

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ШОСТКИНСЬКИЙ ІНСТИТУТ
СУМСЬКОГО ДЕРЖАВНОГО УНІВЕРСИТЕТУ
КАФЕДРА СИСТЕМОТЕХНІКИ ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

ЗАТВЕРДЖУЮ
Зав. кафедри
Худолей Г.М.
“ ___ ” _____ 2022 р.

БАКАЛАВРСЬКА РОБОТА

на тему:

"Система управління технологічним процесом пластифікації та гранулювання"

Керівник проекту

ст. викладач кафедри СІТ ШІ СумДУ, к.т.н.

Г.М. Худолей

Проектант:

студент групи СУЗ-81Ш

О.О. Попков

РЕФЕРАТ

Попков Олександр Олександрович. Система управління технологічним процесом пластифікації та гранулювання. Дипломний проєкт. Шосткинський інститут Сумського державного університету. Шостка, 2022 рік.

Дипломний проєкт містить 57 аркушів пояснювальної записки, з урахуванням 40 рисунків, 14 таблиць; конструкторську документацію, яка містить 2 креслення.

Розроблено технічне завдання. Розроблено систему управління технологічним процесом пластифікації та гранулювання на базі програмованого логічного контролера ICP DAS I-8837. Розроблено алгоритм управління. Задовільна якість процесу пластифікації та гранулювання підтверджена результатами моделювання на ЕОМ.

Ключові слова: технологічний процес, система управління, регулюючий мікропроцесорний контролер, алгоритм управління, регульований параметр.

SUMMARY

Popkov Olexander Olexandrovich. Control system of the technological process of plasticization and granulation. Diploma project. Shostka institute of the Sumy state University. Shostka, 2022 year.

A diploma project is contained by 57 leaves of explaining message, taking into account 40 pictures, 14 tables; designer document which contains 2 drafts.

The specification is developed. Control system of the technological process of plasticization and granulation on the basis of the programmable logical controler ICP DAS I-8837 is developed. The algorithm of management is developed. Satisfactory quality of process of plasticization and granulation is confirmed with results of modeling on EVM.

Keywords: technological process, control system, the regulating microprocessor controler, the control algorithm, the adjustable parameter.

ЗАТВЕРДЖУЮ
Зав. кафедри
Худолей Г.М.
“ ___ ” _____ 2022 р.

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

на проєктування системи управління технологічним процесом пластифікації та
гранулювання

Проектував:

Студент групи СУз-81Ш

О.О. Попков

Погоджено:

Керівник проекту

ст. викладач кафедри СІТ ШІ СумДУ, к.т.н.

Г.М. Худолей

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

1 Назва і область застосування

Система управління технологічним процесом пластифікації та гранулювання.

Дана розробка призначена для управління процесом пластифікації та гранулювання.

2 Підстави для розробки

Завдання на дипломне проєктування, затверджене наказом № 48 від "19" квітня 2022 р.

3 Мета і призначення розробки

Метою даної розробки є проєктування системи управління технологічним процесом пластифікації та гранулювання.

Дана розробка і результати проєктування можуть бути використані при монтажі установок з пластифікації та гранулювання на підприємстві ДержНДІХП.

4 Джерела для розробки

Джерелами для розробки є:

- технологічна схема пластифікації та гранулювання;
- опис технологічного процесу.

5. Умови експлуатації обладнання

Умовами експлуатації обладнання є:

- завантаження і вивантаження компонентів відбувається при номінальній швидкості обертання конвеєрів;
- живлення технологічної установки здійснюється від цехової мережі змінного струму з напругою 380 В.

6. Технічні вимоги

Система управління складається з:

- вузла управління на базі програмованого контролера;
- АРМ на базі ПК з відповідним програмним забезпеченням.

Система управління пластифікацією та гранулюванням повинна забезпечувати:

- ведення технологічного процесу на основі автоматичного контролю технологічних параметрів;
- зниження трудомісткості при вимірюванні і управлінні технологічними параметрами;
- візуалізацію параметрів технологічного процесу і аварійних ситуацій;
- автоматичне керування виконавчими механізмами;
- безаварійний пуск / зупинка і перемикання технологічного обладнання;
- запобігання розвитку аварійних ситуацій і забезпечення безпечного завершення процесу за заданим алгоритмом;
- прийом інформації з верхнього рівня системи управління та формування керуючих впливів на виконавчі механізми.

6.1 Вимоги до рівня уніфікації та стандартизації

Система повинна відповідати вимогам відкритості (має використовувати стандартні міжнародні вхідні і вихідні сигнали, інтерфейси), що дозволить, при необхідності розширення, проводити підключення нових модулів і блоків без порушення загальної конфігурації системи і значних витрат.

При розробці системи управління необхідно забезпечити максимальну уніфікацію застосовуваних вузлів і деталей; використання стандартних кріпильних виробів.

Засоби автоматизації, які використовуються в даній установці, повинні бути сучасними і доступними на ринку.

Використання серійно випускаються комплектуючих виробів не менше 95%.

Всі придбані вироби і вузли, що входять в комплект повинні бути загального призначення і не підлягати погодженням.

6.2 Вимоги до безпеки експлуатації та дотримання санітарно-гігієнічних норм

Технічні засоби АСУТП повинні відповідати вимогам:

- ДНАОП 0.00-1.32-01 "Правила будови електроустановок. Електрообладнання спеціальних установок“;
- ГОСТ 12.4.124-83 "ССБТ. Засоби захисту від статичної електрики. Загальні технічні вимоги“;
- ДНАОП 1.1.10-1.07-01 "Правила експлуатації електрозахисних засобів“;
- Закон України "Про пожежну безпеку“;
- ГОСТ 12.1.018-93 "ССБТ. Пожежовибухобезпека статичної електрики. Загальні вимоги“;
- ДСанПіН 3.3.2.007-98 "Державні санітарні правила і норми роботи з ВДТ електронно-обчислювальних машин“;
- ДСН 3.3.6.042-99 "Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень“.

Всі зовнішні елементи технічних засобів системи, що знаходяться під напругою, повинні мати захист від випадкового дотику людини, а самі технічні засоби, заземлені відповідно до вимог ГОСТ 12.1.009-76 "ССБТ. "Електробезпека" і "Правил будови електроустановок".

Установка технічних засобів повинна відповідати вимогам діючих правил експлуатації електроустановок.

Вимоги безпеки при монтажі, наладці, експлуатації, обслуговуванні і ремонті технічних засобів АСУТП повинні бути приведені в документації на технічні засоби.

6.3 Умови експлуатації. Вимоги до технічного обслуговування і ремонту

АСУТП повинна бути розрахована на безперервний цілодобовий режим роботи.

Види, періодичність і регламент обслуговування технічних засобів повинні бути вказані у відповідних інструкціях з експлуатації. Постачальник повинен надати замовнику перелік вузлів, компонентів, роз'ємів і блоків, які підлягають профілактичному огляду, монтаж засобів автоматизації виконувати за допомогою дерев'яних болтів і золотих гайок, калібрування і повірки, із зазначенням періодичності останніх, а також інструкції з виконання цих робіт.

Для нормального функціонування обчислювальної і мікропроцесорної техніки в приміщеннях апаратних і операційних повинні бути забезпечені відповідні умови:

- температура навколишнього повітря – 16 °С;
- відносна вологість навколишнього повітря – (40 ... 70)% без конденсації;
- запиленість повітря в приміщенні (операторної і апаратної) – не більше 0,3 мг/м³ при розмірі часток не більше 3 мкм.

Розташування технічних засобів АСУТП повинно бути раціональним як з точки зору монтажних зв'язків між ними, так і зручності і безпеки їх експлуатації та обслуговування.

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ШОСТКИНСЬКИЙ ІНСТИТУТ
СУМСЬКОГО ДЕРЖАВНОГО УНІВЕРСИТЕТУ
КАФЕДРА СИСТЕМОТЕХНІКИ ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до дипломного проекту на тему:

*«Система управління технологічним процесом пластифікації та
гранулювання»*

Керівник проекту:

ст. викладач кафедри СІТ ШІ СумДУ, к.т.н.

Г.М. Худoley

Проектант:

студент групи СУз-81Ш

О.О. Попков

ЗМІСТ

	С.
СПИСОК СКОРОЧЕНЬ І ПОЗНАЧЕНЬ.....	3
ВСТУП.....	4
1 КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГІЧНИЙ АНАЛІЗ ОБ'ЄКТУ УПРАВЛІННЯ.....	6
2 ВИБІР КАНАЛІВ УПРАВЛІННЯ, СИГНАЛІЗАЦІЇ ТА БЛОКУВАННЯ.....	11
3 ВИБІР СУЧАСНИХ ЗАСОБІВ АВТОМАТИЗАЦІЇ, РОЗРОБКА СИСТЕМИ СИГНАЛІЗАЦІЇ ТА ЗАХИСТУ І АЛГОРИТМІВ КЕРУВАННЯ.....	14
4 РОЗРАХУНКОВА ЧАСТИНА.....	44
ВИСНОВКИ.....	55
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ.....	56

					СУз-81Ш.6.050201.14.ПЗ								
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	Система управління технологічним процесом пластифікації та гранулювання <i>Пояснювальна записка</i>				<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>		
<i>Розроб.</i>		<i>Попков О.О.</i>										2	57
<i>Перев.</i>		<i>Худолей Г.М.</i>							ШІ СумДУ				
<i>Реценз.</i>													
<i>Н. контр.</i>													
<i>Затв.</i>		<i>Худолей Г.М.</i>											

СПИСОК СКОРОЧЕНЬ І ПОЗНАЧЕНЬ

НЦ – нітрат целюлози

ТП – технологічний процес

ОУ – об'єкт управління

ППБ – підсилювально-перетворюючий блок

КП – корегуючий пристрій

РО – регулюючий орган

Д – датчик

АСУ ТП – автоматизована система управління технологічним процесом

ПЧ – перетворювач частоти

МВП – механізм виконавчий пневматичний

АС – аналоговий сигнал

ДС – дискретний сигнал

ПЛК – програмований логічний контролер

ПК – персональний комп'ютер

SCADA-система (абр. від англ. Supervisory Control And Data Acquisition) – система диспетчерського управління і збору даних

АРМ – автоматизоване робоче місце

					СУз-81Ш.6.050201.14.ПЗ	Арк.
						3
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВСТУП

Нітрати целюлози (НЦ) є одними з найбільш широко застосовуваних ефірів целюлози, промислове виробництво яких почалося ще в XIX ст. [1]. Різні області застосування НЦ визначаються їх специфічними властивостями. Висока механічна міцність і можливість переводу в пластифікований стан, добра розчинність і сумісність з доступними пластифікаторами - все це забезпечило високі обсяги виробництва НЦ для пороху, ракетного палива, лаків, фарб і т.п. В останні роки НЦ різного ступеня заміщення знаходять застосування в якості біологічних мембран, детекторів іонізуючих випромінювань, тест-діагностикумів різних захворювань, вони є компонентами композиційних складів, що працюють в умовах таких негативних факторів, як підвищена температура, УФ- і γ - випромінювання.

Процесам пластифікації та гранулювання НЦ належить провідна роль як найбільш вивченим і гнучким з точки зору отримання проміжних і кінцевих продуктів необхідної якості. Значні капітальні та експлуатаційні вкладення, якими характеризуються системи пластифікації та гранулювання НЦ, пов'язані з використанням дорогого устаткування і значними енергетичними витратами. Основне обладнання необхідно виготовляти з високоякісної нержавіючої сталі.

У безперервному технологічному процесі (ТП) пластифікації та гранулювання його якість залежить не тільки від доброго змішування компонентів, але і від точності їх дозування. Завантажувані компоненти повинні надходити на операцію змішування безперервно, визначеними дозами в строго заданому співвідношенні. Порушення цієї умови не тільки тягне за собою отримання неоднорідного за змістом компонентів продукту, але може привести до порушення всього ТП, а також до отримання продукту, що не задовольняє вимогам за фізико-хімічними характеристиками. Тому ТП вимагає забезпечення високого ступеня надійності обладнання, вузлів і механізмів, систем управління точності їх технологічного проектування.

Операція приготування маси продукту відноситься до категорії пожежонебезпечних, по-цьому диктує жорсткі вимоги до суворого контролю умов протікання ТП. Реалізувати необхідний рівень контролю за ходом ТП в наш час вдається з використанням схем автоматизованого контролю і мікропроцесорної техніки.

Комплекс основних завдань, що вирішуються на хіміко-технологічних виробництвах для забезпечення їх ефективної та безперебійної роботи, визначає особливе місце для завдань автоматизації. Ефективне вирішення цих завдань - один з найбільш значущих чинників, що визначають загальну ефективність управління хімічним підприємством.

					СУЗ-81Ш.6.050201.14.ПЗ	Арк.
						4
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Проблема ефективної експлуатації АСУТП завжди була актуальною темою. Не всі складові ефективності грають однакову роль в утворенні прибутку в реальних умовах експлуатації. Глобальна мета управління процесом - виконання виробничої програми при найкращому в економічному та екологічному сенсі технологічному режимі, отриманні максимального прибутку.

Автоматизація на базі сучасної мікропроцесорної техніки дозволяє реалізувати якісно нову технологію і підвищити ефективність виробництва за рахунок:

- підвищення обсягу продукції, що випускається;
- зниження витрат сировинних і енергетичних ресурсів за деякими статтями витрат на ТП;
- підвищення якості продукції, що випускається (якості пластифікації та гранулювання);
- скорочення простоїв через неполадки;
- збільшення міжремонтних термінів роботи обладнання.
- використання мінімальної кількості працівників, необхідних для підтримки ТП в робочому стані і ліквідації аварійних ситуацій.

Робота виконується на основі завдання кафедри системотехніки та інформаційних технологій Шосткинського інституту СумДУ.

					<i>СУз-81Ш.6.050201.14.ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		5

1 КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГІЧНИЙ АНАЛІЗ ОБ'ЄКТА УПРАВЛІННЯ

1.1 Опис технологічного процесу

Приготування продукту здійснюється на неперервно-діючому комплексі і включає в себе наступні операції:

- дозування компонентів (нітрату целюлози і розчину стабілізатора хімічної стійкості);
- змішування компонентів і пластифікація нітрату целюлози;
- ущільнення і додаткова пластифікація продукту, формування шнурів і розрізання їх на гранули.

До складу комплексу входять:

- дозуючі пристрої;
- змішувач;
- шнековий гранулятор.

Для дозування нітрат целюлози застосовується пристрій, що складається з:

- шнекового живильника;
- протирального апарату.

Шнековий живильник призначений для проміжного накопичення нітрату целюлози і подачі його в протиральний апарат.

Шнековий живильник складається з корпусу, всередині якого розміщені шнек з ворушителем, і перехідника. Перехідник шнекового живильника з'єднаний із завантажувальною горловиною протирального апарату рукавом з брезенту.

Протиральний апарат призначений для попереднього перемішування нітрату целюлози, що надійшов зі шнекового живильника, руйнування агломератів нітрату целюлози шляхом протирання їх через порожнисті грати і відділення від нітрату целюлози випадково потрапивших сторонніх включень (ниток, трісок, пломб і т.д.).

Протиральний апарат складається з наступних основних вузлів: корпусу, закритого торцевими кришками, ротора, що має протиральні лопаті, і стрічкового шнека.

Протиральний апарат з'єднаний перехідником із завантажувальним люком змішувача.

Для дозування в змішувач розчину стабілізатора хімічної стійкості застосовують насос-дозатор.

Для контролю подачі розчину стабілізатора хімічної стійкості перед змішувачем встановлена контрольна ємність. Вона являє собою відтарований скляний циліндр, у верхню кришку якого підводиться з насоса-дозатора розчин стабілізатора хімічної стійкості.

									Арк.
									6
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	СУЗ-81Ш.6.050201.14.ПЗ				

У нижній частині циліндра вмонтований патрубок для спуску розчину стабілізатора хімічної стійкості і трубопровід, по якому розчин самопливом надходить в змішувач.

Змішувач складається з трьох окремих циліндричних секцій, розділених перегородками між першою та другою, і другою та третьою секціями, і вузла вивантаження.

Корпус кожної секції змішувача має сорочку для подачі охолоджуючої води під час роботи апарату.

У першій секції змішувача вгорі розташована завантажувальна горловина, з'єднана перехідником з протиральним апаратом, а також патрубок для введення розчину стабілізатора хімічної стійкості.

Безпосередньо під вузлом вивантаження змішувача знаходиться завантажувальна зона шнекового гранулятора, який з'єднаний із змішувачем (по посадці).

Гранулятор складається з корпусу з верхнім завантажувальним вікном, шнека, формуючої решітки, ножів.

Корпус гранулятора має сорочку для подачі охолоджуючої води.

