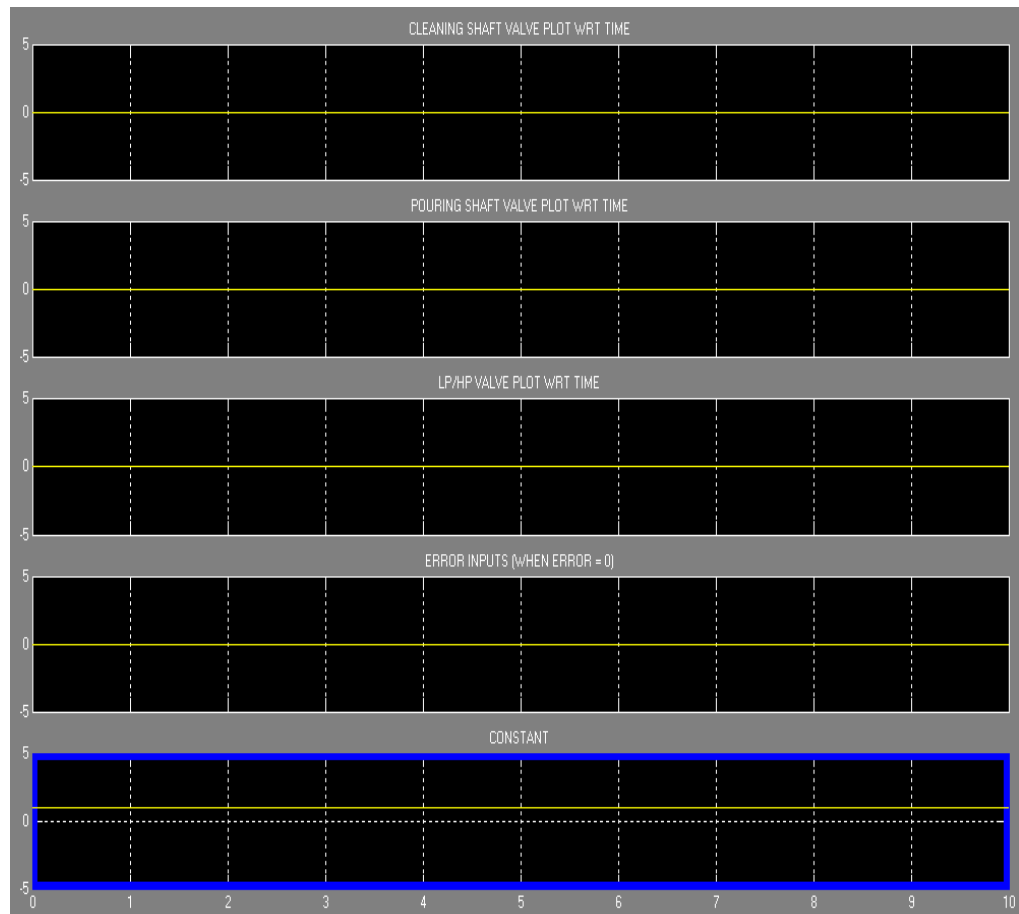


Рисунок 3.11 Графік моделювання в Simulink для помилки «Повітря / Потік поза межами діапазону та тиск»

4. БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ ТА ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ

4.1. Забезпечення електробезпеки

Електричні установки, до яких відноситься практично все обладнання ЕОМ, складають для людини велику потенційну небезпеку, так як в процесі експлуатації або проведенні профілактичних робіт людина може доторкнутися частин, що знаходяться під напругою. Специфічна небезпека електроустановок: струмоведучі провідники, корпуси ЕОМ і іншого обладнання, яке виявляється під напругою в результаті пошкодження (пробою) ізоляції, не подають будь-яких сигналів, які б попереджували людину про небезпеку. Реакція людини на електричний струм виникає тільки при проходженні останнього через тіло людини. Винятково важливе значення для запобігання електротравматизму має правильна організація обслуговування наявного електрообладнання ОЦ, проведення ремонтних, монтажних і профілактичних робіт. При цьому під правильною організацією розуміється суворе виконання ряду організаційних та технічних заходів і засобів, встановлених чинними “Правилами технічної експлуатації електрообладнання споживачів і правила техніки безпеки при експлуатації електрообладнання споживачів” (ПТЕ і ПТБ споживачів) і “Правила встановлення електрообладнання ” (ПВЕ). В залежності від категорії приміщення необхідно прийняти певні міри, які забезпечують достатню електробезпеку при експлуатації і ремонті електрообладнання. Так, в приміщеннях з підвищеною небезпекою електроінструменти, переносні світильники повинні бути виконані з подвійною ізоляцією або їхня напруга живлення не повинна перевищувати 42 В. В ОЦ до таких приміщень можуть бути віднесені приміщення машинного залу, приміщення для розміщення сервісної і периферійної апаратури.

