

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

ЗАТВЕРДЖУЮ
Зав. кафедри
Худолей Г.М.
“ ___ ” _____ 2020 р.

ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ

на тему:

"Система управління процесом пластифікації та гранулювання маси продукту"

Керівник проекту

Проектант:

студент групи СУзт-61Ш

Р.В. Приходько

Ном. поз.	Формат.	Обозначение	Наименование	Кол. листов	Кол. экз.	Примечание
			<u>Документація загальна</u>			
			<u>Застосована</u>			
1	A4		Завдання кафедри	1	1	
			<u>Новорозроблена</u>			
2	A4	ТЗ	Технічне завдання	4	1	
3	A4		Реферат	2	1	
4	A4	СУзт-61Ш.6.015101.06.ПЗ	Пояснювальна записка	62	1	
			<u>Документація конструкторська</u>			
5	A1	СУзт-61Ш.6.015101.06.A2	Схема функціональна	1	1	
6	A1	СУзт-61Ш.6.015101.06.Э3	Схема електрична принципова	1	1	
			<u>Новорозроблена</u>			
7	A1		Інформаційно-матеріальні потоки	1	1	
8	A1		Алгоритм роботи системи	1	1	
9	A1		Розрахункова частина	1	1	

					СУзт-61Ш.6.015101.06.ДП		
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			
Разраб.		Приходько Р.В.			Лит.	Лист	Листов
Провер.		_____				3	71
Реценз.					ШІ СумДУ		
Н. Контр.							
Утверд.		Худолей Г.М.					
					Система управління процесом пластифікації та гранулювання маси продукту Відомість проекту		

РЕФЕРАТ

Приходько Роман Вячеславович. Система управления процессом пластификации и гранулирования массы продукта. Дипломный проект. Шосткинский институт Сумского государственного университета. Шостка, 2020 год.

Дипломный проект содержит 62 листа пояснительной записки, с учетом 46 рисунков, 17 таблиц; конструкторскую документацию, которая содержит 2 чертежа; 3 демонстрационных плаката.

Разработано техническое задание. Разработана система управления процессом пластификации и гранулирования массы продукта на базе программируемого логического контроллера SIEMENS SIMATIC S7-1200. Разработан алгоритм управления. Удовлетворительное качество процесса пластификации и гранулирования массы продукта подтверждено результатами моделирования на ЭВМ.

Ключевые слова: технологический процесс, система управления, регулирующий микропроцессорный контроллер, алгоритм управления, регулируемый параметр.

РЕФЕРАТ

Приходько Роман Вячеславович. Система управління процесом пластифікації та гранулювання маси продукту. Дипломний проект. Шосткинський інститут Сумського державного університету. Шостка, 2020 рік.

Дипломний проект містить 62 аркуша пояснювальної записки, з урахуванням 46 рисунків, 17 таблиць; конструкторську документацію, яка містить 2 креслення; 3 демонстраційні плакати.

Розроблено технічне завдання. Розроблено систему управління процесом пластифікації та гранулювання маси продукту на базі програмованого логічного контролера SIEMENS SIMATIC S7-1200. Розроблено алгоритм управління. Задовільна якість процесу пластифікації та гранулювання маси продукту підтверджена результатами моделювання на ЕОМ.

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

SUMMARY

Prihodko Roman Vyacheslavovich. Automation of the technological process of plasticization and granulation of the mass of the product. Diploma project. Shostka institute of the Sumy state University. Shostka, 2020 year.

A diploma project is contained by 62 leaves of explaining message, taking into account 46 pictures, 17 tables; designer document which contains 2 drafts; 3 demonstration poster.

The specification is developed. Automation of the technological process of plasticization and

granulation of the mass of the product on the basis of the programmable logical controller SIEMENS SIMATIC S7-1200 is developed. The algorithm of management is developed. Satisfactory quality of process of plasticization and granulation of the mass of the product is confirmed with results of modeling on EVM.

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

ЗАТВЕРДЖУЮ
Зав. кафедри
Худолей Г.М.
“ ___ ” _____ 2020 р.

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

на проектування система управління процесом пластифікації та
гранулювання маси продукту

Проектував:

Студент групи СУзт-61Ш

Р.В. Приходько

Погоджено:

Керівник проекту

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

1 Назва і область застосування

Система управління процесом пластифікації та гранулювання маси продукту.

Дана розробка призначена для управління процесом пластифікації та гранулювання маси продукту.