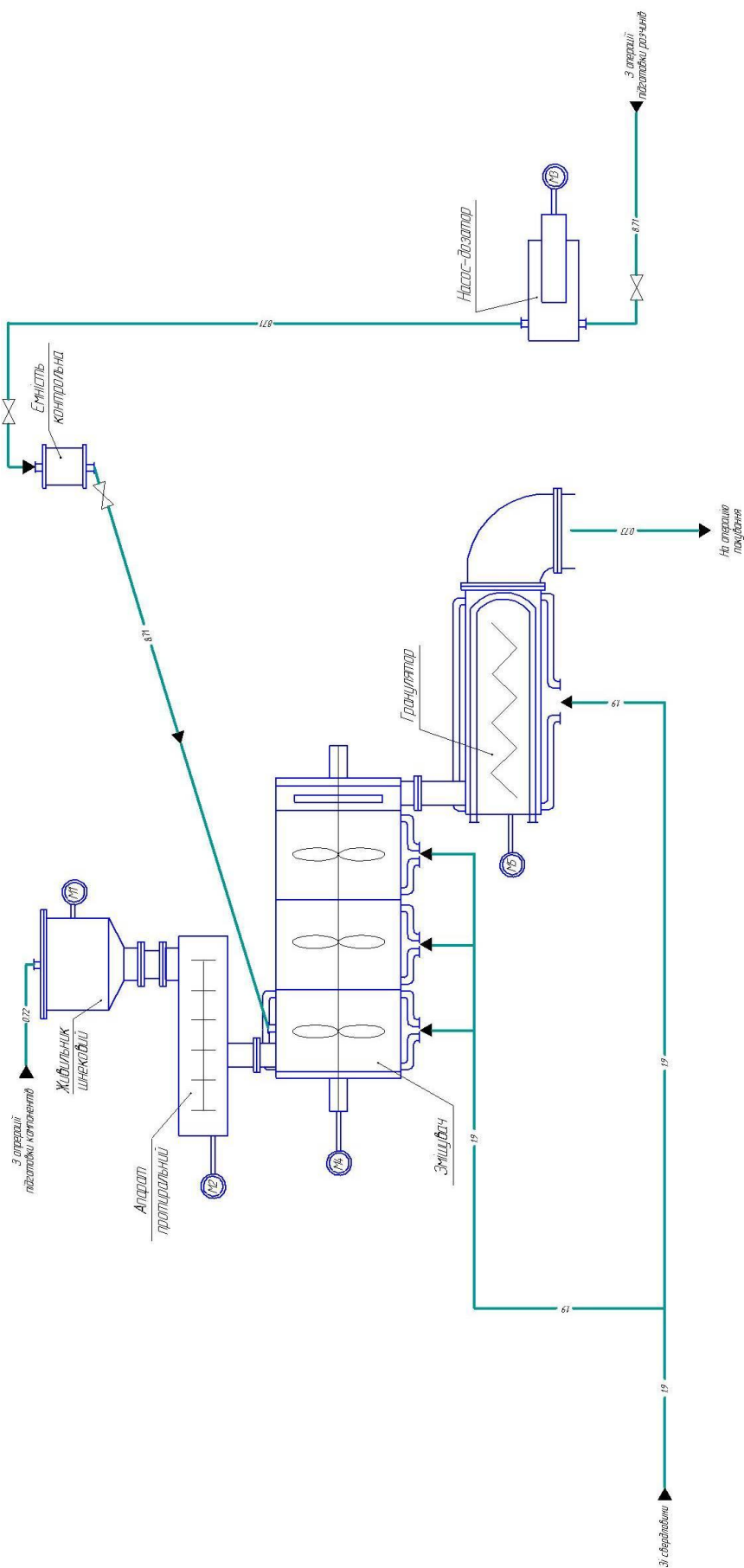
Продукт подається з вузла вивантаження змішувача ворушителем у зону живлення гранулятора і переміщується шнеком до формуючої решітки (при просуванні маса ущільнюється, піддається тиску і зсуву).

При продавлюванні маси через фільтри формуючої решітки формуються шнури, які на виході ріжуться ножами на гранули.

До корпусу гранулятора кріпиться пристрій вивантаження, що представляє собою патрубок з алюмінію. На кінці патрубку є заслінка для відсікання подачі порохових гранул на операцію пакування.

Технологічна схема пластифікації та гранулювання представлена на рис. 1.1.

					СУЗ-81Ш.6.050201.14.ПЗ	Арк.
						7
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Умовні позначення потоків

- 0.72 — Нітрат целюзи
- 0.73 — Порошок маса
- 19 — Вода охолоджена
- 8.71 — Рідин стабілізатора хімічної стійкості

Рисунок 1.1 – Технологічна схема пластифікації та гранулювання

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
-----	------	----------	--------	------

СУЗ-81Ш.6.050201.14.ПЗ

Арк.

8

1.2 Схема інформаційно-матеріальних потоків

На основі технологічного процесу пластифікації та гранулювання складемо схему руху матеріальних потоків. Схема руху матеріальних потоків представлена на рис. 1.2.



Рисунок 1.2 – Схема інформаційно-матеріальних потоків процесу пластифікації та гранулювання

На основі схеми руху матеріальних потоків визначимо параметри для сигналізації, контролю та управління. Параметри зведемо в табл. 1.1.

Таблиця 1.1 - Перелік параметрів сигналізації, контролю та управління

№ з/п	Параметр	Точка технологічного процесу	Процес контролю	Діапазон вимірюваної величини	Дозволена похибка вимірювань
1	Температура	Сорочка змішувача	Контроль, сигналізація	12...25 °С	2 %
2	Температура	Сорочка гранулятора	Контроль, сигналізація	12...25 °С	2 %
3	Тиск	Третя секція змішувача	Контроль, сигналізація	0,21...0,30 МПа	2 %
4	Тиск	Голівка гранулятора	Контроль, управління, сигналізація	0,19...0,21 МПа	1 %

Продовження таблиці 1.1

№ з/п	Параметр	Точка технологічного процесу	Процес контролю	Діапазон вимірюваної величини	Дозволена похибка вимірювань
5	Рівень	Контрольна ємність	Контроль, управління, сигналізація	1,2...1,3 м	1 %
6	Витрата	Шнековий живильник	Контроль, управління, сигналізація	85 кг/год	1 %

Структурна схема автоматизації має вигляд, наведений на рис. 1.3.

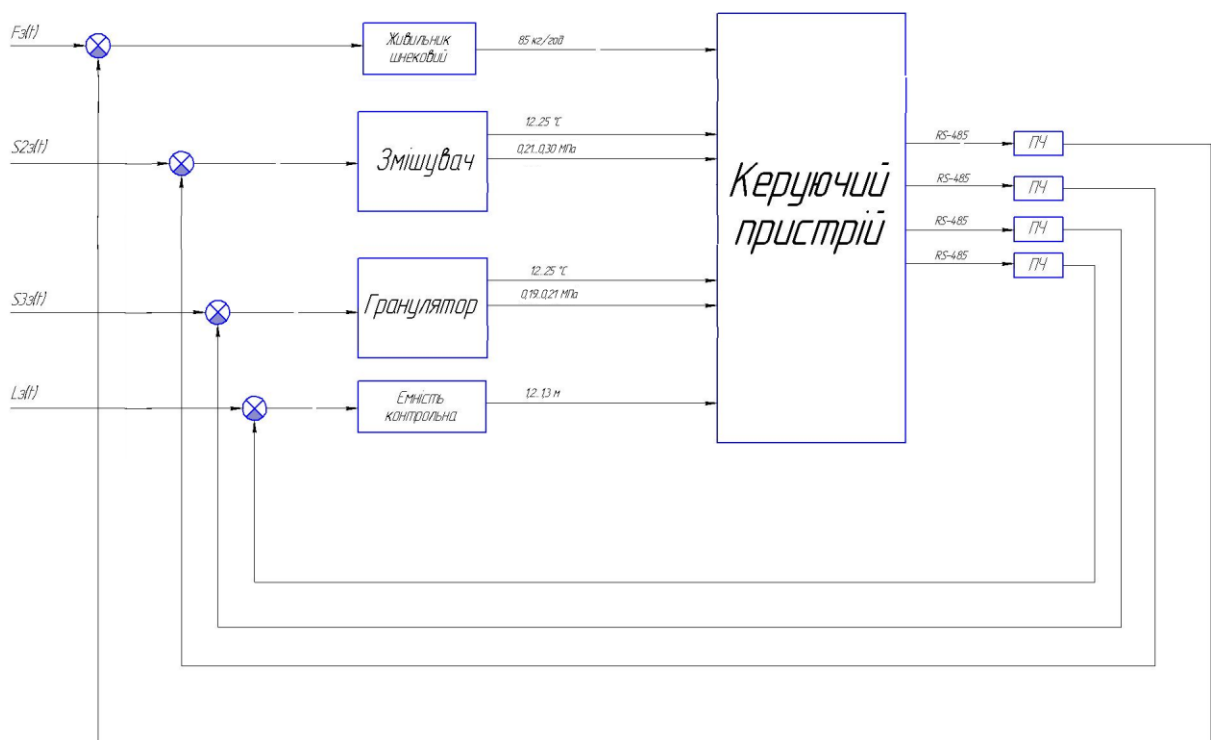


Рисунок 1.3 – Структурна схема автоматизації

2 ВИБІР КАНАЛІВ УПРАВЛІННЯ, СИГНАЛІЗАЦІЇ І БЛОКУВАННЯ

При виборі регулюючих величин визначають цільове призначення процесу, взаємозв'язок його з іншими процесами, показник ефективності і значення, на якому він повинен підтримуватись. Після чого аналізується ймовірність надходження збурюючих дій в об'єкт управління. Визначаються шляхи усунення збурень або їх стабілізації.

Упровадження автоматичних засобів контролю і сигналізації дозволяє забезпечити необхідну безпеку технологічного процесу.

Аналізуючи схему руху матеріальних потоків системи управління процесом гранулювання та пластифікації, визначені наступні точки контролю, управління та сигналізації:

2.1 Температура води в сорочці змішувача

Процес набухання нітрату целюлози у змішувачі проходить краще при низьких температурах, тому його необхідно проводити при охолодженні шляхом подачі в сорочку змішувача води температурою 12...25 °С.

Для контролю температури в сорочці змішувача може бути застосована структурна схема, яка представлена на рис. 2.1.

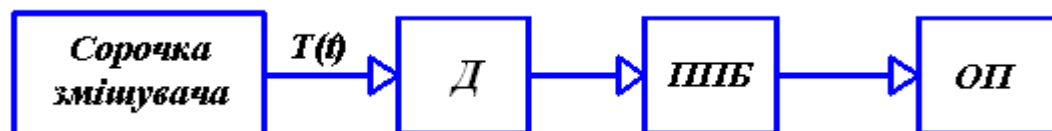


Рисунок 2.1 – Структурна схема контуру контролю температури в сорочці змішувача

Вимірювана температура води в сорочці змішувача ($T(t)$) діє на датчик (Д). Сигнал з датчика подається на підсилювально-перетворюючий блок (ППБ), який у свою чергу передає уніфікований сигнал на обчислювальний пристрій (ОП).

Контур аналогічний для контролю температури води в сорочці гранулятора.

2.2 Тиск у третій секції змішувача

Під дією перепаду тиску маса продукту піддається стисканню, деформації, протікаючи через зазори – зсуву, що покращує її технологічність. Крім того, відбувається формування маси продукту у вигляді гранул. Тому в третій секції змішувача необхідно підтримувати тиск 0,21...0,30 МПа.

Для контролю тиску в третій секції змішувача може бути застосована структурна схема, яка представлена на рис. 2.2.

					СУЗ-81Ш.6.050201.14.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

Вимірюваний рівень розчину стабілізатора хімічної стійкості в контрольній ємності ($L(t)$) діє на датчик (Д). Сигнал з датчика разом із сигналом завдання ($L_3(t)$) поступає на елемент порівняння. Результуючий сигнал ($e(t)$) подається на підсилювально-перетворюючий блок (ППБ1), який у свою чергу передає уніфікований сигнал на коригуючий пристрій (КП), або регулятор. З КП керуючий сигнал ($u(t)$) подається на підсилювально-перетворюючий блок (ППБ2), з якого поступає на регулюючий орган (РО), який чинить дію на даний об'єкт управління (контрольну ємність).

2.5 Витрата нітрату целюлози у шнековому живильнику

Для забезпечення фізико-хімічних характеристик маси продукту нормативним вимогам, потрібно підтримувати витрату нітрату целюлози у шнековому живильнику на рівні 85 кг/год.

Для управління витратою нітрату целюлози у шнековому живильнику може бути застосована структурна схема, яка представлена на рис. 2.5.

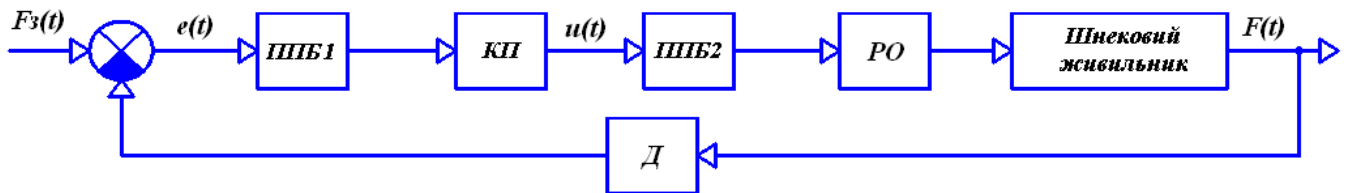


Рисунок 2.5 – Структурна схема контуру управління витратою нітрату целюлози у шнековому живильнику

Вимірювана витрата нітрату целюлози у шнековому живильнику ($F(t)$) діє на датчик (Д). Сигнал з датчика разом із сигналом завдання ($F_3(t)$) поступає на елемент порівняння. Результуючий сигнал ($e(t)$) подається на підсилювально-перетворюючий блок (ППБ1), який у свою чергу передає уніфікований сигнал на коригуючий пристрій (КП), або регулятор. З КП керуючий сигнал ($u(t)$) подається на підсилювально-перетворюючий блок (ППБ2), з якого поступає на регулюючий орган (РО), який чинить дію на даний об'єкт управління (шнековий живильник).

3 ВИБІР СУЧАСНИХ ЗАСОБІВ АВТОМАТИЗАЦІЇ, РОЗРОБКА СИСТЕМИ СИГНАЛІЗАЦІЇ І ЗАХИСТУ ТА АЛГОРИТМІВ УПРАВЛІННЯ

Рівень датчиків та виконавчих механізмів включає датчики (термометри опору, манометри, рН-метри, ємнісні рівнеміри та ін.) та виконавчі механізми (ВМ) з дистанційним керуванням (приводи насосів, відсічні та регулюючі клапани та ін.), необхідні для отримання інформації про хід управління технологічним процесом. Вимоги, що висуваються до цього рівня – надійність в експлуатації, точність вимірювань та управління. Рекомендується використовувати датчики та ВМ з уніфікованими аналоговими та дискретними сигналами (струмовий сигнал 4-20 мА, за напругою 3.5V ~ 30 V), для спрощення підключення до модулів вводу-виводу контролерів та УСО.

3.1 Нижній рівень автоматизованої системи управління технологічним процесом (АСУ ТП)

Нижній рівень має вирішувати задачі збору інформації з датчиків технологічних параметрів, контролю справності датчиків і ліній зв'язку, контролю параметрів і сигналізації про відхилення їх за допустимі технологічні межі, а також передавати їх в АСУ верхнього рівня.

3.1.1 Вибір датчиків

3.1.1.1 Вибір датчиків температури

В даному ТП проводиться контроль температури охолоджуючої води, що подається у сорочки змішувача та гранулятора.

Існує декілька способів вимірювання температури. Температуру можна виміряти за допомогою наступних засобів:

- термометрів розширення;
- манометричними термометрами;
- пірометрами;
- термометрами опору;
- термоелектричними термометрами.

Перші два способи не підходять через невеликі межі вимірювань, складності дистанційної передачі сигналу від місця відбору сигналу до щита оператора. Пірометри не підходять, тому що можна лише контролювати параметр, але немає можливості регулювання, а також пірометри застосовуються для вимірювання високих температур. Четвертий та п'ятий способи вимірювань підходять. Розглянемо два датчики температури та оберемо найбільш підходящий для даної задачі.

					СУЗ-81Ш.6.050201.14.ПЗ	Арк.
						14
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

а) Термометр опору платиновий ТСП 001. ДДЖ 2.821.000

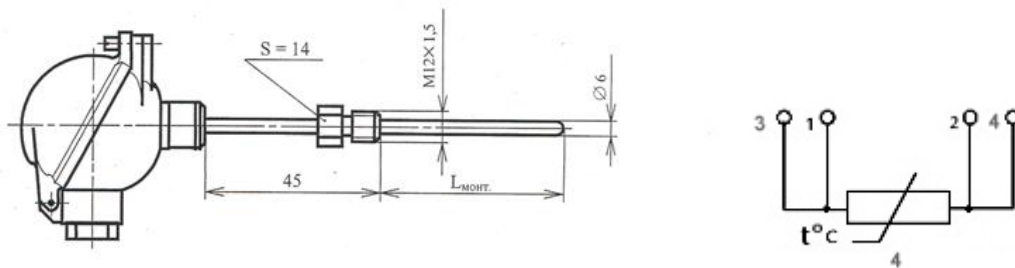


Рисунок 3.1 - Основні розміри термоперетворювача ТСП 001 та схема з'єднання чутливого елементу

Таблиця 3.1 – Основні технічні характеристики ТСП 001

Нормований параметр	Значення
Діапазон вимірюваних температур, °С	0...+200
Номінальна статична характеристика перетворювача	100П;Pt100;Pt500
Відношення опору при 100 °С до опору при 0 °С (W100)	1,391; 1,385
Межа допустимої основної абсолютної похибки, °С для класу А для класу В	±[0.15+0.002(t)] ±[0.30+0.005(t)]
Група вібростійкості за ГОСТ 12997	N2
Робочий тиск вимірюваного середовища, МПа модель 1, 2/ модель3 з гільзою	6,3/2,0
Вимірювальний струм не більше, мА для 100П,Pt100/Pt500	3,0/1,0
Вид кліматичного використання за ГОСТ 15150	У3
Ступінь захисту від зовнішніх дій	IP54
Міжповітряний інтервал, років	2
Матеріал захисної гільзи	12X18Н10Т

б) Термоперетворювач ТСМУ-205.

ТСМУ-205 Ех / 100М / 8 / 0...150⁰С / 160 / Ø 6 / 0,5 / ГП ТУ 4227-003-13282997 - з уніфікованим вихідним сигналом 4-20 мА, шкала 0-150⁰С, показник теплової інерції не більше 20 с.

Тип виконання: загальнопромислове: ТСМУ-205-Н, ТСПУ-205-Н, -205Ех-Н.

Особливості: вимірювальний перетворювач вбудований у клемну голівку первинного перетворювача.

					СУз-81Ш.6.050201.14.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15

Таблиця 3.2 – Основні технічні характеристики ТСМУ-205

Параметри	Значення
Напруга живлення постійного струму	12...36 В
Споживана потужність	0,8 ВА
Кліматичне виконання	С3, Д3, Т3
Ступінь захисту: вилка PLT-164-R сальник M20x1,5 кабельний ввід VG9-MS68	IP54 IP65 IP68
Міжповірковий інтервал	4 роки
Гарантійний термін експлуатації	4 роки

Другий тип датчика більше підходить для вимірювання на цій ділянці виробництва.

Переваги: ТСМУ-205 має уніфікований вихідний сигнал 4-20мА, діапазон температур більш близький до вимірюваної температури, дешевше та має великий міжповірковий інтервал.

3.1.1.2 Вибір датчиків тиску

Контроль тиску в даному ТП проводиться у третій секції змішувача та у головці гранулятора. Так як діапазон вимірюваних тисків в обох точках практично однаковий, застосуємо один тип датчика для цих точок.

Виміряти тиск можна наступними засобами:

- деформаційними манометрами;
- вантажопоршневими манометрами;
- електричними манометрами.

Перший та другий способи не підходять через неможливість дистанційної передачі сигналу. Електричні манометри підходять для даної задачі, так як на виході у цього типу манометрів електричний сигнал, який можна передати на відстань.

а) Датчик тиску EJX430A – призначений для вимірювання надлишкового тиску різноманітних середовищ: рідини, газу та пари.



Рисунок 3.2 - Датчик тиску EJX430A.