В особливо небезпечних приміщеннях напруга живлення переносних світильників не повинна перевищувати 12 В, а робота з напругою не вище 42 В дозволяється тільки із застосуванням діелектричних рукавичок, ковриків і т. д. Не дозволяється виконувати роботи без зняття напруги на струмоведучих частинах і поблизу них, безпосередньо на цих частинах або при наближенні до них на відстань менше встановленого згідно правил. До цих робіт можна віднести роботи з наладки окремих вузлів, блоків. При виконанні такого роду робіт в електроустановках до 1000 В необхідне застосування визначених технічних і організаційних мір, таких як:

- огороження, що розташовані поблизу робочого місця й інших струмоведучих частин, до яких можливий випадковий дотик;
- робота в діелектричних рукавичках, або стоячи на діелектричному коврику;
- застосування інструменту з ізолюючими ручками. При відсутності такого інструменту варто користуватися діелектричними рукавичками.

Роботи цього виду повинні виконуватися не менш, ніж двома робітниками.

Відповідно до ПТЕ і ПТБ споживачам і обслуговуючому персоналу електрообладнання висуваються такі вимоги:

- особи, які не досягли 18-річного віку, не можуть бути допущені до робіт в електроустановках;
- особи не повинні мати травм і хвороб, які мішають виробничій роботі;
- особи повинні після відповідного теоретичної і практичної підготовки пройти перевірку знань і мати посвідчення на допуск до робіт в електроустановках.

В ОЦ розрядні струми статичної електрики частіш за все виникають при дотику до будь-якого з елементів ЕОМ. Такі розряди небезпеки для

людини не складають, але крім неприємних відчуттів вони можуть призвести до виходу з ладу ЕОМ. Для зниження величини виникаючих зарядів статичної електрики в ОЦ покриття технологічних підлог варто виконувати з одношарового полівінілхлоридного антистатичного лінолеуму. Іншим методом захисту є нейтралізація заряду статичної електрики іонізованим газом. В промисловості широко застосовуються радіоактивні нейтралізатори. До загальних засобів захисту від статичної електрики в ОЦ можна віднести загальне і місцеве зволоження повітря.

4.2 Забезпечення санітарно-гігієнічних вимог до приміщень ОЦ

Приміщення ОЦ, їхні розміри (площа, обсяг) повинні в першу чергу відповідати кількості працюючих і розміщуваному в них комплекту технічних засобів. В них передбачаються відповідні параметри температури, освітлення, чистоти повітря, забезпечують ізоляцію від виробничих шумів і т.п. Для забезпечення нормальних умов праці санітарні норми СН 245-71 встановлюють на один працюючого обсяг виробничого приміщення не менше 15 м³, площа приміщення, відгородженого стінами або глухими перегородками, не менше 4.5 м².

Для експлуатації електрообладнання варто передбачати такі приміщення:

- машинний зал, приміщення для розміщення сервісної і периферійної апаратури, приміщення для збереження запасних деталей, інструментів, приладів (ЗІП);
- приміщення для розміщення приточно-витяжних вентиляторів;
- приміщення для персоналу;
- приміщення для прийому-видачі інформації.

Основні приміщення ОЦ розташовуються в безпосередній близькості одне від одного. Їх обладнують вентиляцією і штучним освітленням. До приміщення машинного залу і збереження магнітних носіїв інформації

висуваються особливі вимоги. Площа машинного залу повинна відповідати площі, необхідної по заводських технічних умовах даного типу ЕОМ.

Висота залу над технологічною підлогою до підвісної стелі повинна бути 3-3.5 м. Відстань між підвісною і основною стелями при цьому повинна бути 0.5-0.8 м. Висоту вільного простору приймають рівним 0.2-0.6 м.

В ОЦ, як правило, застосовується бічне природне освітлення. Робочі кімнати і кабінети повинні мати природне освітлення. В інших приміщеннях припускається штучне освітлення.