2 Підстави для розробки

Завдання на дипломне проектування, затверджене наказом № 48 від "19" квітня 2020 р.

3 Мета і призначення розробки

Метою даної розробки є система управління процесом пластифікації та гранулювання маси продукту.

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

4 Джерела для розробки

Джерелами для розробки є:

- технологічна схема пластифікації та гранулювання маси продукту;
- 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 маси продукту 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 процесом пластифікації та гранулювання маси
продукту»*

Керівник проекту:

Проектант:

студент групи СУзт-61Ш

Р.В. Приходько

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.....	15
4 РОЗРАХУНКОВА ЧАСТИНА.....	47
ВИСНОВКИ.....	61
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ.....	62

					СУзм-61Ш.6.015101.06.ПЗ			
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>				
<i>Разраб.</i>		<i>Приходько Р.В.</i>			<i>Система управління процесом пластифікації та гранулювання маси продукту Пояснювальна записка</i>	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Провер.</i>		_____					2	62
<i>Реценз.</i>						ШІ СумДУ		
<i>Н. Контр.</i>								
<i>Утверд.</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

					СУзм-61Ш.6.015101.06.ПЗ	Лист
						3
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	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 маси продукту, а саме НЦ, 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.

					СУзм-61Ш.6.015101.06.ПЗ	<i>Лист</i>
						4
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		

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.

					СУзм-61Ш.6.015101.06.ПЗ	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</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.

					СУзм-61Ш.6.015101.06.ПЗ	Лист
						6
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

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.

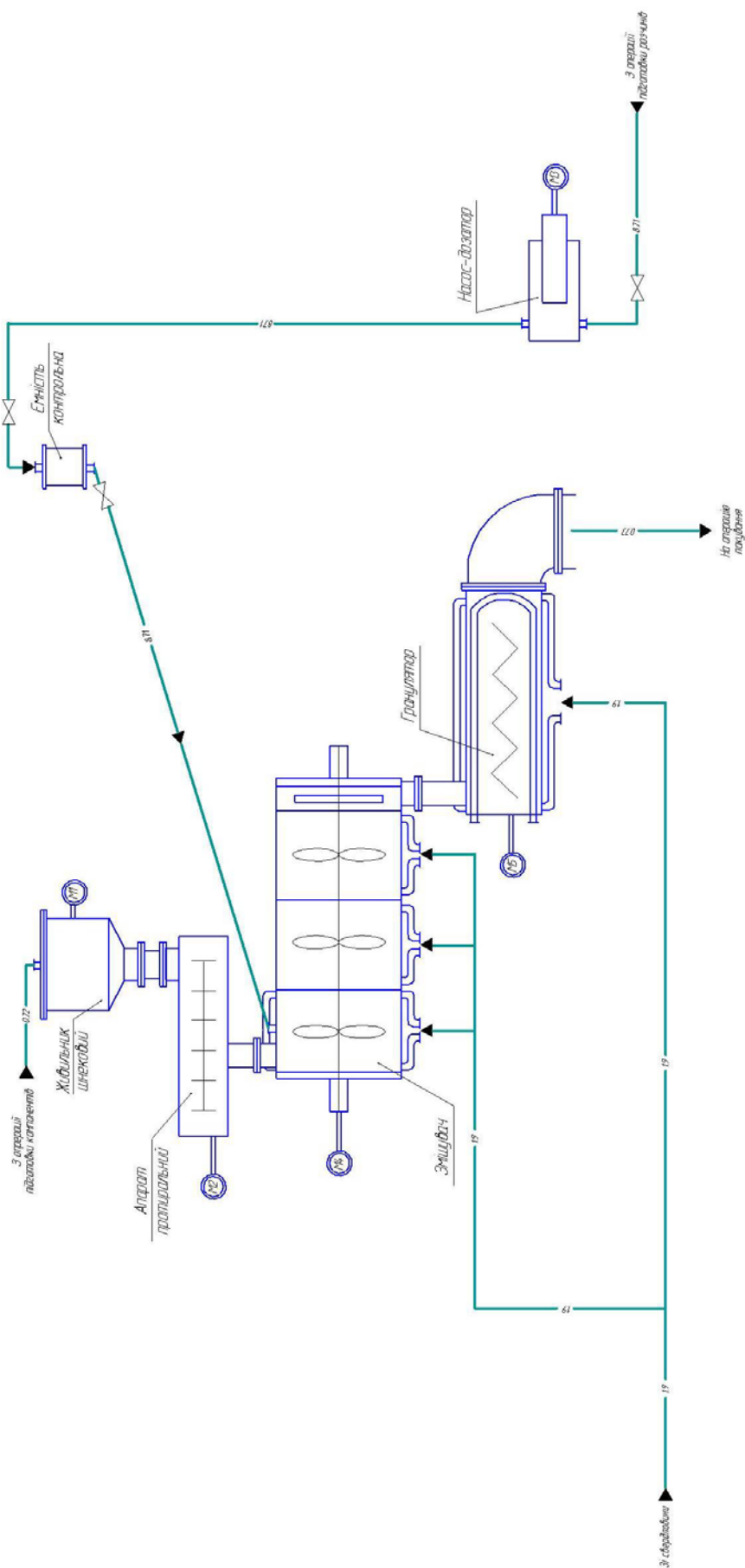
Продукт подається з вузла вивантаження змішувача ворушителем у зону живлення гранулятора і переміщується шнеком до формуючої решітки (при просуванні маса ущільнюється, піддається тиску і зсуву).