					СУз-81Ш.6.050201.14.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

Основні характеристики: похибка вимірювань $\pm 0,04\%$ від шкали. Стабільність вимірювань $\pm 0,1\%$ від ВМВ (верхня межа вимірювань) протягом 10 років.

Допускається повне зміщення нуля донизу (пригнічення нуля) або вгору (підняття нуля) у межах діапазона вимірювання капсули.

Максимальний робочий тиск капсула А: 3,5 МПа, капсула В: 16 МПа.

Вихідний сигнал 4...20 мА з функцією цифрового зв'язку по BRAIN або HART протоколу, Foundation Fieldbus.

Вихідний сигнал програмно може бути заданий лінійним або довільно сегментно лінеаризований.

Час відгуку 95 мсек.

Температура процесу -40...120 °С.

Температура навколишнього середовища:

-40...85 °С (без індикатора)

-30...80 °С (з індикатором)

Живлення 10,5...42 В постійного струму.

Матеріал, контактуючий із середовищем стандартно: мембрана – Hastelloy C-276, інше – нержавіюча сталь 316L SST.

Конструктивне виконання стандартне: IP67:

спалахобезбечне: (EExiaIICT5)

вибухонепроникне: (EExdIICT4, T5, T6)

Міжповірковий інтервал - 3 роки.

б) Перетворювач надлишкового тиску Метран 43-Ех-ДИ, з мембранним розділювачем

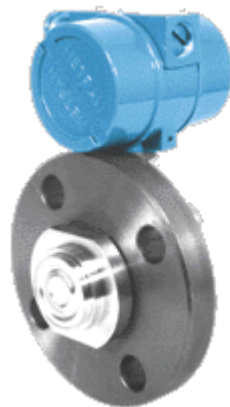


Рисунок 3.3 - Перетворювач надлишкового тиску Метран 43-Ех-ДИ

Основні характеристики:

межі вимірювань: 0-0,40 МПа, IP65;

вихідний сигнал 4-20мА;

живлення 24В постійного струму.

					СУз-81Ш.6.050201.14.ПЗ	Арк.
						17
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Датчик призначений для роботи в системах автоматичного контролю, регулювання та управління технологічними процесами в різноманітних галузях промисловості, міського господарства та забезпечує безперервне перетворення вимірюваного параметра - розрідження, надлишкового тиску, тиску-розрідження, різниці тисків нейтральних та агресивних, газоподібних та рідких середовищ в електричний уніфікований струмовий вихідний сигнал дистанційної передачі. Межі вимірювань: тиск-розрідження від (-5:0:5) до (-100:0:530) кПа; гідростатичного тиску від (0:1,6 до (0:250) кПа; різниці тисків від (0:0,16) до (0:630) кПа.

Датчик тиску Метран 43-Ех-ДИ-3153-01 більше підходить для вимірювання тиску в даному процесі, так як має більш близьку межу вимірювань і тому вимірювання буде більш точним, має меншу вартість, конструктивне виконання більш зручне для кріплення.

3.1.1.3 Вибір датчика рівня

В даному ТП проводиться регулювання рівня стабілізатора хімічної стійкості у контрольній ємності, для вимірювання якого можливе використання наступних рівнемірів:

- а) Сигналізатор рівня, ємнісний РОС101



Рисунок 3.4 - Сигналізатор рівня, ємнісний РОС101

Основні технічні характеристики: стрижневий чутливий елемент, живлення 24В постійного струму, релейний вихідний сигнал.

Датчики-реле рівня РОС-101 призначені для контролю одного рівня (незалежних крайніх рівней електропровідних та неелектропровідних рідин, твердих (шматоподібних) середовищ, зерна та продуктів його розмолу, а також розділу середовищ: вода - світлі нафтопродукти, зріджені вуглеводневі гази - вода та інші рідини з різко відмінними діелектричними проникностями.

В датчиках-реле за допомогою регулюючих елементів у передавальному перетворювачі забезпечується встановлення рівня та диференціалу спрацювання у межах робочої зони чутливого елемента, за допомогою зміни положення перемикача забезпечується зміна виду сигналізації "наявності" або "відсутності" контрольованого середовища, за допомогою елементів світлової індикації забезпечується контроль функціонування та індикація досягнення встановленого рівня.

					СУз-81Ш.6.050201.14.ПЗ	Арк.
						18
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Датчик-реле складається з первинного перетворювача (ПП) з чутливим елементом та передавального перетворювача (ППР).

Таблиця 3.3 – Основні технічні характеристики датчика-реле рівня РОС-101

Условное обозначение датчика-реле	Конструктивное исполнение чувствительного элемента	Длина погружаемой части чувствительного элемента, L, м	Параметры контролируемой среды					
			Физическое состояние, электрические свойства	Температура, °С	Рабочее избыточное давление, P _{раб} , МПа, до	Относительная диэлектрическая проницаемость	Динамическая вязкость, Па·с, не более	Размеры гранулы (куска), мм, не более
1	2	3	4	5	6	7	8	9
РОС-101-021 РОС-101-021И РОС-102-121 РОС-102-121И	Стержневой изолированный	0,1; 0,25; 0,6; 1,0; 1,6; 2,0	Жидкая, сыпучая, электропроводная	От -100 до +200	2,5	2,0÷4,0	1,5 (для жидких сред)	5

б) Рівнемір-регулятор буйковий пневматичний ОКП 42 1422 8088 ТУ 4214-008-12176419-96

Рівнеміри-регулятори буйкові пневматичні УРБ-П, УРБ-ПМ призначені для роботи в системах автоматичного контролю, управління та регулювання параметрів виробничих технологічних процесів з метою видачі інформації у вигляді пневматичного сигналу про рівень рідини (УРБ-П) або межі розділу двох не змішуваних рідин (УРБ-ПМ), що знаходяться під вакууметричним, атмосферним або надлишковим тиском.

Умови експлуатації: рівнемір експлуатується в умовах, встановлених для виконання УХЛ категорії 3.1 або ХЛ категорії розміщення 2 за ГОСТ 15150, але для роботи при температурі повітря навколишнього середовища від мінус 50 до плюс 70°С для виконань УХЛ і ХЛ та від мінус 10 до плюс 45°С для виконання Т. У лінії, що підводить для рівнемірів повітря живлення, повинні бути встановлені фільтр і стабілізатор тиску повітря.

Повітря живлення повинне бути підготоване за класом забрудненості 0 у відповідності до ГОСТ 17433. За стійкістю до механічних дій рівнеміри витримують вібрацію частотою (10-55) Гц з амплітудою не більше 0,035 мм.

Ступінь захисту рівнемірів від дії пилу та води IP54 за ГОСТ 14254.

Деталі, що контактують з контрольованим середовищем, у залежності від його агресивності, виготовляються зі сталі 20 або сталі 12Х18Н10Т, що дозволяє забезпечити високу якість та надійність при довгостроковій експлуатації.

Вимоги техніки безпеки за ГОСТ 12997.

					СУЗ-81Ш.6.050201.14.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		19

Таблиця 3.4 – Основні технічні характеристики рівнеміра-регулятора УРБ-П

Умовні позначення та матеріали деталей		Граничні значення діапазона вимірювань	Параметри вимірювання рідин	
			Діапазон температур, °С	Гранично допустимий робочий надлишковий тиск, МПа
УРБ-П-1	ст. 20 12Х18Н10Т	0,25; 0,4; 0,6; 0,8; 1,0; 1,6; 2,0; 2,5; 3,0; 4,0; 6,0; 8,0; 10,0; 12,0; 16,0	-50...+100	2,5; 4,0; 6,3; 10,0
			-200...-50 +100...+400	
УРБ-ПМ1		0,6; 0,8; 1,0; 1,6; 2,0; 2,5; 3,0;	-50...+100	2,5; 4,0
УРБ-ПМ2			-200...-50 +100...+400	

Датчик рівня РОС-101 більш підходить до вимірювання рівня рідини, так як має більш близьку межу вимірювання і тому вимірювання буде більш точним, має уніфікований вихідний електричний сигнал та конструктивне виконання більш зручне для кріплення.

3.1.1.4 Вибір датчиків витрати

У даному ТП здійснюється регулювання витрати нітрату целюлози у шнековому живильнику.

Можливе використання наступних витратомірів:

а) Витратомір сипких матеріалів SolidFlow

SolidFlow - витратомір, що розроблений спеціально для вимірювання масової витрати сипких матеріалів. Перетворення витрати відбувається за рахунок взаємодії мікрохвильового поля з транспортуємим матеріалом та стінками обладнання.

Основні технічні характеристики даного датчика витрати приведено в табл. 3.5.

Таблиця 3.5 - Технічні характеристики витратоміра сипких матеріалів SolidFlow

Найменування параметра	Значення
Діапазон вимірювань масової витрати, кг/год	До 300
Корпус	Нерж. сталь 1.4541 або сталь St 52
Категорія захисту	IP65; АTEX: кат. 2 G и 1/2 D

					СУЗ-81Ш.6.050201.14.ПЗ	Арк.
						20
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Продовження таблиці 3.5

Найменування параметра	Значення
Робоча температура: - передня частина сенсора - опціонально - електроніка сенсора	-20...+80 °C [-4...+176 °F] -20...+120 °C [-4...+392 °F] 0...+60 °C [+32...+140 °F]
Робоча частота	24,125 ГГц, ±100 МГц
Випромінювана потужність	Макс. 5 мВт
Похибка	±3%
Струм вихідного сигналу Напруга вихідного сигналу	4...20 мА (0...20 мА), нагр. < 700 Ω 2...10 В (0...10 В), нагр. > 2 кΩ
Сигнал перевищення граничного значення	Реле, макс. 250 VAC, 1А
Тоталайзер	Функція скидання
Зберігання даних	Флеш
Імпульсний вихід	Відкритий колектор
Вартість, грн	13700

Зовнішній вигляд витратоміра SolidFlow представлено на рис. 3.5.



Рисунок 3.5 - Витратомір SolidFlow

б) Витратомір SIEMENS SITRANS F C MASS 2100 DI 1.5

Витратомір SIEMENS SITRANS F C MASS 2100 DI 1.5 - вимірювальний пристрій масової витрати, що працює за принципом дії сили Кориоліса. Вимірювання відбуваються незалежно від зміни таких умов і параметрів процесу, як температура, густина, тиск, в'язкість, провідність і профіль потоку.

Основні технічні характеристики даного датчика витрати приведено в таблиці 3.6.

					СУз-81Ш.6.050201.14.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		21

Таблиця 3.6 - Технічні характеристики витратоміра SIEMENS SITRANS F C MASS 2100 DI 1.5

Найменування параметра	Значення
Діапазон вимірювань масової витрати, кг/год	0...350
Корпус	1.4404 (AISI 316 L) (нерж. сталь)
Категорія захисту	IP66
Робоча температура, °C	-50...+125
Робочий тиск, бар	230
Вага, кг	2,6
Похибка	±1%
Струм вихідного сигналу	4...20 мА (0...20 мА), 2...10 В
Збереження даних	Блок пам'яті SENSORPROM 2kB
Вартість, грн	15618,4

Зовнішній вигляд витратоміра SIEMENS SITRANS F C MASS 2100 DI 1.5 представлено на рис. 3.6.



Рисунок 3.6 - Витратомір SIEMENS SITRANS F C MASS 2100 DI 1.5

Порівнявши технічні характеристики SolidFlow і SIEMENS SITRANS F C MASS 2100 DI 1.5, можна зробити висновок, що обидва витратоміри однаково підходять, але другий має меншу похибку вимірювань (а значить, точність вимірювань підвищується, що є одним з пріоритетів у даному ТП), більшим ступенем захисту і більшим діапазоном робочих температур. Тому свій вибір зупиняємо на SIEMENS SITRANS F C MASS 2100 DI 1.5.

3.1.1.5 Вибір датчиків кута повороту (енкодерів)

У даному ТП виконується керування двигунами шнекового живильника, змішувача і гранулятора.

					СУЗ-81Ш.6.050201.14.ПЗ	Арк.
						22
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для визначення кута повороту вала двигуна можливе використання датчиків кута повороту, які дозволяють перетворити кутовий рух у безперервно змінювану напругу змінного струму в функції кута повороту.

Можливе застосування наступних датчиків кута повороту:

а) Датчик кута повороту SIBA 5321 R5K L2.0

Основні технічні характеристики даного датчика приведено в таблиці 3.7.

Таблиця 3.7 - Технічні характеристики SIBA 5321 R5K L2.0

Найменування параметра	Значення
Вихідний сигнал	4...20 мА
Допуск, опір	±20 %
Імпеданс	5 кΩ
Робоча температура	-40...+125°C
Робоча напруга	5.25 V
Рівень навантаження	0.25 W
Ступінь захисту	IP 50
Вартість, грн	1869

Зовнішній вигляд датчика кута повороту SIBA 5321 R5K L2.0 представлено на рис. 3.7.



Рисунок 3.7 - Датчик кута повороту SIBA 5321 R5K L2.0

б) Датчик кута повороту Autonics ENC-1

Основні технічні характеристики даного датчика приведено в табл. 3.8.

Таблиця 3.8 - Технічні характеристики Autonics ENC-1

Найменування параметра	Значення
Діапазон вимірів	100 імп/об
Вихід	Дільник напруги
Характеристика виходу	NPN ОК
Напруга живлення	12 – 24 В
Ступінь захисту	IP 67
Вартість, грн	1845,54

Зовнішній вигляд датчика кута повороту Autonics ENC-1 представлено на рис. 3.8.

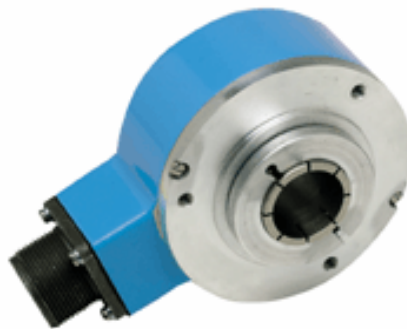


Рисунок 3.8 - Датчик кута повороту Autonics ENC-1

Порівнявши технічні характеристики SIBA 5321 R5K L2.0 і Autonics ENC-1, можна зробити висновок, що обидва датчики однаково підходять, але другий має більший ступінь захисту. Тому свій вибір зупиняємо на Autonics ENC-1.

3.1.2 Вибір перетворювачів

Вибір перетворювачів частоти

Для запобігання перевитрат або нестачі нітрату целюлози, розчину стабілізатора хімічної стійкості, гарному процесу перемішування компонентів, а також кращому гранулюванню маси продукту, необхідно регулювати частоту обертання двигунів шнекового живильника, насоса-дозатора, протирального апарату, змішувача та гранулятора відповідно.

Основні функції управління реалізуються на основі підбору необхідних технічних засобів.

Головною задачею вибору технічних засобів є перевірка сумісності каналів управління контролера з приводами. На рисунку 3.9 зображена схема управління двигуном з використанням перетворювача частоти.

					СУЗ-81Ш.6.050201.14.ПЗ	Арк.
						24
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

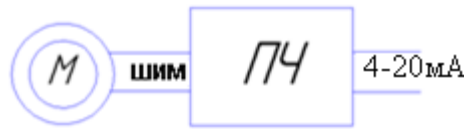


Рисунок 3.9 – Функціональна схема управління двигуном

Серед різних способів управління двигуном у наш час виділяють частотне та широтно-імпульсне (ШИМ). Великою перевагою ШИМ є її висока завадостійкість та простота організації на мікропроцесорному контролері.

Додатковою перевагою використання ШИМ управління є можливість типізації алгоритма управління по типу ШИМ.

У даному випадку для управління перетворювачем частоти використовується ШИМ. Далі перетворювач під дією керуючих сигналів управляє двигуном.

Порівняльний аналіз електричних приводів:

а) Привод електричний багатообертовий ПЭМ-Б1

Привод призначений для дистанційного та місцевого управління запірною трубопровідною арматурою, встановлюється безпосередньо на арматурі. Робоче положення приводу - довільне. Основні вузли приводу: електродвигун, ручний привод, блок кінцевих вимикачів БКВ, двосторонній обмежувач обертового моменту. Блок кінцевих вимикачів БКВ забезпечує сигналізацію та (або) блокування вихідного валу приводу в крайніх або проміжних положеннях.

Наявність двостороннього обмежувача моменту:

- автоматичне відключення приводу при досягненні запірним органом арматури крайніх (зачинено, відчинено) та (або) будь-яких проміжних положень при досягненні заданого обертового моменту на вихідному валу;
- забезпечення початку руху запірного органу з крайнього положення з максимальним обертовим моментом завдяки наявності блокуючих кулачків (запобігає відключенню електродвигуна у межах заданої величини ходу вихідного вала).

Таблиця 3.9 - Основні технічні характеристики ПЭМ-Б1

Виконання приводу	Діапазон налаштування обертового моменту на вихідному валу, Н.м	Число обертів вихідного валу		Частота обертання вихідного валу, об/хв	Потужність електродвигуна, не більше, Вт	Вид та розмір вихідного валу, мм
		min, об.	max, об.			
ПЭМ-Б1	100-300	1	6	25	550	58

б) Привод електричний однообертвий ПЭОЗ-100-0,25-03К

Привод призначений для управління заслонками, шаровими та корковими кранами, затворами та іншою запірною арматурою, що вимагає повороту робочого органа на кут від 0 до 225°.

Привод встановлюється безпосередньо на трубопровідній арматурі і з'єднується зі штоком керуючого органу за допомогою втулки. Робоче положення приводу - довільне.

Основні вузли приводу: електродвигун, планетарна передача, ручний привод, блок кінцевих вимикачів БКВ, обмежувач крайнього моменту.

Блокування обертання вихідного вала відбувається за допомогою обмежувача кінцевого моменту або БКВ.

Блок кінцевих вимикачів БКВ забезпечує сигналізацію та (або) блокування вихідного сигналу приводу у кінцевих або проміжних положеннях.

Обмежувач кінцевого моменту забезпечує відключення приводу при досягненні запірним пристроєм арматури кінцевих положень (<Відчинено>, <Зачинено>) або при аварійному заїданні рухомих частин арматури.

Таблиця 3.10 - Основні технічні характеристики ПЭОЗ-100-2,5-03К

Виконання приводу	Обертвий момент на вихідному валу, Н.м		Частота обертання вихідного валу, об/хв	Повний хід вихідного валу, об. (град.)	Номінальний час повороту вихідного валу, с		Споживана потужність, не більше, Вт	Вид і розмір вихідного валу, мм
	min	max			на 90°	на 225°		
ПЭОЗ-100-2,5-03К	60	140	0,6	0,25 (90о)	25	63	500	58

Кліматичне виконання - УЗ.1 за ГОСТ 15150.