В тих випадках, коли одного природного освітлення не вистачає, встановлюється змішане освітлення. При цьому додаткове штучне освітлення застосовується не тільки в темний, але й в світлий час доби.

Штучне освітлення по характеру виконуваних задач ділиться на робоче, аварійне, евакуаційне.

Раціональне колірне оформлення приміщення спрямовано на поліпшення санітарно-гігієнічних умов праці, підвищення його продуктивності і безпеки. Фарбування приміщень ОЦ впливають на нервову систему людини, її настрій, і, в кінцевому рахунку, на продуктивність праці. Основні виробничі приміщення доцільно окрашувати відповідно до кольору технічних засобів. Освітлення приміщення й обладнання повинно бути м'яким, без блиску.

Зниження шуму, створюваного на робочих місцях ОЦ внутрішніми джерелами, а також шуму, що проникає ззовні, є дуже важливою задачею. Зниження шуму в джерелі випромінювання можна забезпечити застосуванням пружних прокладок між підставкою машини, приладу й опорної поверхні. В якості прокладок використовуються гума, войлок, пробка, різноманітні конструкції амортизаторів. Під настільні шумливі апарати можна підкладати м'які коврики із синтетичних матеріалів, а під ніжки столів, на яких вони встановлені - прокладки з м'якої гуми, войлока,

товщиною 6-8 мм. Кріплення прокладок можливо шляхом приклейки їх до опорних частин.

Можливо також застосування звукоізолюючих кожухів, що не мішають технологічному процесу. Не менш важливим для зниження шуму в процесі експлуатації є питання правильного і своєчасного регулювання, змазування і заміни механічних вузлів шумливого обладнання.

Раціональне планування приміщення, розміщення обладнання в ОЦ є важливим чинником, що дозволяє знизити шум при існуючому обладнанні ЕОМ. При плануванні ОЦ машинний зал і приміщення для сервісної апаратури необхідно розташовувати подальше від шумливого і вібруючого обладнання.

Зниження рівня шуму, який проникає у виробниче приміщення ззовні, може бути досягнуто збільшенням звукоізоляції захищаючих конструкцій, ущільненням по периметру притворів вікон, дверей.

В такий спосіб для зниження шуму, створюваного на робочих місцях внутрішніми джерелами, а також шуму, що проникає ззовні, впливає:

- послабити шум самих джерел (застосування звукоізолюючих екранів, кожухів);
- знизити ефект сумарного впливу відбитих звукових хвиль (звуковібруючі поверхні конструкцій);
- застосовувати раціональне розташування обладнання;
- використовувати архітектурно-планувальні і технологічні рішення ізоляції джерел шуму.

4.3 Протипожежний захист

Пожежі в ОЦ складають особливу небезпеку, так як це пов'язано з великими матеріальними втратами. Характерна риса ОЦ - невеличкі площі приміщень. Як відомо, пожежа може виникнути при взаємодії пальних речовин, окислювання і джерел запалювання. В приміщеннях ОЦ присутні всі три основні чинники, необхідні для виникнення пожежі.

Пальними компонентами на ОЦ є: будівельні матеріали для акустичної і естетичної оздобы приміщень, перегородки, двері, підлоги, ізоляція кабелів і ін.

Протипожежний захист - це комплекс організаційних і технічних заходів, спрямованих на забезпечення безпеки людей, на запобігання пожежі, обмеження його поширення, а також на створення умов для успішного гасіння пожежі.

Джерелами запалювання в ОЦ можуть бути електронні схеми від ЕОМ, прилади, застосовувані для технічного обслуговування, пристрої електроживлення, кондиціонування повітря, де в результаті різноманітних порушень створюються перегріті елементи, електричні іскри і дуги, спроможні викликати загоряння пальних матеріалів.

В сучасних ЕОМ має місце дуже висока щільність розміщення елементів електронних схем. В безпосередній близькості один від одного розташовуються з'єднуючі проводи, кабелі. При протіканні по них електричного струму виділяється значна кількість теплоти. При цьому можливо оплавлення ізоляції. Для відводу надлишкової теплоти від ЕОМ служать система вентиляції і кондиціонування повітря. При постійній дії ці системи являють собою додаткову пожежну небезпеку.