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 маси продукту представлена на рис. 1.1.

					СУзм-61Ш.6.015101.06.ПЗ	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		7



Умовні позначення потоків

- 0.72 — Нитрат целюлози
- 0.73 — Порошок маси
- 19 — Вода охолоджена
- 8.71 — Розчин стабілізатора жм'ячної стійкості

Рисунок 1.1 – Технологічна схема пластифікації та гранулювання маси продукту

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

СУзм-61Ш.6.015101.06.ПЗ

1.2 Схема інформаційно-матеріальних потоків

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

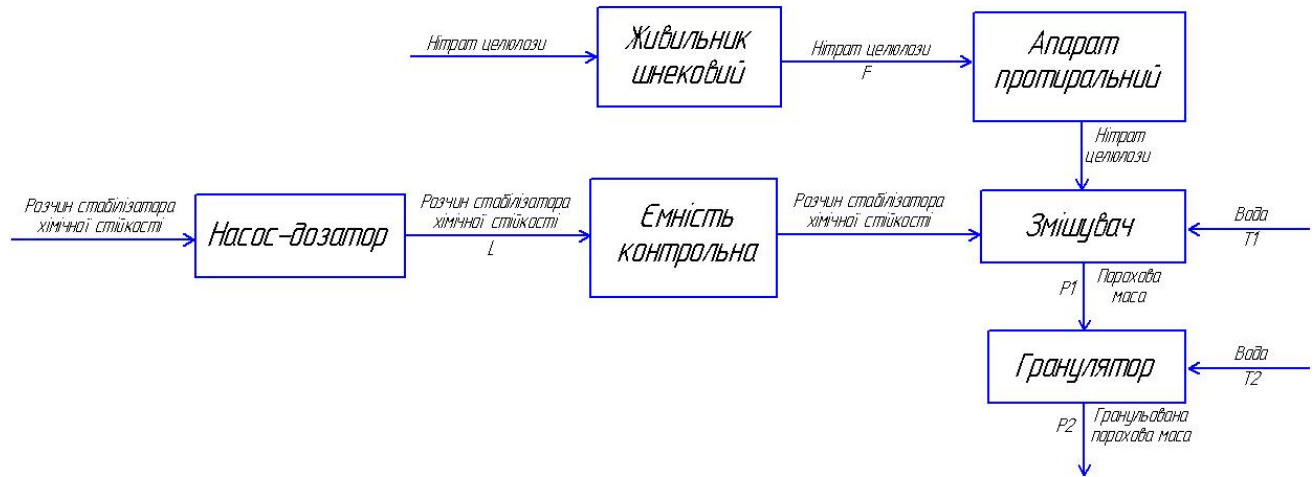


Рисунок 1.2 – Схема інформаційно-матеріальних потоків процесу пластифікації та гранулювання маси продукту

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	8...13 кгс/см ²	2 %
4	Тиск	Голівка гранулятора	Контроль, сигналізація	3...5 кгс/см ²	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 %
7	Частота обертання валу двигуна	Протиральний апарат	Контроль, управління, сигналізація	12 об/хв	2 %
8	Частота обертання валу двигуна	Змішувач	Контроль, управління, сигналізація	28 об/хв	1 %
9	Частота обертання валу двигуна	Гранулятор	Контроль, управління, сигналізація	6...27 об/хв	2 %