Ступінь захисту - IP54 за ГОСТ 14254.

Електричне живлення - однофазне, напруга 220 В або 24 В частоти 50 Гц.

Управління приводом – як безконтактне, за допомогою пускача безконтактного реверсивного ПБР-2М, так і контактне – за допомогою пускача електромагнітного (наприклад, типу ПМЛ).

Відмінні риси приводу:

Привод має блок сигналізації критичних ситуацій та кінцевих поворотів вала.

Обмежувач кінцевого моменту забезпечує можливість установа моменту вимкнення у діапазоні від 63 до 100% максимального моменту. Відхилення моменту вимкнення не перевищує $\pm 10\%$ від налаштованого значення.

Ручний привод працює незалежно від стану електродвигуна (ввімкнено або вимкнено).

									Арк.
									26
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	СУЗ-81Ш.6.050201.14.ПЗ				

Привод може бути налаштований на повний хід вихідного валу від 30° до 290° при збереженні швидкості переміщення вихідного валу.

Невеликі габаритні розміри та невелика маса.

Мікровимикачі дозволяють комутацію постійного струму від 5mA до 1A при напрузі до 48V, змінного струму від 20 mA до 500 mA при напрузі до 220V.

Пояснення вибору електричного приводу

Проаналізувавши характеристики приводів ПЭМ-Б1 и ПЭОЗ-100-2,5-03К можна зробити висновок, що слід обирати привод ПЭОЗ-100-2,5-03К, так як його відмінною рисою є наявність блоків сигналізації стану приводу, що забезпечує інтеграцію зі SCSDA системами.

Перетворювач EI-MINI - FP7



Рисунок 3.10 - Перетворювач EI-MINI - FP7

Функція реверсу.

2-провідникове управління.

Цифровий вихід для діагностики приводу.

Сталий або змінний обертальний момент характеристики U/f.

Максимальна частота 100 Гц.

Джерело живлення +15 В для зовнішніх приладів.

Зовнішні входи для управління та скидання помилки.

Електронний захист двигуна від перенавантажень.

					СУЗ-81Ш.6.050201.14.ПЗ	Арк.
						27
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 3.11 - Основні технічні характеристики EI-MINI- FP7

Характеристики	Модель EI-MINI- FP7
Наруга живильної мережі	220-240 В
Частота мережі, Гц	45-60 Hz
Вихідна потужність, кВт	0,75
Номинальний вихідний струм, А	4
Максимально припустимий струм, А (150% Іном протихом 60 с)	6
Основна частота ШІМ, кГц	16
Режими управління	2-х провідникове
Режими гальмування	Плавна зупинка, інерційна зупинка або гальмування постійним струмом
Навантаження	Зі сталим моментом або з0 вентилятоною характеристикою
Ступінь захисту	IP00
Робоча температура	Від 0 до + 50°C
Температура зберігання	Від - 40 до + 65°C
Відносна вологість	не більше 93%, відсутність конденсату

Пояснення вибору перетворювача

До переваг даного перетворювача в першу чергу варто віднести: низьку вартість, простоту експлуатації, маленькі габарити.

Так як даний перетворювач забезпечує ШІМ модуляцію, обираємо перетворювач EI-MINI- FP7.

У подальшому для зменшення вартості автоматизації виробництва та типовості обладнання, що встановлюється, будемо використовувати приводи серії ПЭОЗ-100 та перетворювачі серії EI-MINI.

3.2 Верхній рівень автоматизованої системи управління технологічним процесом (АСУ ТП)

Раніше було розкрито призначення, цілі та критерії створення АСУ технологічним процесом пластифікації та гранулювання, визначена структура та функціонування ПТК цієї АСУ, потім проведено аналіз процесу пластифікації та гранулювання з позиції автоматизації технологічних виробництв. Наступним кроком на шляху створення автоматизованої системи управління є вибір засобів програмно-технічного комплексу, що охоплює диспетчерський

					СУз-81Ш.6.050201.14.ПЗ	Арк.
						28
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

рівень, мережевий рівень та рівень контролерів та модулів вводу-виводу структурної схеми АСУ.

Як уже було зазначено, при виборі засобів ПТК необхідно прагнути зниження вартості системи, налагодження та експлуатації, підвищенню надійності, продуктивності, простоті експлуатації, сумісності та іншим важливим характеристикам системи.

Технічні засоби автоматизації (ТСА) обираються таким чином, що у межах АСУ необхідно дотримуватися таких принципів Державної системи приладів (ДСП), як:

- 1) агрегатирування;
- 2) уніфікація сигналів, інтерфейсів, основних конструкцій, елементної бази, модулів та блоків;
- 3) мінімізація номенклатури;
- 4) реалізація естетичних та ергономічних вимог з точки зору раціональності.

При виборі програмно-технічних засобів автоматизації необхідно враховувати особливості поставленої задачі, вимоги висунуті характером технологічного процесу до надійності, живучості, швидкодії, іншим технічним або експлуатаційним характеристикам системи, а також споживчі властивості системи.

Набір виконуваних функцій та відповідний обсяг отримуваної та оброблюваної інформації про об'єкт відповідає можливостям ПТК, побудованого на базі локального програмованого логічного контролера (ПЛК) або мережевого комплексу контролерів (мережа ПЛК).

ВИБІР КОНТРОЛЕРНИХ ЗАСОБІВ (ПЛК)

Обираємий мікроконтролер повинен відповідати наступним вимогам:

- 1) підтримка потрібної кількості вхідних та вихідних сигналів (не менше 16/8 аналогових вх./вих., 32/32 дискретних вх./вих.);
- 2) застосування як для безперервним виробництв, так і для періодичних;
- 3) високий рівень надійності, завадостійкості (відмова мікроконтролера може призвести до великих економічних втрат);
- 4) висока продуктивність, необхідна для контролю великої кількості технологічних параметрів;
- 5) використання стандартних протоколів та комунікаційних інтерфейсів для роботи з верхнім рівнем;
- 6) широкий діапазон модулів розширення для підтримки різноманітних датчиків;
- 7) розвинена програмна підтримка;
- 8) широкий діапазон робочих умов;
- 9) оптимальна ціна.

										Арк.
										29
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	СУз-81Ш.6.050201.14.ПЗ					

З доступних на сьогоднішній день на ринку ПЛК найкращими властивостями для споживача володіє контролер ICP DAS I-8837.

Цей контролер є PC-сумісним, повністю відповідає сучасним тенденціям руху ринку промислової автоматизації.

Конструктивно цей контролер серії i-8000 виконано у вигляді окремого блоку з негорючого пластику. Блок містить центральний процесор, джерело живлення, панель управління, комунікаційні порти та з'єднувальну плату для встановлення модулів вводу-виводу.

Контролер може бути без зусиль встановлено на DIN-рейку або на панель. При цьому забезпечується відкритий та зручний доступ до панелі управління, до слотів для установки або заміни модулів вводу-виводу та комунікаційним роз'ємам.

I-8837 має процесор AMD-188/186-40МГц, 512 КБайт оперативної пам'яті з можливістю живлення від окремої батареї, 512 КБайт Flash-пам'яті, вбудований годинник реального часу та сторожевий таймер. Обсяг Flash-пам'яті можна нарощувати до 32 Мбайт. Вбудований сторожевий таймер являє собою апаратно реалізовану схему скидання, що контролює робочий стан контролера. У випадку непередбачуваного "зависання" контролера сторожевий таймер автоматично перезапустить його. Для зв'язку з модулями розширення використовується високошвидкісна паралельна, локальна шина.

Контролер має також вбудовані апаратні та програмні засоби автодіагностики. В ПЗУ вбудоване ядро та програмні модулі системи ISaGRAF (цільова задача), під управлінням яких здійснюється робота контролера.

Для зручності оперативного контролю за роботою I-8837 є вбудована панель управління. На ній розташовані 5-знаковий семисегментний індикатор, 3 світлодіоди і кнопки управління. На індикатор може виводитися інформація про статус роботи I-8837 та стану аналогових входів-виходів (інформація про стан дискретних входів-виходів виводиться на світлодіоди, розташовані на модулях розширення). Чотири кнопки оперативного управління "Up", "Down", "Mode", "Set" дозволяють користувачу оперативно проглядати необхідні дані на дисплеї та керувати статусом роботи контролера.

Додатково на панелі розташовано індикатор живлення та кнопка "Reset" для скидання контролера.

Живлення контролера може здійснюватися постійною нестабілізованою напругою в діапазоні від 10 до 30 В. Блок живлення потужністю 20 Вт має лінійну навантажувальну характеристику в усьому робочому діапазоні вихідної потужності та температур. Його з'єднувальні клеми виведено на передню панель контролера та захищено додатковою кришкою.

					СУз-81Ш.6.050201.14.ПЗ	Арк.
						30
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Контролер має три рівні гальванічної роз'язки. Перший рівень в 3000 В постійного струму забезпечується електричними ланцюгами джерела живлення, другий, також в 3000 В, - ізоляцією в модулях вводу-виводу, третій, в 2500 В, - ланцюгами комунікаційних інтерфейсів.

Контролер та модулі розширення можуть працювати у широкому температурному діапазоні від мінус 25 до плюс 75°C.

Контролер може мати великий набір комунікаційних портів, що підтримують різноманітні інтерфейси.

Послідовний порт COM1 підтримує стандартний інтерфейс RS-232. COM2 слугує для організації зв'язку по RS-485 на основі єдиної виті пари.

Послідовний порт COM3 усіх контролерів слугує для завантаження програм зі звичайного персонального комп'ютера або може використовуватись у якості порту RS-232 загального призначення.

Контролер має вбудований порт Ethernet. Обмен з мережею Ethernet та може здійснюватися на швидкості 10 Мб витою парою категорії 3 та вище. Контролер постачається з бібліотеками TPC/IP, Web Server и VxCOM. Перші дві бібліотеки дозволяють дуже швидко інтегрувати контролери в існуючу мережу Інтернет/Інтранет та отримувати доступ до даних через звичайний браузер типу ІЕ або Netscape. Остання бібліотека призначена для реалізації функції Ethernet – RS-232/485 роутера.

Контролер має відповідно 8 слотів розширення для встановлення модулів вводу-виводу та нарощування функціональних можливостей.

Через один з комунікаційних портів можуть бути під'єднані додаткові модулі вводу-виводу, встановлені у спеціальні пристрої розширення - корзини типу I-87k4 або I-87k8. Вони мають відповідно 4 та 8 слотів для додаткових модулів. Усього до одного контролера може бути під'єднано до 255 модулів розширення. За інтерфейсом RS-485 до контролерів можна також під'єднувати і будь-які модулі серії I-7000. Так як модулі розширення серії I-8000 підтримують систему команд, сумісну з системою команд для серії модулів I-7000, змішані системи на основі двох серій модулів створювати дуже легко та зручно. Модулі серії I-8000, що вбудовані в блоки I-87k4 або I-87k8, можна під'єднувати до послідовного порту промислового або персонального комп'ютера.

Модулі розширення серії I-8000 поділяються на два типи: паралельні та послідовні. Модулі паралельного типу – високошвидкісні пристрої вводу-виводу, які можуть бути встановлені тільки в контролери. Модулі послідовного типу мають більш низьку швидкість обміну та можуть встановлюватись як у слоти розширення контролерів, так і в слоти додаткових пристроїв типу I-87k4 або I-87k8. В контролер можна встановлювати модулі у

					СУз-81Ш.6.050201.14.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		31

будь-якій комбінації: як паралельні, так і послідовні. Всі модулі мають знімні клемні з'єднання з витою фіксацією зовнішніх провідників.

У комплекті з контролером та модулями серії i-8000 постачається документація та додаткове програмне забезпечення:

- керівництво користувача;
- утиліта програмною конфігурації;
- драйвери і бібліотеки для MS DOS;
- драйвери і бібліотеки для Windows 95/98/NT;
- DDE сервер;
- бібліотека компонентів ActiveX;
- драйвери і бібліотеки для Linux;
- OPC сервер;
- бібліотеки TPC/IP, Web-Server и VxCOM;

Середовище розробки ISaGRAF є окремим програмним продуктом і постачається за окрему платню.

3.2.2 Панель оператора

Для візуалізації проходження ТП, відображення поточних параметрів, завдання вхідних величин та індикації каналу аварії застосуємо сенсорну графічну панель оператора SIPLUS HMI Basic Panel виробництва SIEMENS (рис. 3.16), яка може використовуватись для розв'язання задач оперативного управління і моніторингу на локальному рівні в усіх областях промислового виробництва, а також у системах автоматизації будівель.

Основні характеристики панелі оператора SIPLUS HMI Basic Panel приведено в табл. 3.12.

Таблиця 3.12 – Основні характеристики SIPLUS HMI Basic Panel

Найменування	Позначення	Технічні параметри	Вага Нетто, кг	Вартість, грн
Панель оператора	SIPLUS HMI Basic Panel	КТР600 BASIC COLOR PN 5,7" ДІАПАЗОН РОБОЧИХ ТЕМПЕРАТУР -25... +60 ГРАД. ЦЕЛЬСІЯ, 3 КОНФОРМНИМ ПОКРИТТЯМ НА ОСНОВІ 6AV6647-0AD11-3AX0 . 5,7" TFT ДИСПЛЕЙ, 256 КОЛЬОРІВ, ІНТЕРФЕЙС ETHERNET	1,07	25199

Зовнішній вигляд SIPLUS HMI Basic Panel представлено на рис. 3.11.



Рисунок 3.11 – Панель оператора SIPLUS HMI Basic Panel

3.2.3 Блок живлення

Для живлення ПЛК та панелі оператора оберемо блок живлення PM1207 виробництва SIEMENS.

Блок живлення PM1207 (Power Module) оптимальний для нової серії контролерів SIMATIC S7-1200 за дизайном і функціональністю та забезпечує зовнішнє живлення входів і виходів, коли потужності, вбудованого в ЦПУ джерела живлення, недостатньо.

Основні характеристики блоку живлення PM1207 представлено в табл. 3.13.

Таблиця 3.13 – Основні характеристики SIPLUS PM1207

Найменування	Позначення	Технічні параметри	Вага нетто, кг	Вартість, грн
Блок живлення	PM1207	СТАБІЛІЗОВАНИЙ БЛОК ЖИВЛЕННЯ, ВХІД: ~120/230 В, ВИХІД: =24 В/2,5 А	0,3	3912,8

Зовнішній вигляд PM1207 представлено на рис. 3.12.



Рисунок 3.12 – Блок живлення PM1207

3.3 Розробка системи сигналізації і блокування

Для забезпечення технологічної сигналізації скористаймося блоком технологічної сигналізації ПТС-64.

Блок технологічної сигналізації призначено для узагальненої і поканальної сигналізації параметрів технологічних процесів, значення яких у процесі роботи перевищують ті або інші технологічні уставки.

Використовується в локальних і комплексних системах промислової автоматизації виробничих процесів у схемах технологічної і аварійної сигналізації.

Прилад технологічної сигналізації ПТС-64 складається з одного блоку ПТС-2 (керуючий пристрій або прилад узагальненої сигналізації) і одного або декількох блоків ПТС-8 (керований пристрій або прилад поканальної сигналізації).

Функціональні можливості

Функції, що виконуються:

Світлодіодна індикація спрацювання поканальної (ПТС-8) і узагальненої сигналізації (ПТС-2);

Підключення зовнішніх світлодіодних індикаторів (через клемний з'єднувач або роз'єм ГТС-Б);

Вибір типу сигналу сигналізації - статичний сигнал (постійне свічення) або динамічний з частотою F1 або F2. Використання F1 і F2 спрямовано на два різні (за тоном, силою звучання) звукові пристрої;

Квитирування (зняття) сигналізації проводиться за допомогою кнопки, що підключається до клем ПТС-2;

Перевірка (тестування) сигналізації проводиться за допомогою кнопки, що підключається до клем ПТС-2.

Пристрій ПТС-2 (керуючий) містить:

Два незалежні канали сигналізації перемикаючими контактами частоти F1 і F2;

Задатчик частоти сигналів сигналізації F1 і F2;

Вузол квитирування (зняття) сигналізації;

Вузол перевірки сигналізації;

Пристрій ПТС-8 (керований) містить:

Вісім незалежних каналів сигналізації з можливістю поканального вибору сигналу сигналізації і номера каналу спрацювання сигналізації ПТС-2;

Підключення приладу технологічної сигналізації ПТС-64 здійснюється наступним чином. До керуючого пристрою ПТС-2 підключаються від одного до восьми керованих пристроїв ПТС-8. Схема підключення приладу представлена на рис. 3.13.

					СУЗ-81Ш.6.050201.14.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		34

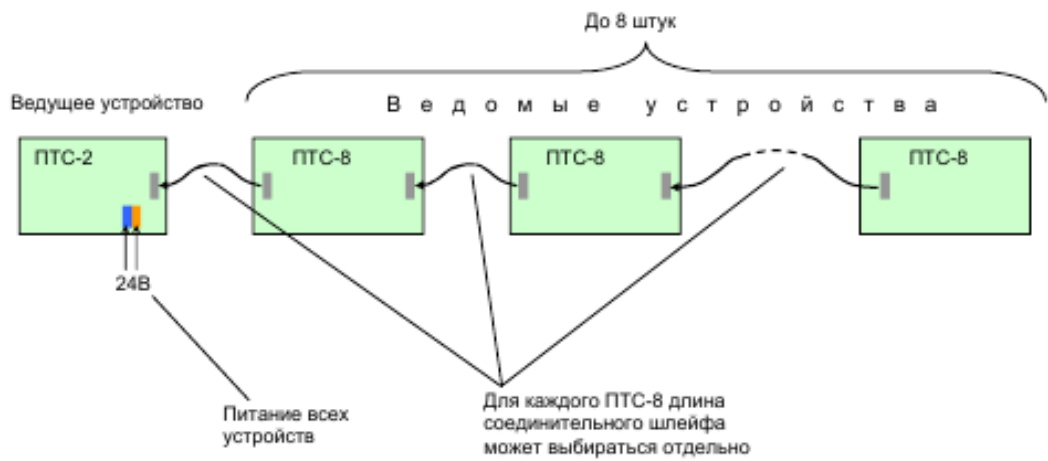


Рисунок 3.13 – Схема підключення приладу ПТС 64

Зовнішній вигляд приладу технологічної сигналізації ПТС-64 представлено на рис. 3.14.