Енергопостачання ОЦ здійснюється від трансформаторної станції і двигун-генераторних агрегатів. На трансформаторних підстанціях особливу небезпеку складають трансформатори з масляним охолодженням. В зв'язку з цим перевагу варто віддавати сухим трансформаторам.

Пожежна небезпека двигун-генераторних агрегатів обумовлена можливістю коротких замикань, перевантаження, електричного іскріння. Для безпечної роботи необхідні правильний розрахунок і вибір апаратів захисту. При проведенні обслуговуючих, ремонтних і профілактичних робіт використовуються різноманітні мастильні речовини, легкозапальні рідини, прокладаються тимчасові електропровідники, ведеться пайка і чищення

окремих вузлів. Виникає додаткова пожежна небезпека, що потребує додаткових заходів пожежного захисту. Зокрема, при роботі з паяльником варто використовувати негорючу підставку з нескладними пристосуваннями для зменшення споживаної потужності в неробочому стані.

Для більшості помешкань ОЦ установлена категорія пожежної небезпеки **В**.

Однією з найбільш важливих задач пожежного захисту є захист будівельних приміщень від руйнацій і забезпечення їхньої достатньої витривалості в умовах впливу високих температур при пожежі. З огляду на високу вартість електронного устаткування ОЦ, а також категорію його пожежної небезпеки, будинки для ОЦ і частини будинку іншого призначення, в яких передбачене розміщення ЕОМ, повинні бути **1 і 2** ступеня вогнестійкості.

Для виготовлення будівельних конструкцій використовуються, як правило, цегла, залізобетон, скло, метал і інші негорючі матеріали. Застосування дерева повинно бути обмежено, а в випадку використання, необхідно просочувати його вогнезахисними складниками. В ОЦ протипожежні перепони в вигляді перегородок із негорючих матеріалів встановлюють між машинними залами.

До засобів гасіння пожежі, призначених для локалізації невеликих загорянь, відносяться пожежні крани, внутрішні пожежні водопроводи, вогнегасники, сухий пісок, азбестові одіяла і т. д.

В будинках ОЦ пожежні крани встановлюються в коридорах, на площадках сходових прольотів і входів. Вода використовується для гасіння пожеж в приміщеннях програмістів, бібліотеках, допоміжних і службових приміщення. Застосування води в машинних залах ЕОМ, сховищах носіїв інформації, приміщеннях контрольно-вимірювальних приладів через небезпеку пошкодження або повного виходу з ладу дорогого обладнання можливо в виняткових випадках, коли пожежа приймає загрожуючі значні

розміри. При цьому кількість води повинно бути мінімальним, а пристрої електрообладнання необхідно захистити від попадання води, накриваючи їх брезентом або полотном.

Для гасіння пожеж на початкових стадіях широко застосовуються вогнегасники. По виду використовуваної речовини вогнегасники підрозділяються на такі основні групи:

- *Пінні* вогнегасники, застосовуються для гасіння горючих рідин, різноманітних матеріалів, конструктивних елементів і обладнання, крім електрообладнання, що знаходиться під напругою.
- *Газові* вогнегасники, застосовуються для гасіння рідких і твердих речовин, а також електроустановок, що знаходяться під напругою.
- В виробничих приміщеннях ОЦ застосовуються головним чином *вуглекислотні* вогнегасники, перевагою яких є висока ефективність гасіння пожежі, цілісність електронного обладнання, діелектричні властивості вуглекислого газу, що дозволяє використовувати ці вогнегасники навіть в тому випадку, коли не вдається обезструмити електроустановку відразу.

Для виявлення початкової стадії загоряння й оповіщення служби пожежної охорони використовують системи автоматичної пожежної сигналізації (*АПС*). Крім того, вони можуть самостійно пускати в хід установки пожежегасіння, коли пожежа ще не досягла великих розмірів. Системи *АПС* складаються з пожежних оповісників, ліній зв'язку і приймальних пультів (станцій).

Ефективність застосування систем *АПС* визначається правильним вибором типу оповісників і місць їхнього встановлення. При виборі пожежних оповісників необхідно враховувати конкретні умови їхньої експлуатації: особливості приміщення і повітряного середовища, наявність пожежних матеріалів, характер можливого горіння, специфіку технологічного процесу і т.д.