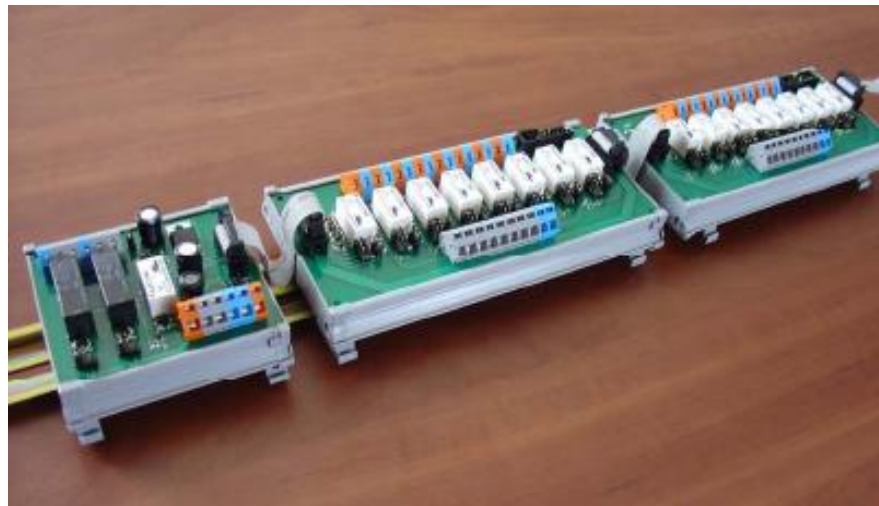


Рисунок 3.14 - Зовнішній вигляд приладу технологічної сигналізації ПТС-64

Вартість ПТС-64 – 2642,44 грн.

На основі локальних контурів і обраних засобів автоматизації побудована функціональна схема автоматизації процесу (СУЗ-81Ш.6.050201.14.А2).

3.4 Розробка алгоритмів управління

У загальному вигляді система працює за алгоритмом, представленим на рис. 3.15.

Після ввімкнення живлення система перевіряє працездатність усіх пристроїв, і потім, у випадку несправності система видасть повідомлення про несправність, після чого буде очікувати на подальші дії оператора.

					СУЗ-81Ш.6.050201.14.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		35

У випадку вдалої перевірки система чинить ініціалізацію всіх пристроїв і буде очікувати на команду старту роботи. Після надходження команди стару запускається програма запуску системи. Дана програма необхідна для того, щоб уникнути аварійних ситуацій під час пуску, а також запобігти викиду в атмосферу шкідливих парів в початковий момент роботи.

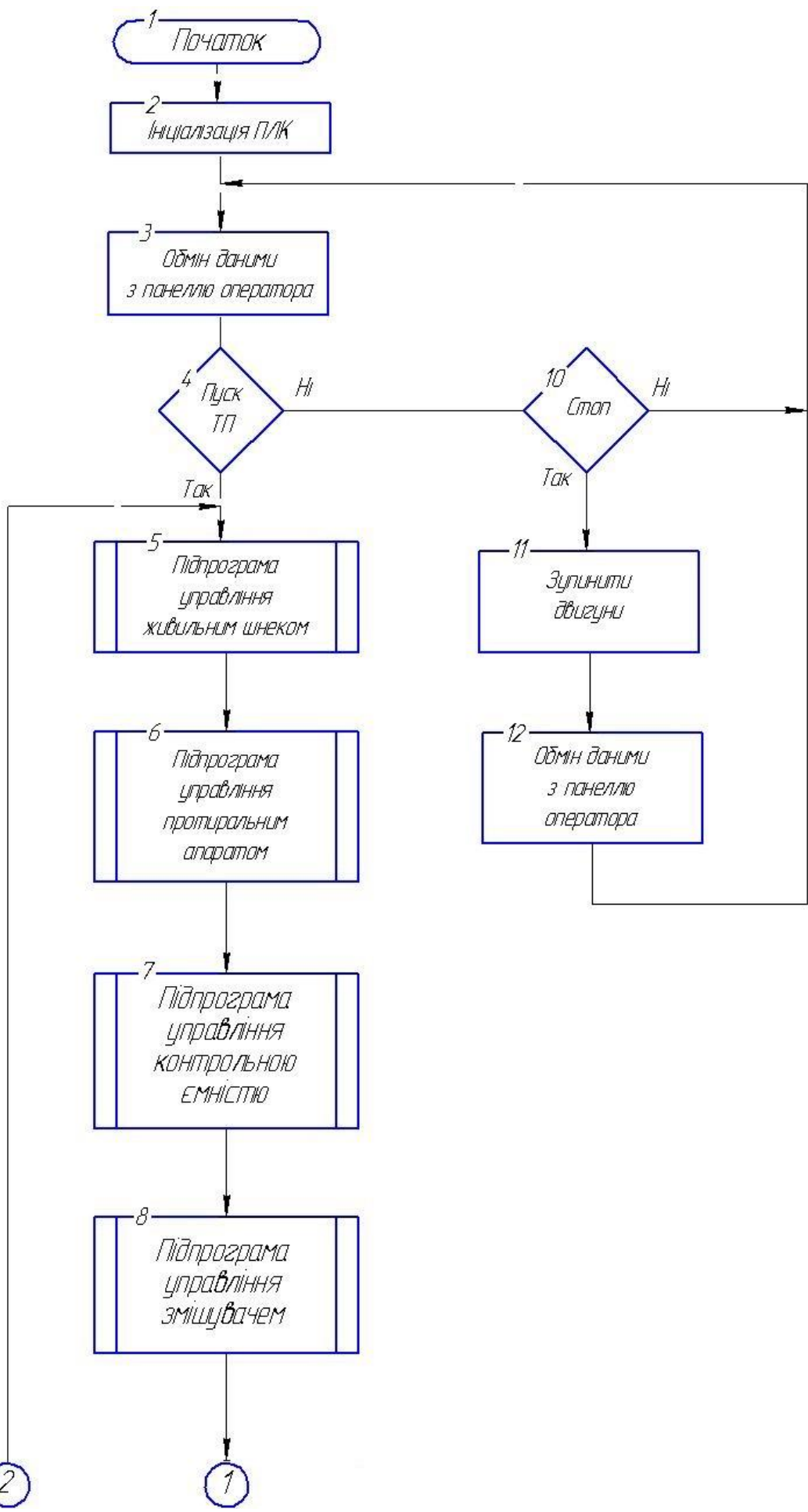
Алгоритм перевірки працездатності являє собою такий порядок дії:

Спочатку система надасть запит готовності контролеру і буде очікувати на відповідь протягом деякого часу, до спрацювання сторожевого таймеру. Якщо контролер не відповідає протягом цього часу, то робиться висновок, що система несправна, якщо все ж таки контролер відповідає на запит, то система переходить до перевірки модулів виводу, послідовно надсилаючи запити до кожного з них і очікуючи на відповідь. Якщо хоча б один пристрій не відповідає, система робить висновок про несправність. Якщо всі модулі вводу/виводу справні, то система переходить до перевірки датчиків, як і в попередньому випадку надсилаючи запити і очікуючи на відповідь. У випадку, якщо всі пристрої та датчики справні, система виходить з програми.

Алгоритм запуску системи необхідний задля того, щоб запобігти аварійним ситуаціям, браку продукції, а також для економії енергії. Після підготовки апаратів система готова до повного запуску і виходить на робочий режим.

Коли програма запуску виконає повний запуск системи, система переключиться на основну програму, за якою і продовжить працювати.

					СУЗ-81Ш.6.050201.14.ПЗ	Арк.
						36
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

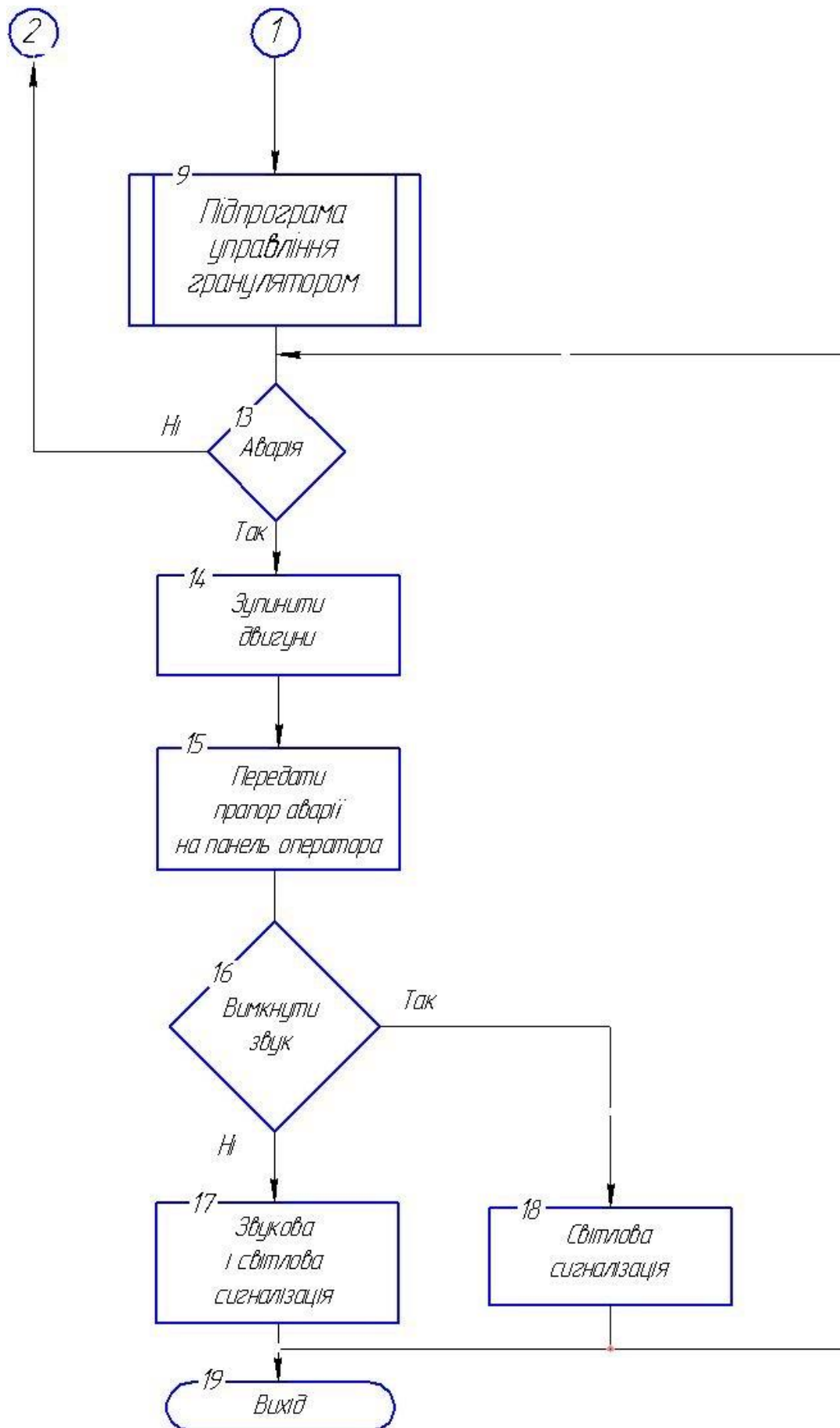


Рисунок 3.15 – Загальний алгоритм роботи системи

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Алгоритми окремих підпрограм управління приведені на рисунках 3.16-3.20.