Відповідно до “*Типових правил пожежної безпеки для промислових підприємств*”, зали ЕОМ, приміщення для зовнішніх запам'ятовуючих пристроїв, підготовки даних, сервісної апаратури, архівів, копіювально-множного обладнання і т. д. необхідно обладнувати димовими пожежними оповісниками. В цих приміщеннях на початку пожежі при горінні різноманітних пластмасових, ізоляційних матеріалів і паперових виробів виділяється значна кількість диму і мало тепла.

В інших приміщеннях ОЦ, в тому числі в машинних залах дизель-генераторів і ліфтів, трансформаторних і кабельних каналах, воздуховодах допускається застосування теплових пожежних оповісників.

Об'єкти ОЦ, крім АПС, необхідно обладнувати обладнанням стаціонарного автоматичного пожежегасіння. Найбільш доцільно застосовувати в ОЦ установки газового гасіння пожежі, дія яких базується на швидкому заповненні приміщення газовою вогнегасною речовиною з різким зниженням складу в повітрі кисню.

Пожежам в ОЦ повинна приділятися особлива увага, так як пожежі в ОЦ пов'язані з небезпекою для людського життя і великих матеріальних втрат.

ВИСНОВКИ

У даній дипломній роботі було розроблено автоматизовану систему для виготовлення та контролю якості поліуретану. Система призначена для забезпечення стабільного протікання технологічного процесу, автоматичного керування основними вузлами установки та контролю ключових параметрів у режимі реального часу.

Апаратне забезпечення, обране для реалізації системи, включає:

- програмований логічний контролер (ПЛК) як центральний модуль керування технологічним процесом;
- датчики температури для контролю теплового режиму реакції;
- датчики тиску для забезпечення безпечної роботи обладнання;
- датчики рівня (верхнього та нижнього) для контролю заповнення резервуарів з компонентами (поліол, ізоціанат);
- виконавчі механізми: насоси для дозування компонентів, електромагнітні клапани, мішалки (агітатори);
- релейні або силові модулі для керування виконавчими пристроями.

Програмне забезпечення реалізовано засобами програмування ПЛК із використанням мов стандарту IEC 61131-3 (зокрема Instruction List та Ladder Diagram), що дозволяє ефективно реалізувати алгоритми керування технологічними процесами.

Програма забезпечує:

- автоматичне дозування компонентів відповідно до заданих пропорцій;
- контроль рівня матеріалів у резервуарах;
- керування процесами змішування та підтримання технологічних параметрів;
- обробку аварійних ситуацій (перевищення тиску, переповнення, відсутність компонентів);

- реалізацію часових затримок і послідовностей технологічних операцій.

Система керування забезпечує можливість моніторингу стану процесу та взаємодії оператора через панель керування (НМІ), що дозволяє в реальному часі відслідковувати параметри та оперативно реагувати на відхилення.

Ключовими досягненнями роботи є:

- розробка автоматизованої системи керування процесом виготовлення поліуретану;
- створення алгоритмів логічного керування дозуванням компонентів, заповненням резервуарів та роботою насосів і мішалок;
- інтеграція датчиків і виконавчих механізмів у єдину функціональну систему;
- реалізація системи контролю якості шляхом безперервного моніторингу технологічних параметрів;
- підвищення ефективності виробництва та зниження впливу людського фактора.