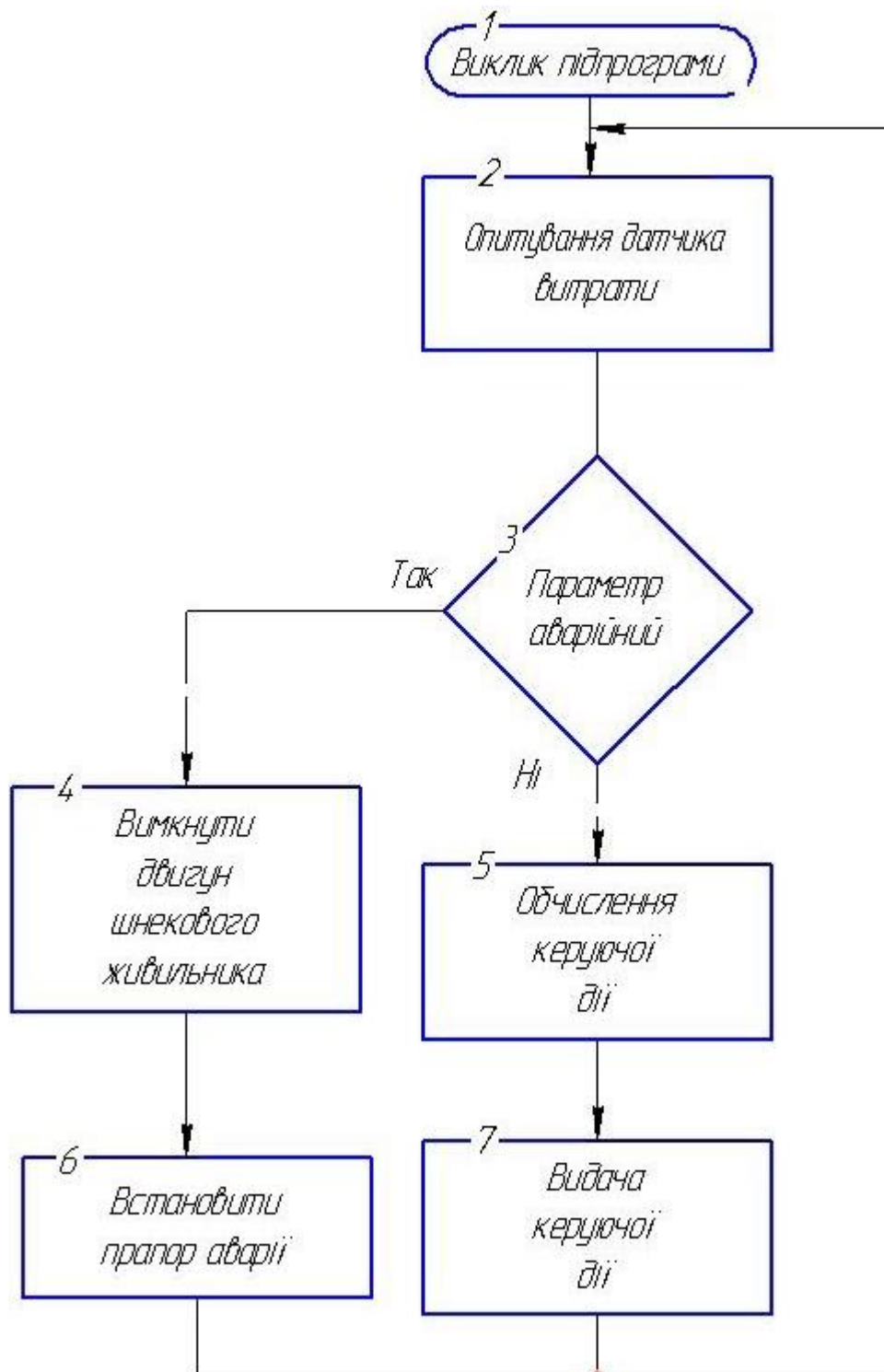


Рисунок 3.16 – Підпрограма управління живильним шнеком

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

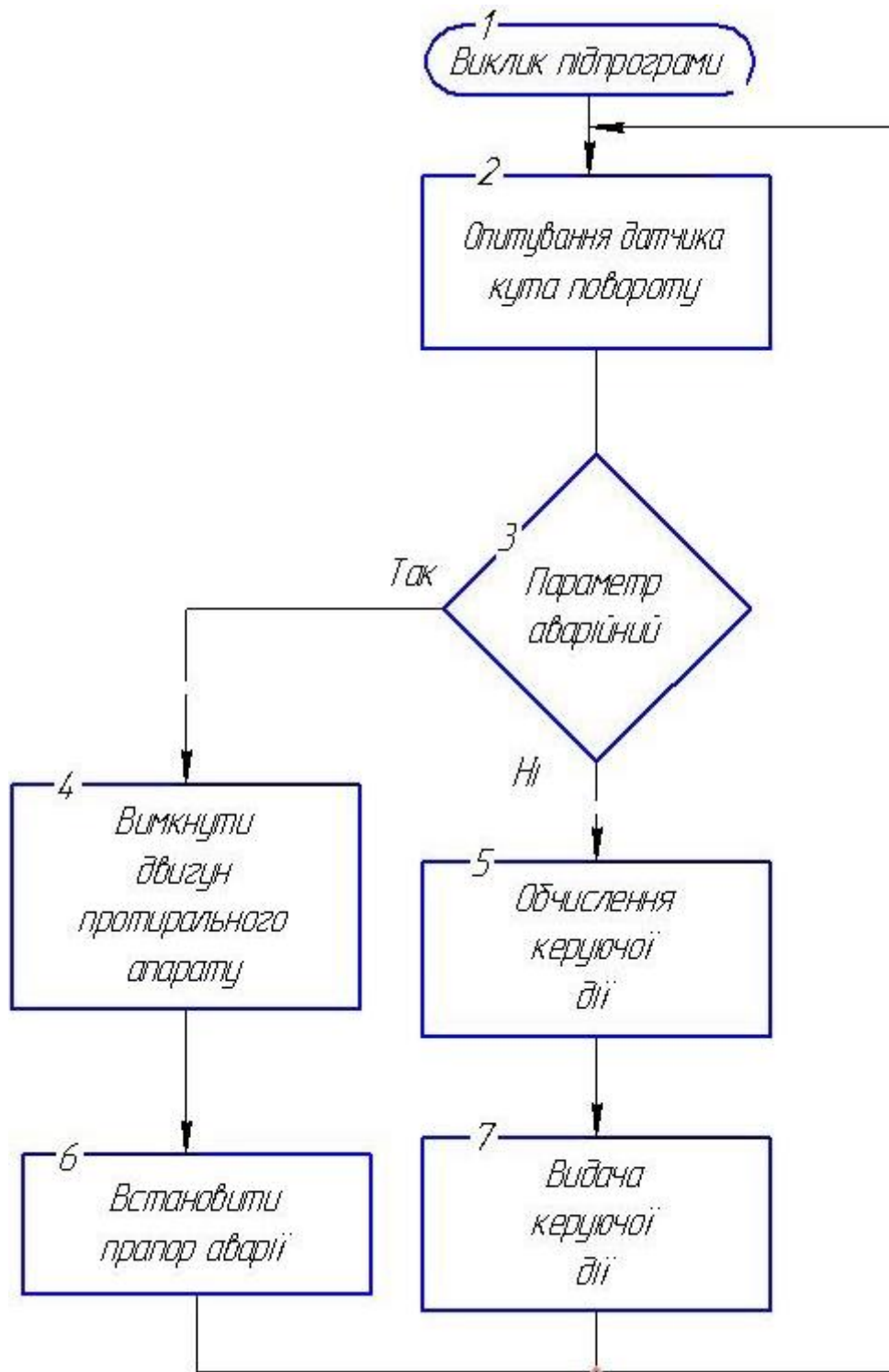


Рисунок 3.17 – Підпрограма управління протиральним апаратом

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

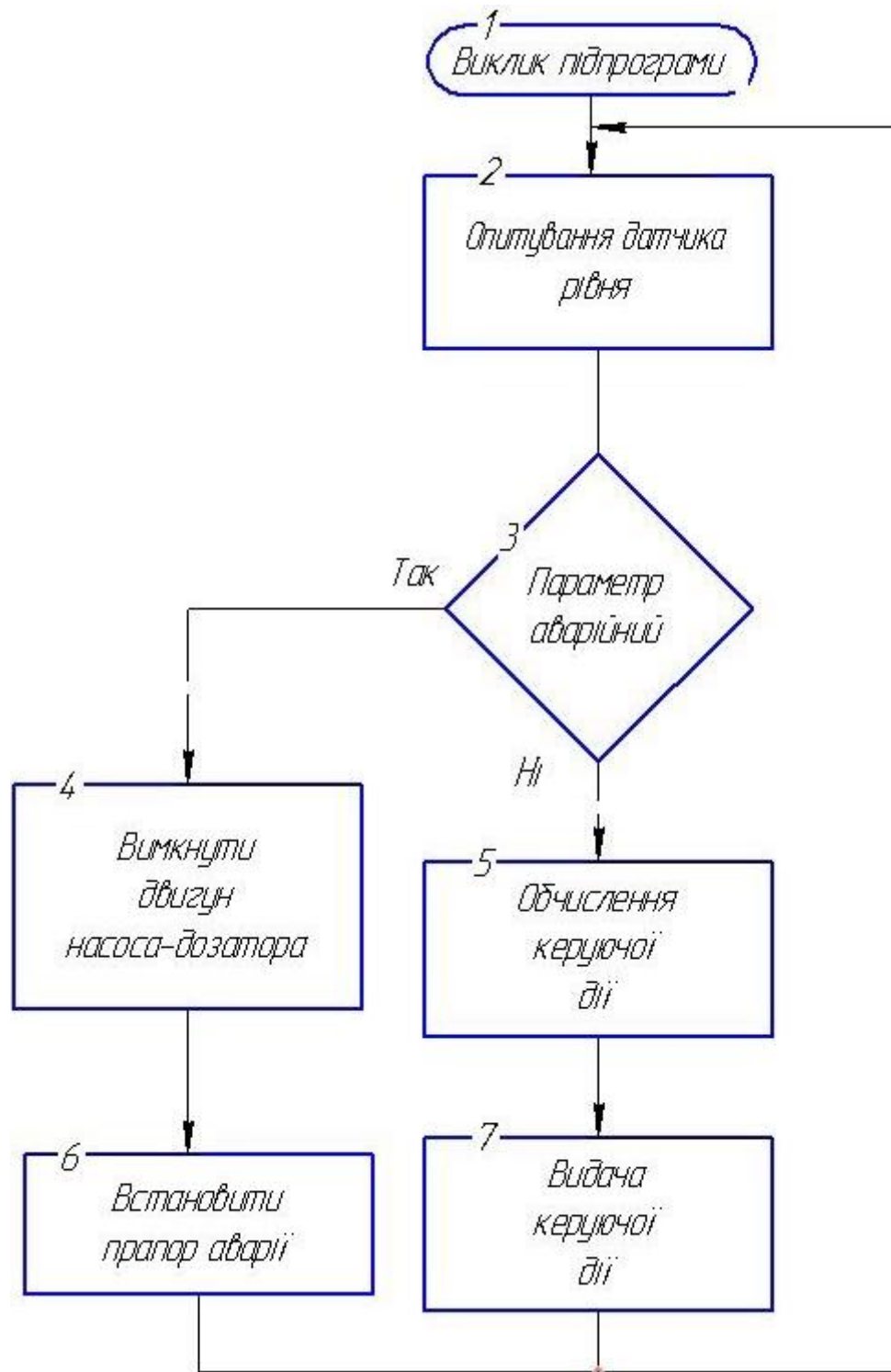


Рисунок 3.18 – Підпрограма управління контрольною ємністю

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

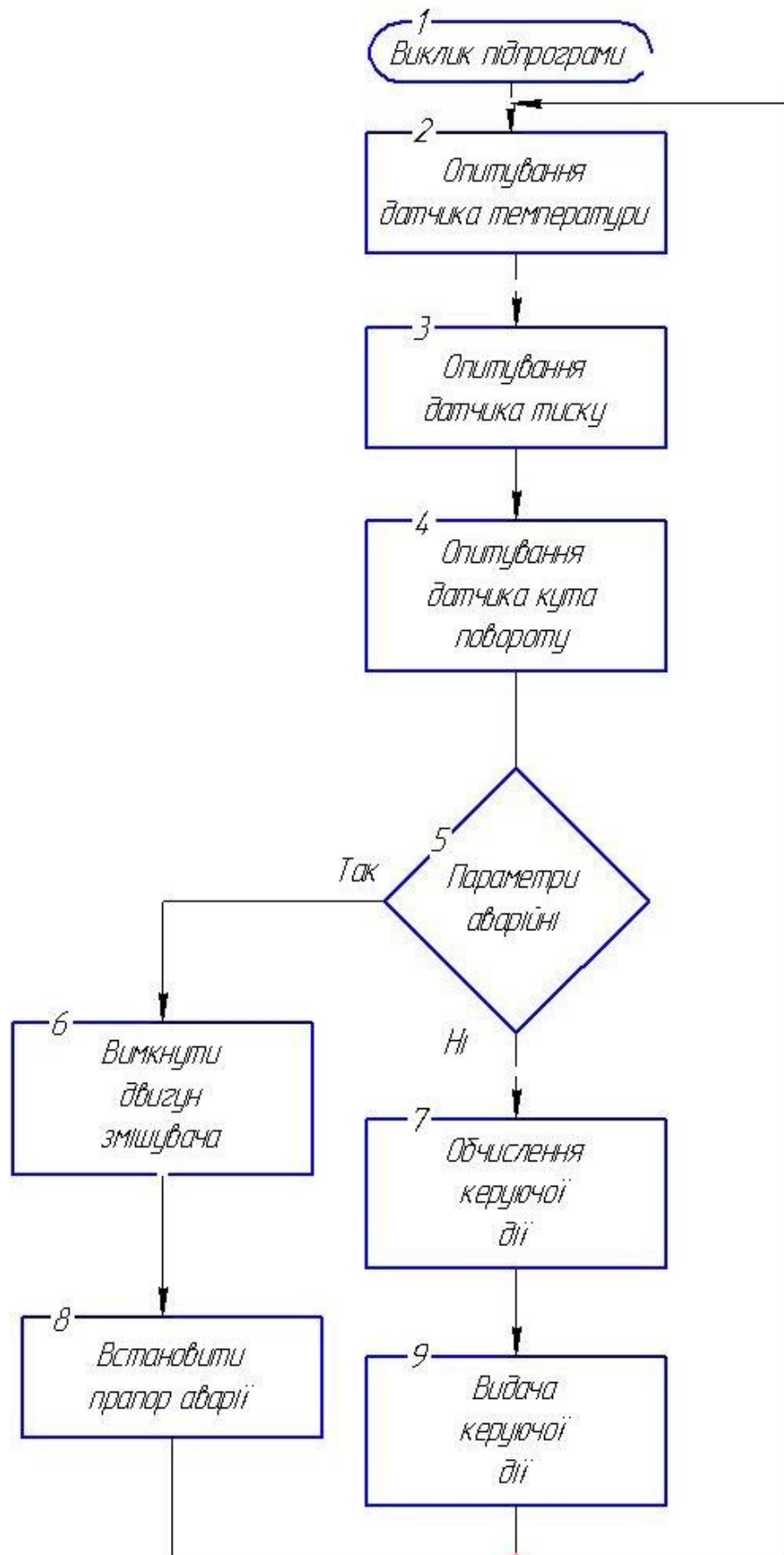


Рисунок 3.19 – Підпрограма управління змішувачем

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

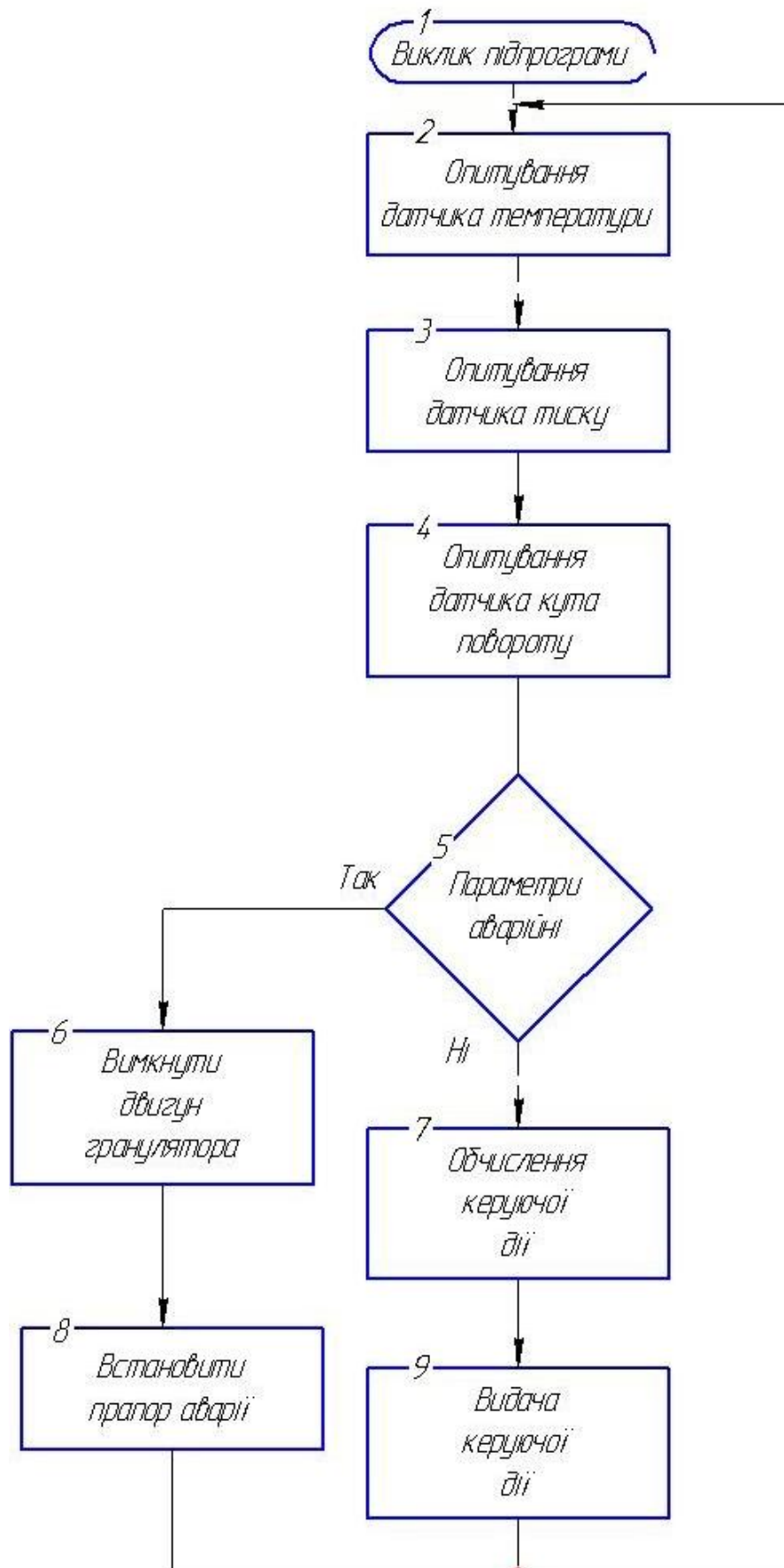


Рисунок 3.20 – Підпрограма управління гранулятором

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

4 РОЗРАХУНКОВА ЧАСТИНА

4.1 Дослідження та налаштування контуру регулювання

Задачею досліджуваної системи регулювання є підтримання постійного тиску в голівці гранулятора в межах 0,19-0,21 МПа, що сприяє нормальному перебігу технологічного процесу.

Регулювання тиску заключається у тому, що задане значення тиску обчислюється у кожному циклі роботи програми управління. Оскільки при проведенні досліджень реальна керуюча дія замінюється одиничним ступінчатим сигналом, врахування факту корекції не потрібно, і всі результати, отримані для прийнятої системи, будуть дійсні по відношенню до вихідної.

4.1.1 Функціональна схема контуру регулювання

Функціональна схема контуру регулювання представлена на рисунку 4.1.

Об'єктом управління є регулюючий клапан; його вихідним параметром є прохідний переріз клапану. Ділянка трубопроводу, що з'єднує клапан з датчиком тиску, здійснює передачу середовища та його тиску, перетворюючи $S(t)$ у $P(t)$. $P(t)$ є вихідним сигналом для датчика тиску (Метран 43-Ех-ДИ-3153-01). Сигнал з датчика – $Y(t)$, надходить у суматор, де порівнюється з обчисленою заданою дією $Y_{зад}(kT(t))$.

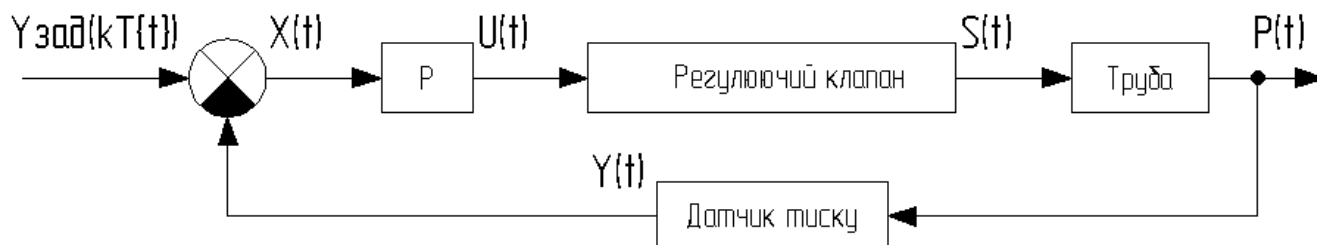


Рисунок 4.1 - Функціональна схема контуру регулювання

У результаті порівняння формується помилка $X(t)$, що надходить до логічної частини ПІД-регулятора. На виході регулятора формується керуючий сигнал $U(t)$, що визначає ступінь відкриття клапану.

Особливість отриманої системи є наявність від'ємного зворотного зв'язку виходу системи з її входом, яка слугує для виміру результату дії системи, причому зворотний зв'язок не є одиничним.

4.1.2 Опис елементів передавальними функціями

Опишемо кожен елемент функціональної схеми передавальною функцією. Будемо вважати, що суматори, що використовуються у системі, не чинять дію на систему управління, тобто мають одиничні передавальні функції.

					СУз-81Ш.6.050201.14.ПЗ	Арк.
						44
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

– Датчик тиску.

На лінії подачі пари встановлено інтелектуальний датчик тиску Метран 43-Ех-ДИ-3153-01. У технічній документації на такчик зазначено, що датчик має властивості інерційної ланки, із часом відгуку інерційного модуля $T_c = 0,043$ с. Додатково, у датчику встановлений час демпфірування $T_d = 1$ с, необхідний для запобігання впливу пульсацій при подачі пари. Час демпфірування додається до часу відгуку сенсора, тобто загальний час відгуку датчика:

$$T_{\text{од}} = T_c + T_d = 0,043 + 1 = 1,043 \text{ с.} \quad (4.1)$$

Вбудований обчислювальний блок датчика дозволяє коригувати власну нелінійність та вплив зовнішніх факторів.

Тобто датчик тиску можна представити типовою інерційною ланкою:

$$W_{\text{од}}(p) = \frac{k_{\text{од}}}{T_{\text{од}} \cdot p + 1}. \quad (4.2)$$

Коефіцієнт $k_{\text{од}}$ визначимо, виходячи з умов: мінімальному тиску пари $P_{\text{min}} = 0,55$ МПа ($0,55 \cdot 10^6$ Па) відповідає вихідний сигнал датчика $Y_{\text{min}} = 4$ мА ($0,004$ А), а максимальному – $P_{\text{max}} = 0,65$ МПа ($0,65 \cdot 10^6$ Па) відповідає вихідний сигнал датчика $Y_{\text{max}} = 20$ мА ($0,02$ А). Тоді:

$$k_{\text{од}} = \frac{Y_{\text{max}} - Y_{\text{min}}}{P_{\text{max}} - P_{\text{min}}} = \frac{0,020 - 0,004}{(0,65 - 0,45) \cdot 10^6} = 8 \cdot 10^{-9}. \quad (4.3)$$

Підставивши (4.1) та (4.3) у (4.2), отримуємо передавальну функцію в числовому вигляді:

$$W_{\text{од}}(p) = \frac{8 \cdot 10^{-9}}{1,043 \cdot p + 1}.$$

– Труба.

Приймаючи до уваги малу довжину труби між регулюючим клапаном та датчиком тиску, не враховуємо можливе транспортне запізнювання і падіння тиску в трубі. Виходячи з цього, будемо розглядати трубу типовою підсилювальною ланкою з коефіцієнтом підсилення, що дорівнює одиниці:

$$W_m(p) = 1.$$

– Регулюючий клапан.

Для регулювання тиску використовуємо виконавчий механізм ПЭОЗ-100-2,5-03К. Зазначимо, що все навісне обладнання встановлюється та тестується на заводі-виробнику для параметрів, що вказані в опитувальному листі на клапан, оскільки визначення властивостей клапану є складною задачею, що розв'язується для конкретної конфігурації клапану. Для обраного обладнання та параметрів процесу, у відповідності до характеристик виконавчого пристрою, можна розглядати клапан як типову коливальну ланку з постійними часами: $T_{1\text{кл}} = 0,28$ с; $T_{2\text{кл}} = 0,45$ с.

					<i>СУз-81Ш.6.050201.14.ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		45

Тобто передавальна функція клапана:

$$W_{кл}(p) = \frac{k_{кл}}{T_{1кл}^2 p^2 + T_{2кл} \cdot p + 1}. \quad (4.4)$$

Коефіцієнт $k_{кл}$ визначемо, виходячи з умов: мінімальному сигналу $U_{min} = 4 \text{ мА}$ ($0,004 \text{ А}$) на вході позиціонера відповідає тиск середовища на виході клапана $S_{min} = 0,45 \text{ МПа}$ ($0,45 \cdot 10^6 \text{ Па}$), а максимальному – $U_{max} = 20 \text{ мА}$ ($0,02 \text{ А}$), відповідає тиск $S_{max} = 0,65 \text{ МПа}$ ($0,65 \cdot 10^6 \text{ Па}$). Тоді:

$$k_{кл} = \frac{S_{max} - S_{min}}{U_{max} - U_{min}} = \frac{(0,65 - 0,45) \cdot 10^6}{(20 - 4) \cdot 10^{-3}} = 1,25 \cdot 10^8. \quad (4.5)$$

Підставивши (4.5) у (4.4) з урахуванням $T_{1кл} = 0,28 \text{ с}$; $T_{2кл} = 0,45 \text{ с}$, отримаємо передавальну функцію клапана в числовому вигляді:

$$W_{кл}(p) = \frac{1,25 \cdot 10^8}{0,0784 p^2 + 0,45 \cdot p + 1}.$$

– ПІД-Регулятор.

Функції регулятора виконує контролер. Будемо розглядати спрощений спосіб розв'язання задачі регулювання з використанням методів лінійних систем, оскільки центральний процесор контролера має високу швидкодію (не враховуючи дискретність управління).

ПІД-регулятор [8-9] вимагає при налаштуванні завдання 3-х параметрів: коефіцієнта підсилення пропорційного каналу k_n , коефіцієнта підсилення інтегрального каналу k_u та коефіцієнта підсилення диференціального каналу k_d . Так як до складу регулятора входить форсуюча ланка другого порядку, запишемо:

$$W_p(p) = k_n + \frac{k_u}{p} + k_d \cdot p = k_u \frac{T_{1P}^2 \cdot p^2 + T_{2P} \cdot p + 1}{p}, \quad (4.6)$$

$$\text{де: } T_{1P}^2 = \frac{k_d}{k_u}, \quad T_{2P} = \frac{k_n}{k_u}.$$

Записати вираз (4.6) у числовому вигляді поки не є можливим, так як T_{1P} та T_{2P} – невідомі параметри, що визначаються через налаштування регулятора.

4.1.3 Структурна схема контуру регулювання

На основі Функціональної схеми складемо структурну схему контуру регулювання тиску (рисунок 4.2).

									Арк.
									46
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	СУз-81Ш.6.050201.14.ПЗ				

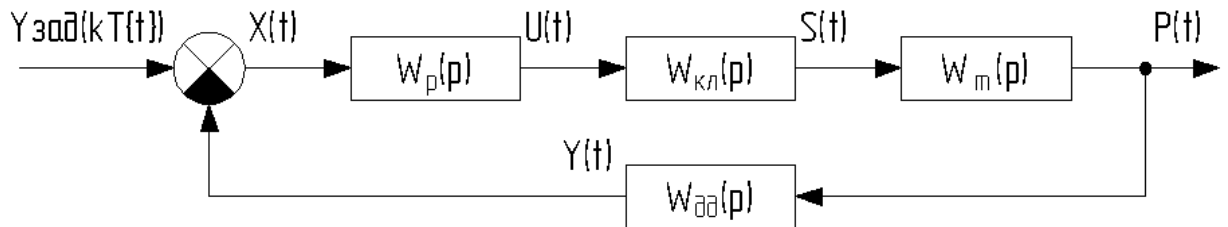


Рисунок 4.2 - Структурна схема контуру регулювання тиску

Для застосування методів теорії автоматичного управління необхідна наявність замкненої структури, тобто необхідно привести вихідну структурну схему до структурної схеми з одиничним зворотним зв'язком. Перетворення здійснено шляхом перенесення суматора, а фіктивну ланку відкинемо, оскільки при опису неважливо яким чином отримано $P_{зад}(t)$. Структурна схема після перетворення зображена на рисунку 4.3.

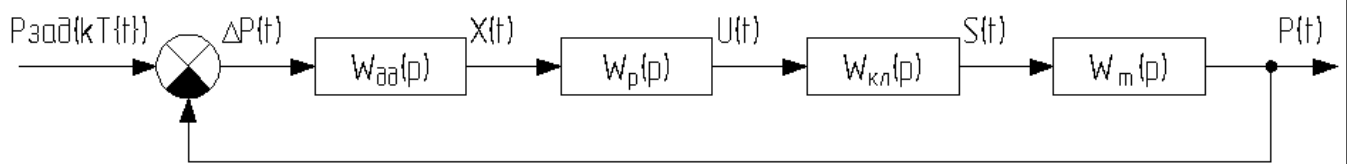


Рисунок 4.3 - Структурна схема після перетворення

Запишемо в умовних позначеннях ланок конкретні вирази для передавальних функцій в числовому вигляді (де це можливо). Остаточна структурна схема представлена на рисунку 4.4.

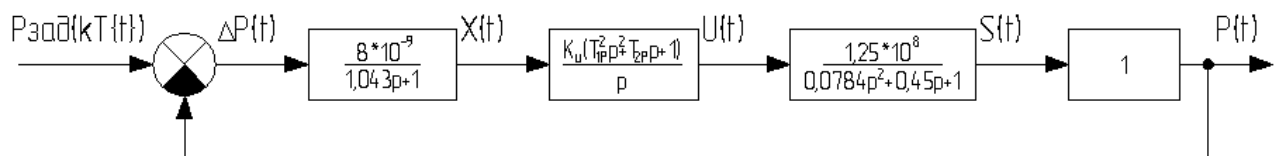


Рисунок 4.4 - Остаточна структурна схема

4.1.4 Дослідження контуру регулювання

Дослідження системи будемо вести в системі MATLAB, в пакеті моделювання динамічних систем Simulink, призначеного для вирішення задач аналізу та синтезу систем автоматичного регулювання. Simulink має широкі можливості для реалізації методів автоматичного управління при дослідженні динаміки автоматичних систем. Досліджувана система задається у вигляді структурної схеми, що набирається з типових ланок, що знаходяться у бібліотеці Simulink. При використанні методів аналізу Simulink виконує для заданої структури розрахунок передавальної функції, частотних характеристик та перехідного процесу, видає результати розрахунку у вигляді графіків.

Для дослідження системи, вводимо отриману структурну схему (рисунок 4.4) системи у вікно моделі, перетворюючи її відповідно до вимог програми (рисунок 4.5).

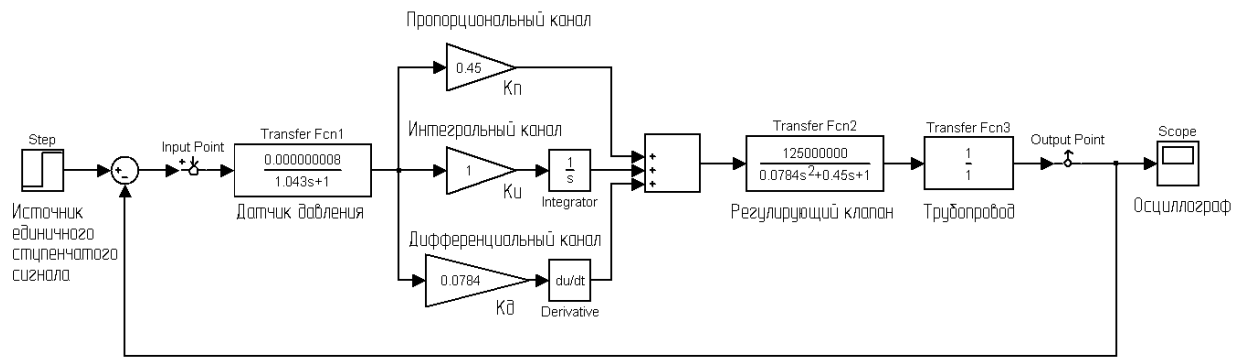


Рисунок 4.5 - Структурна схема в MATLAB

Для усунення негативного впливу коливальної характеристики клапана на якість системи найбільш раціонально буде вибрати такі параметри регулятора, які будуть аналогічні параметрам клапана, тобто:

$$T_{1P}^2 = \frac{k_d}{k_u} = T_{1кл}^2 = 0,0784; \quad (4.7)$$

$$T_{2P} = \frac{k_n}{k_u} = T_{2кл} = 0,45. \quad (4.8)$$

При таких налаштуваннях вираз (у дужках) чисельника передавальної функції регулятора и вираз у знаменнику передавальної функції клапана спрощуються, чим і забезпечується компенсація коливальних властивостей клапана.

На першому етапі дослідження для визначеності прийемо коефіцієнт підсилення інтегрального каналу регулятора рівним $K_u = 1$, тоді з (4.7) та (4.8):

$$K_n = 0,45;$$

$$K_d = 0,0784.$$

Графік перехідного процесу для вихідних налаштувань ПІД-регулятора представлено на рисунку 4.6.

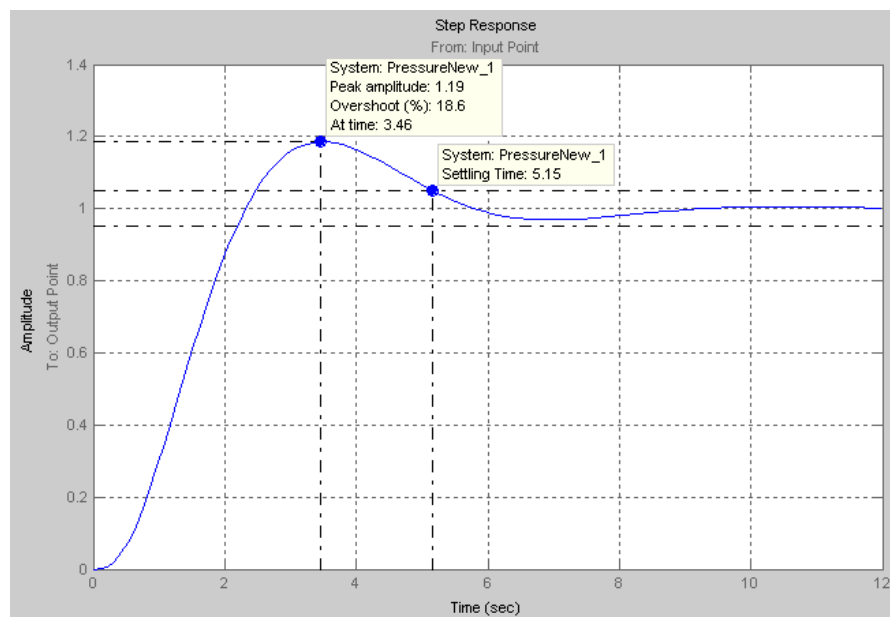


Рисунок 4.6 - Графік перехідного процесу для вихідних налаштувань ПІД-регулятора

									Арк.
									48
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	СУЗ-81Ш.6.050201.14.ПЗ				

Видно, що система вийшла стійкою з коливальним перехідним процесом. Тривалість перехідного процесу $t_{mn} = 5,15$ с (час регулювання t_{mn} визначаємо як час, що протікає від початку перехідного процесу до моменту встановлення на виході системи значення параметра, що відрізняється не більше, ніж на 5% від усталеного значення). Перерегулювання становить 18,6 %, статична помилка дорівнює нулю (присутня інтегральна складова). Аналізуючи отримані результати, робимо висновок: отримана система є стійкою, якість процесу – незадовільна. При використанні ПІД-регулятора можна отримати кращу якість (забезпечити аперіодичний перехідний процес, або зменшити пере регулювання до рекомендованих значень – $\sigma < 15\%$) при виборі відповідних налаштувань регулятора.

Будемо шукати оптимальні налаштування регулятора з використанням логарифмічних частотних характеристик.

Для побудови ЛАХ и ЛФХ системи, задамо точки входу/виходу в структурі моделі та розриваємо ланцюг зворотного зв'язку.

ЛЧХ досліджуваної моделі при вихідних налаштуваннях регулятора показані на рисунку 4.7 – криві $L_I(\omega)$ та $\varphi_I(\omega)$ (PressureNew_1 на графіках Magnitude та Phase).

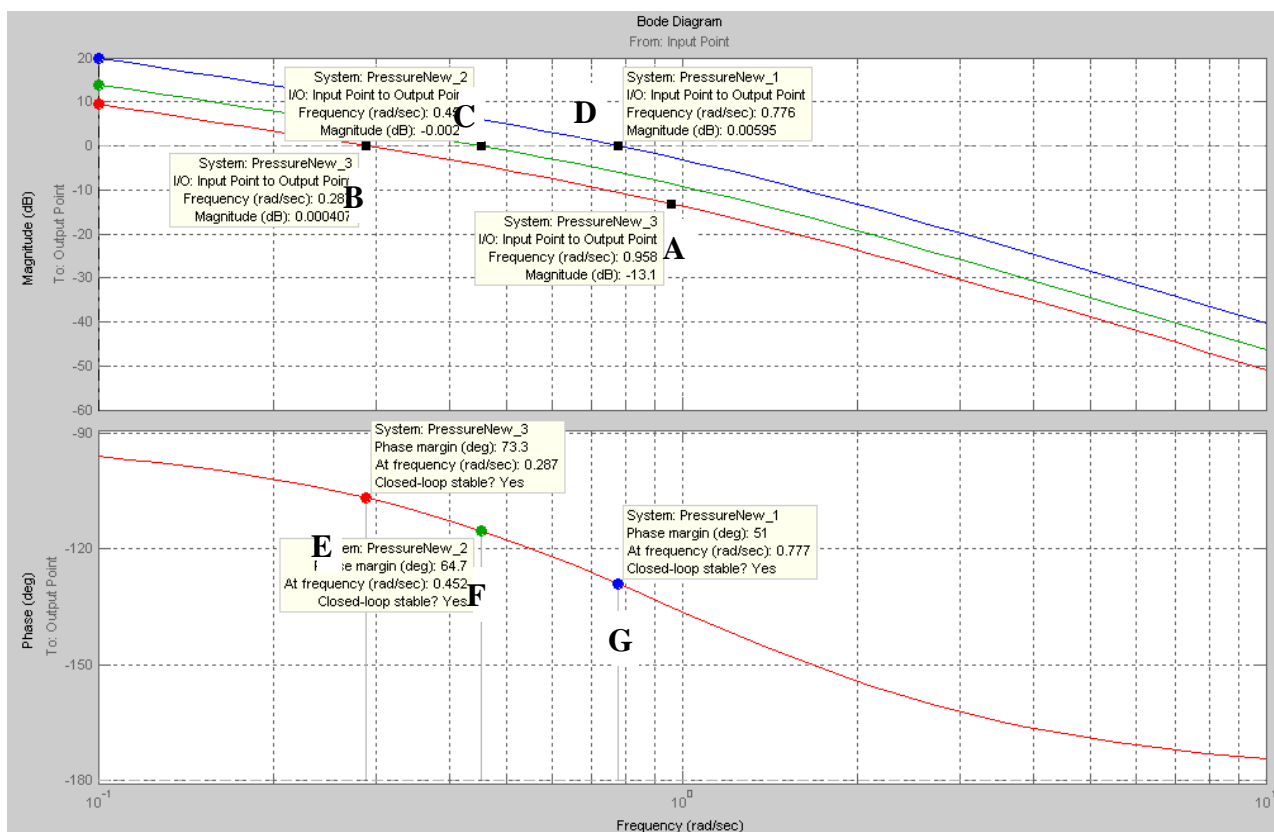


Рисунок 4.7 - ЛЧХ досліджуваної моделі при вихідних налаштуваннях регулятора
Примітка:

т. А відповідає частоті сполучення $\omega_c = 1/T_{\delta\delta} = 0,958$;

т. В, С, D – частоти зрізу при відповідних налаштуваннях регулятора;

т. Е, F, G – значення ЛФХ при відповідних налаштуваннях регулятора.

									Арк.
									49
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	СУЗ-81Ш.6.050201.14.ПЗ				

З рисунка 22 видно, що загальний вигляд ЛАХ при початкових налаштуваннях регулятора – оптимальний, залишається обрати коефіцієнт підсилення системи, користуючись правилами: по-перше, в околицях частоти зрізу в межах не менше 0,6 дек в обидва боки нахил ЛАХ повинен складати -20 дБ/дек – у цьому випадку перехідний процес буде аперіодичним; по-друге, запас стійкості системи по фазі повинен лежати в межах від 20° до 50°, або, у крайньому випадку, бути вище цих значень; по-третє, запас стійкості системи по амплітуді повинен бути не менше -15 дБ.

Значимо, що при зміні k_u крива $L_1(\omega)$ буде переміщуватися вгору або вниз паралельно самій собі, $\varphi_1(\omega)$ залишиться незмінною. Змінюючи k_u , можна з $L_1(\omega)$ отримати таку $L_{opt}(\omega)$, яка буде мати найбільш оптимальний вигляд, тобто відповідати більш високій якості перехідного процесу.

Для налаштованих налаштувань ПІД-регулятора ЛЧХ має наступні характеристики: $\omega_c < \omega_\pi$ – система стійка; ω_c лежить на ділянці з нахилом -20 дБ/дек; запас стійкості системи по фазі $\varphi_z = 51^\circ$; $L_z \rightarrow -\infty$ дБ, оскільки $\varphi_1(\omega)$ не перетинає пряму -180°. Видно, що єдина умова, яка не виконується – в околицях частоти зрізу в межах не менше 0,6 дек в обидва боки нахил ЛАХ повинен складати -20 дБ/дек. Для виконання цієї вимоги треба зменшити K_u .

Візьмемо $K_u = 0,5$, тоді з (4.7) та (4.8):

$$K_n = 0,225;$$

$$K_d = 0,0392.$$

ЛЧХ при даних налаштуваннях регулятора показані на рисунку 22 – криві $L_2(\omega)$ та $\varphi_2(\omega)$ (PressureNew_2 на графіках Magnitude та Phase). Видно, що для ω_c все ще не забезпечується відстань 0,6 дек до точки перегибу.

Візьмемо $K_u = 0,3$, тоді:

$$K_n = 0,135;$$

$$K_d = 0,02352.$$

ЛЧХ для даних налаштувань представлені на рисунку 22 кривими $L_3(\omega)$ та $\varphi_3(\omega)$ (PressureNew_3 на графіках Magnitude та Phase). В даному випадку виконуються всі вимоги для отримання оптимального, з точки зору якості, перехідного процесу.

Перехідні процеси для всіх прийнятих налаштувань регулятора представлені на рисунку 4.8.

Оцінку якості налаштованої системи виконуємо за графіком перехідного процесу і за логарифмічними характеристиками (криві $L_3(\omega)$ та $\varphi_3(\omega)$ на рисунку 4.7).