Таким чином, розроблена система відповідає сучасним вимогам промислової автоматизації та забезпечує підвищення якості поліуретанів, стабільність технологічного процесу й безпеку виробництва, а також має потенціал для подальшого вдосконалення та масштабування.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Ярощук Л. Д., Жученко О. А. Система контролю екструзії полімерних виробів / Л. Д. Ярощук, О. А. Жученко // Енергетика та електротехніка. — 2021. — Вип. 14. — С. 45–52.
2. Полушко М., Шевченко В. Автоматизована система контролю процесу обробки деталей / М. Полушко, В. Шевченко // Вісник національного технічного університету "ХПІ". — 2020. — Вип. 12. — С. 78–85.
3. Горященко С. Автоматизація контролю якості нанесення полімерних покриттів на матеріалах легкої промисловості / С. Горященко // Вісник національного технічного університету "ХПІ". — 2019. — Вип. 9
4. Харів І. Я. Дослідження процесів екструзії за допомогою автоматизованої системи керування 3D принтером: автореферат дипломної роботи магістра за спеціальністю „141 — електроенергетика, електротехніка та електромеханіка“/ І. Я. Харів. — Тернопіль: ТНТУ, 2018. — 5с.
5. Стухляк Д. П. Вплив модифікатора 2,4-діамінотолуену на адгезійні властивості та залишкові напруження захисних полімерних покриттів / Д. П. Стухляк. — Луцьк: Наукові нотатки, 2018. — С. 203–208.
6. Робота Л., Ахранович О., Брикова О., Савельєв Ю. Поліуретани на основі модифікованої соєвої олії / Л. Робота, О. Ахранович, О. Брикова, Ю. Савельєв // Полімерний журнал. — 2024. — Т. 46, № 3. — С. 177–185.
7. Шумський В. П., Косянчук Л. Ф., Ігнатова Т. Д., Гетьманчук І. П., Антоненко О. І., Воронцова Л. О., Бровко О. О. Вплив природи поверхні нанонаповнювача на утворення *in situ* та морфологію суміші поліметилметакрилат/поліуретан / В. П. Шумський, Л. Ф. Косянчук, Т. Д. Ігнатова, І. П. Гетьманчук, О. І. Антоненко, Л. О. Воронцова, О. О. Бровко // Полімерний журнал. — 2019. — Т. 41

8. Методика калібрування давачів DHN22 для вимірювання вологості / Ю. Скоренький, Т. Береженко, О. Данильців, Г. Шимчук // Матеріали XXI наукової конференції ТНТУ ім. І. Пулюя, 16-17 травня 2019 року. — Т. : ТНТУ, 2019. — С. 137.
9. Лукашевич С. А., Козлова Г. А. Поліуретани, синтезовані на основі дигліцерин поліізотіанату, наповнені доксорубіцином: дослідження структури і властивостей / С. А. Лукашевич, Г. А. Козлова // Полімерний журнал. — 2019. — Т. 41, № 1. — С. 58–62.
10. Чихіра І.В. "Програмування систем реального часу" : консп. лекц. / І. В. Чихіра, А.Г. Микитишин. - Тернопіль : ТНТУ імені Івана Пулюя, 2016. - 73 с.
11. Денисенко В. Д., Галатенко Н. А., Рожнова Р. А., Нечаєва Л. Ю. Розробка та дослідження композиційних матеріалів з дакарбазином медичного призначення на основі пінополіуретансечовин / В. Д. Денисенко, Н. А. Галатенко, Р. А. Рожнова, Л. Ю. Нечаєва // Полімерний журнал. — 2022. — Т. 44, № 3. — С. 222–230.
12. Stuklyak D. Influence of 2,4-diaminotoluene modifier on the physical and mechanical properties of epoxy composite coatings / D. Stuklyak, A. Sapronova, V. Yatsiyk, B. Gryshuk // Scientific Journal of TNTU. — Ternopil: TNTU, 2018. — Vol. 91, No. 3. — P. 36–45.
13. Віслогузова Т. В., Рожнова Р. А., Галатенко Н. А., Нечаєва Л. Ю. Investigation of the ability to biodegradability of polyurethane foam composite materials with albucid and the dynamics of albucid release in vitro / T. V. Vislohuzova, R. A. Rozhnova, N. A. Galatenko, L. Yu. Nechaeva // Полімерний журнал. — 2022. — Т. 44, № 2. — С. 145–154.
14. Horacek H. Computer Integrated Manufacturing of Polyurethane Foams Steered by Measured and Calculated Data in Comparison / H. Horacek // Journal of Research Updates in Polymer Science. — 2016. — Vol. 5, No. 4. — P. 118–136.

15. Mogaji P. B. A Decision Support System for Process Planning and Control of Polyurethane Foam Production / P. B. Mogaji // Journal of Computer Engineering & Information Technology. — 2014
16. Mogaji P. B. A Decision Support System for Process Planning and Control of Polyurethane Foam Production / P. B. Mogaji // Journal of Computer Engineering & Information Technology. — 2014
17. Тотосько О. В. Автоматизація досліджень фізико-механічних властивостей епоксикомпозитів електроіскровим гідроударом / Олег Тотосько, Віталій Левицький, Олександр Голотенко // Матеріали III Всеукраїнської науково-технічної конференції „Теоретичні та прикладні аспекти радіотехніки і приладобудування“, 8-9 червня 2017 року. — Т. : ТНТУ, 2017. — С. 188–189