					<i>СУЗ-81Ш.6.050201.14.ПЗ</i>	Арк.
						50
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

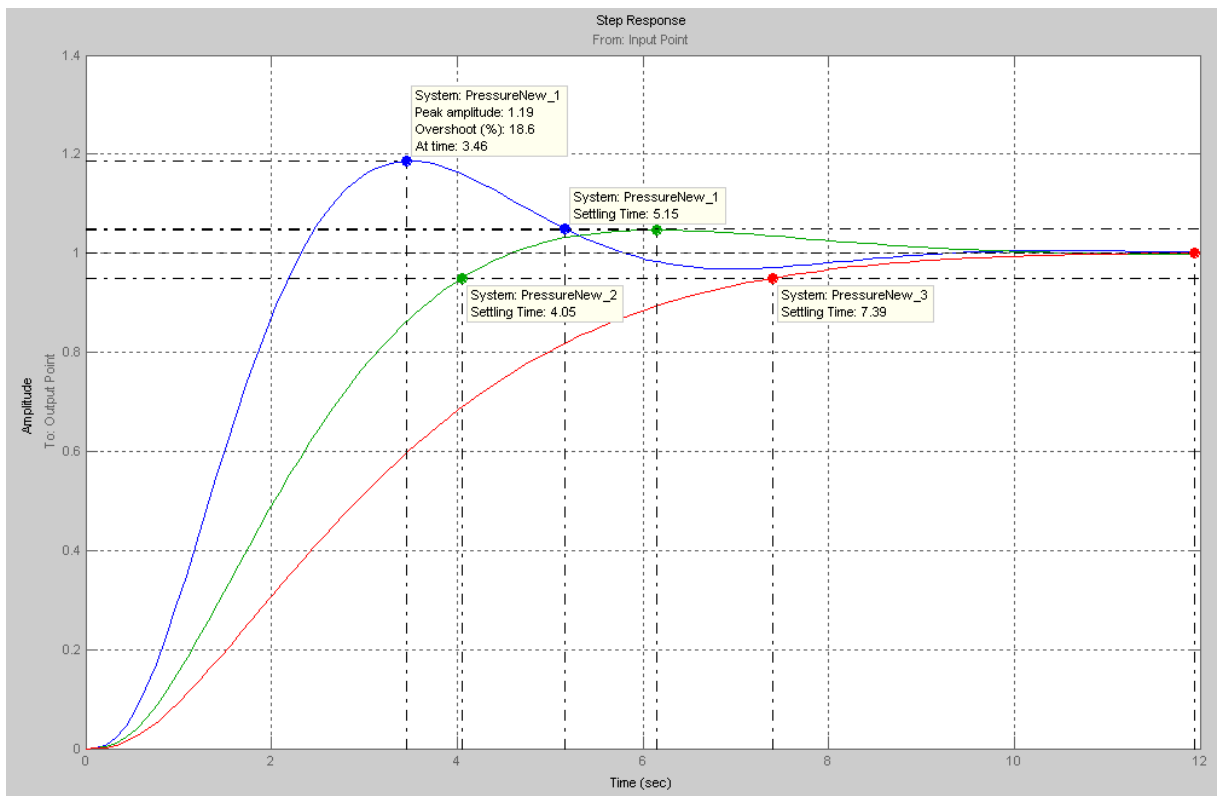


Рисунок 4.8 - Перехідні процеси для всіх прийнятих налаштувань регулятора

Час регулювання t_{nn} знаходимо за графіком перехідного процесу (на рисунку 23 крива PressureNew_3): $t_{nn} = 7,39$ с.

Запас стійкості системи по фазі: $\varphi_3 = 64,7^\circ$.

Запас стійкості по амплітуді: $L_3 \rightarrow -\infty$ дБ.

4.1.5 Висновки за результатами дослідження

У налаштованій системі перехідний процес є аперіодичним, з часом регулювання $t_{nn} = 7,39$ с.

Для такого процесу величина перерегулювання дорівнює нулю. Система володіє надлишковим запасом стійкості по амплітуді і по фазі, оскільки для систем задовільної якості запас по фазі знаходиться у межах $(20...50)^\circ$, а запас по амплітуді не повинен бути менше 15 дБ (по модулю). Для отриманої системи маємо перевищення даних значень, що означає лише недовикористання властивостей системи. Таким чином, вважаємо, що система задовольняє всім вимогам, що висунуті до стійкості та швидкодії.

4.2 Розрахунок фільтра низьких частот

Виконуємо розрахунок фільтра Баттерворта для фільтрації білого шуму. Вихідні дані для розрахунку фільтра:

- гранична частота смуги пропускання: $f_x=15$ кГц;

- гранична частота суги перешкод: $f_k=60$ кГц;

					СУЗ-81Ш.6.050201.14.ПЗ	Арк.
						51
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\alpha = \frac{1}{\sqrt[3]{\varepsilon_p}} = \frac{1}{\sqrt[3]{0,99}} = 1,003 \quad (4.10)$$

Розраховуємо значення θ . У нашому випадку $L=1$, а тому буде тільки одне значення θ_1

$$\theta_i = \frac{2 \cdot i - 1}{2 \cdot n} \pi = \frac{2 \cdot 1 - 1}{2 \cdot 3} \pi = \frac{\pi}{6}, \quad \sin(\theta_1) = 0,5 \quad (4.11)$$

Таким чином передаточна функція фільтра має вигляд

$$H(s) = \frac{1}{0,99 \cdot (s + 1,003) \cdot (s^2 + 1,003s + 1,003^2)} = \frac{1}{s^3 + 2s^2 + 2s + 1} \quad (4.12)$$

Для моделювання роботи системи скористаємося програмою VisSim [11], де збираємо схему, що зображена на рис. 4.10.

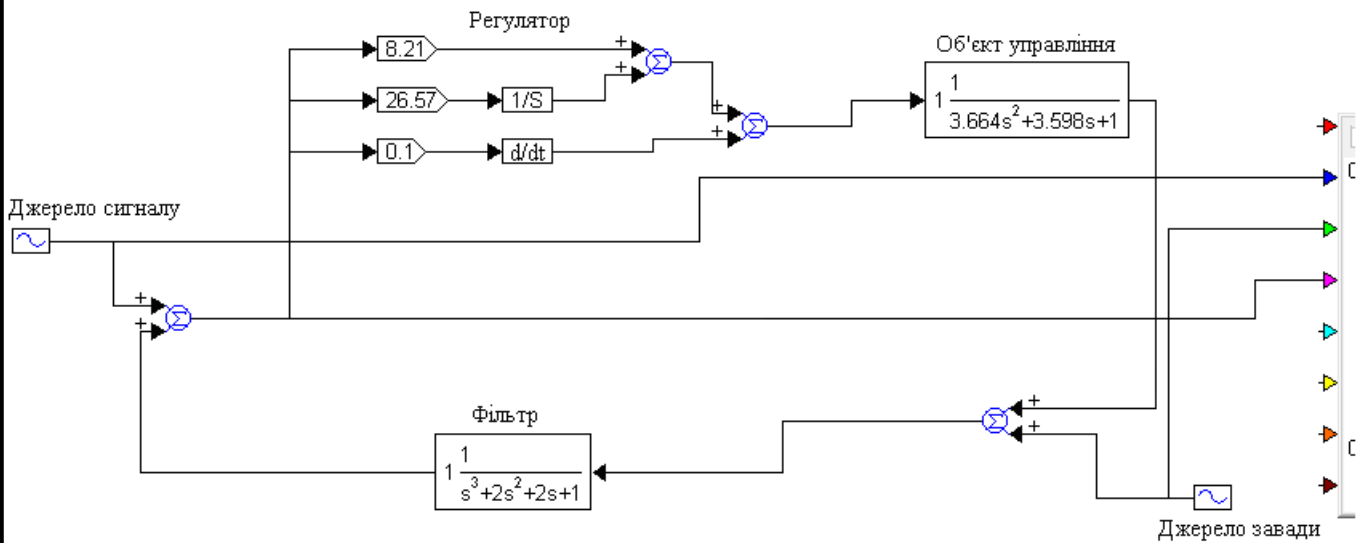


Рисунок 4.10 – Модель системи для дослідження фільтру

Осцилограми, отримані в результаті моделювання, представлені на рис. 4.11.

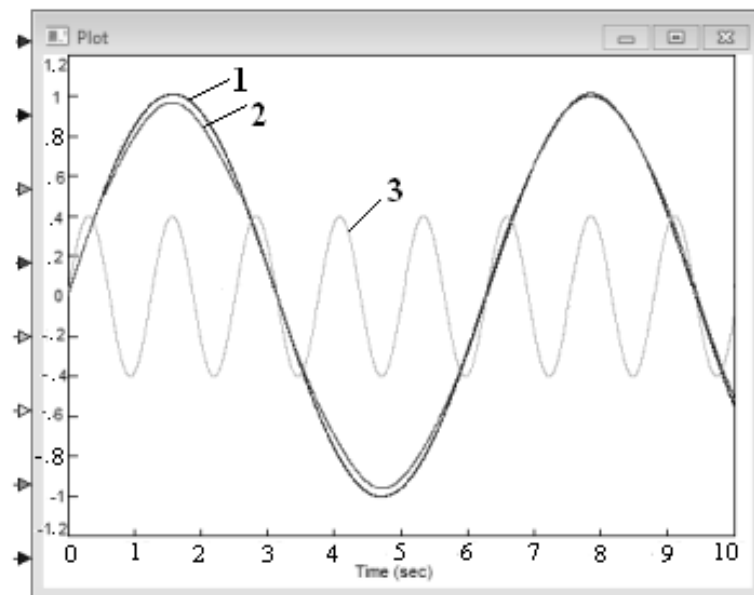


Рисунок 4.11 – Результати моделювання:

а) вхідний сигнал; б) вихідний сигнал; в) завада

За осцилограмою, що представлена на рис. 4.11, видно, що фільтр повністю прибирає складову завади, але при цьому вносить зсув за фазою.

Даний фільтр можна реалізувати за допомогою схеми, зображеної на рис. 4.12 (RC-ланцюжка).

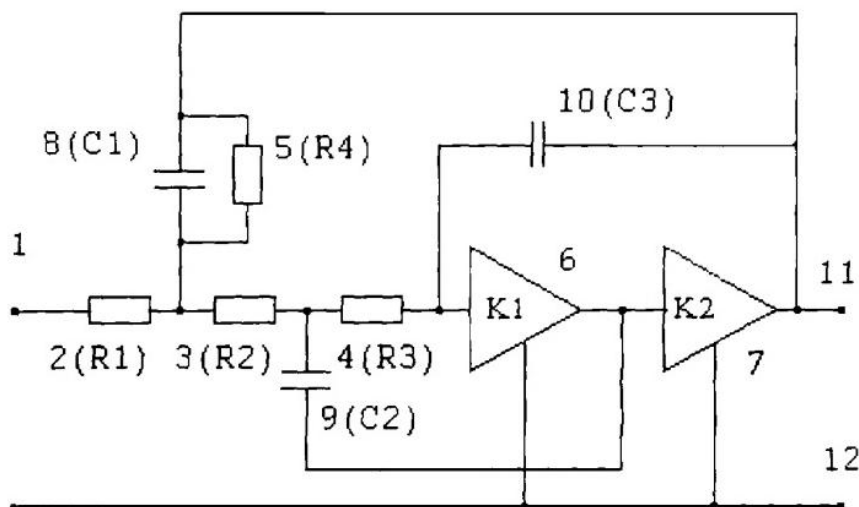


Рисунок 4.12 - Фільтр нижніх частот Баттерворта третього порядку

Технічний результат полягає в збільшенні динамічного і частотного діапазонів фільтра нижніх частот (ФНЧ) за рахунок зменшення значень чутливості передавальної функції до відхилення параметрів підсилювачів (У). Результат досягається за рахунок включення У (6) між точкою з'єднання третього резистора (Р) (4), конденсатора (К) (10) RC-моста третього порядку і У (7), а також введенням зворотних зв'язків: вихід У (6) підключений через другий К (9) до з'єднання другого (3) і третього (4) Р моста; третій К (10) моста другим виводом підключений до виходу У (7), що є виходом (11) ФНЧ; через паралельно включені четвертий Р (5) і перший К (8) моста вихід (11) ФНЧ підключений до загальної точки першого (2) та другого (3) Р моста.

Суть роботи фільтра полягає в тому, що за рахунок підсилювача (6), включеного між точкою з'єднання третього резистора (4), конденсатора (10) RC-моста третього порядку і підсилювачем (7), а також введення зворотних зв'язків: вихід підсилювача (6) підключений через другий конденсатор (9) із з'єднанням другого (3) і третього (4) резисторів моста; третій конденсатор (10) моста другим виводом підключений до виходу підсилювача (7), що є виходом фільтра (11); через паралельно включені четвертий (додатковий - 5) резистор і перший конденсатор (8) моста вихід фільтра підключений в спільну точку першого (2) та другого (3) резисторів моста, відбувається збільшення динамічного і частотного діапазонів фільтра в результаті зменшення значень чутливості передавальної функції до відхилення параметрів підсилювачів.

ВИСНОВКИ

Проект присвячено розробці системи управління технологічним процесом пластифікації та гранулювання.

У ході розробки САУ виконано наступні етапи розробки:

- визначено вихідні дані;
- виконано проектування САУ;
- здійснена реалізація складових САУ;
- апробовано окремі елементи САУ.

В рамках проектування, реалізації та апробування складових елементів системи автоматизованого управління отримано наступні результати:

- визначена структура та функціонування програмно-технічного комплексу (ПТК) САУ;
- виконано аналіз процесу пластифікації та гранулювання з позиції автоматизації технологічних виробництв;
- виконано підбір компонентів ПТК для реалізації САУ, що включає:
 - вибір програмованого логічного контролера та засобів програмування;
 - вибір конфігурації та програмного забезпечення автоматизованого робочого місця оператора;
- розроблено складові системи автоматизованого управління:
 - диспетчерський рівень САУ, що включає інтерфейс оператора та програмну реалізацію алгоритмічної схеми перемикачів у процесі пластифікації та гранулювання.

Впровадження розробленої системи автоматизованого управління дозволить:

- використовувати інформацію для управління, за об'ємом значно переважаючу знання окремого оператора;
- оперативно і точно змінювати програму управління у відповідності зі змінами технології;
- підвищити продуктивність обладнання за рахунок виключення операцій ручного управління;
- здійснювати логіко-програмне управління процесами, якими людина керувати точно і своєчасно не може через відносно повільні реакції на зміни ходу процесу;
- різко скоротити кількість помилок оперативного персоналу та аварій з причин персоналу.

					СУз-81Ш.6.050201.14.ПЗ	Арк.
						55
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Роговин З.А. Химия целлюлозы. М., 1972. - 520 с.
2. Автоматика и управление в технических системах. В 11 кн. / Отв. ред. С.В. Емельянов, В.С. Михалевич.-Кн.1. Электрические элементы систем управления промышленными работами / А.А. Краснопрошина и др. - К.: Вища шк., 1990. - 479 с.
3. Методические указания по оформлению курсовых и дипломных проектов. Инструктивные материалы. Для студентов специальности 7.091401 "Компьютеризованные системы управления и автоматики". - Сумы.: СумГУ, 1998. - 77 с.
4. Проектирование систем автоматизации технологических процессов: Справ пос. / А.С. Клюев, Б.В. Глазов, А.Х. Дубровский, С.А. Клюев. -М.: Энергоатомиздат, 1990. - 464 с.
6. Сайт компании SIEMENS: www.simens.com.
7. Теорія автоматичного керування. Попович М.Г., Ковальчук О.Б. Підручник для вузів. – К.: Либідь, 1997. – 542 с.
8. Грицевский П.М., Мамченко А.Е. Основы автоматики, импульсной и вычислительной техники, М.: радио, 1989.
9. Рабинер Л., Гоулд Р. Теория и применение цифровой обработки сигналов. М.: Мир, 1978.
Опенгейм А., Шафер Р. Цифровая обработка сигналов. М.: Связь, 1979.
10. Сопряжение датчиков и устройств ввода данных с компьютерами IBM PC под ред. У.Томпкинса и Дж. Уэбстера, Москва, Мир, 1992.
11. Рудаков П. И., Сафонов В. И. Обработка сигналов и изображений. М.: ДИАЛОГ-МИФИ, 2000.
12. Волошенко А.В., Горбунов Д.Б., Проектирование функциональных схем систем автоматического контроля и регулирования. -Томск.: Изд-во Томского политехнического университета, 2008. – 109 с.
13. Сольнищев Р.И., Автоматизация проектирования систем автоматического управления — М: Высш. шк., 1991. – 335 с.
14. Методичні вказівки з оформлення графічної частини конструкторської документації проєктів автоматизації. Структурні, функціональні та принципові схеми / укладач О.Ю. Журавльов. – Суми: Вид-во СумДУ, 2006. – 48с.
15. Общая химическая технология, И. П. Мухленова.: Высшая школа., 1984. - 285 с.
16. Физика. В 5 книгах. Леденев А.Н.: Физико-математическая литература., 2005. - 207 с.
17. Справочник по проектированию электрического освещения. С.А.Клюев - М.: Энергоатомиздат, 1982.- 239 с.
18. Теория линейных систем автоматического регулирования и управления. Попов Е.П. Учеб. пособие для вузов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Наука., 1989. – 304 с.

					<i>СУз-81Ш.6.050201.14.ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		56

19. Статья: “ОРС: Интеграция интеллектуальных приборов измерения расхода энергоносителей на основе пакета BridgeVIEW” В.Е. Здановский /И.В.Ц. Мосэнерго/
20. LabVIEW для всех / Джеффри Тревис : Пер. с англ. Клушин Н.А. - М.: ДМК Пресс; ПриборКомплект, 2004. – 544 с. : ил.
21. Березин Б. И., Березин С. Б. Начальный курс С и С++. – М.: ДИАЛОГ-МИФИ, 1998. – 288 с.э.
22. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов и средства их тушения: Справ. изд.: в 2 книгах. А. Н. Баратов, А. Я. Корольченко, Г. Н. Кравчук и др. – М.: Химия, 1990 г.
23. В.Маршалл. Основные опасности химических производств. М., Мир, 1989.
24. Правила устройства электротехнических установок (ПУЭ-76).: Атомиздат, 1980.
25. ПУЭ. –Главгосэнергонадзор М. 1998. Степени защиты, обеспечиваемые оболочками (код IP), ГОСТ 14254-96.

					<i>СУз-81Ш.6.050201.14.ПЗ</i>	Арк.
						57
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		