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

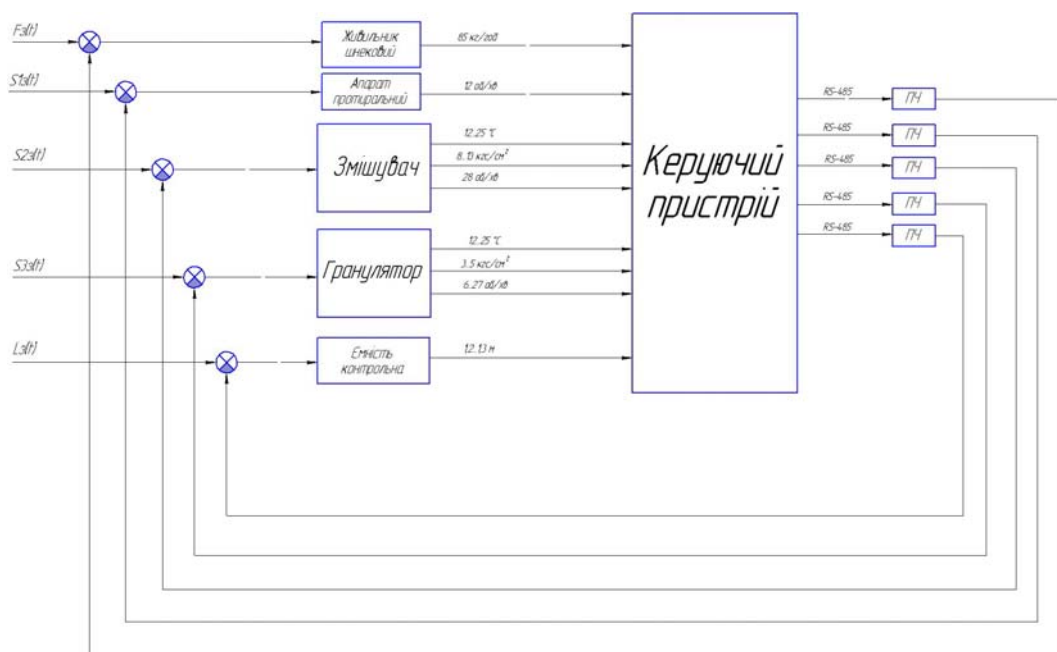


Рисунок 1.3 – Структурна схема автоматизації

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

СУзм-61Ш.6.015101.06.ПЗ

Лист

10

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 маси продукту, 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.

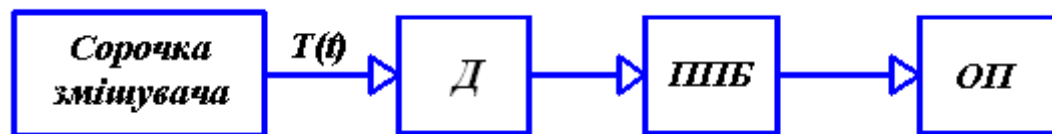


Рисунок 2.1 – Структурна схема контуру контролю температури в сорочці змішувача

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 голівці гранулятора

Під дією перепаду тиску маса продукту піддається стисканню, деформації, протікаючи через зазори – зсуву, що покращує її технологічність. Крім того, відбувається

									Лист
									11
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	СУзм-61Ш.6.015101.06.ПЗ				

формування маси продукту у вигляді гранул. Тому в голівці гранулятора необхідно підтримувати тиск 3...5 кгс/см².

Для контролю тиску в голівці гранулятора може бути застосована структурна схема, яка представлена на рис. 2.2.

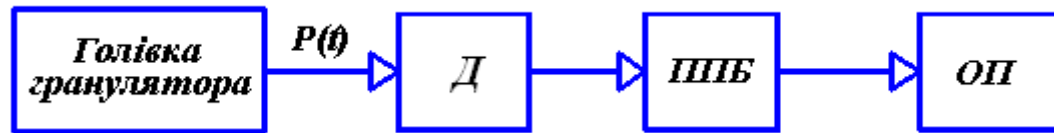


Рисунок 2.2 – Структурна схема контуру контролю тиску в голівці гранулятора

Вимірюваний тиск у голівці гранулятора $P(t)$ 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 тиску в третій секції змішувача.

2.3 Рівень розчину стабілізатора хімічної стійкості в контрольній ємності

Слід підтримувати рівень розчину стабілізатора хімічної стійкості в контрольній ємності у межах 1,2...1,3 м, так як від точності його дозування як компоненту залежить якість продукту технологічного процесу.

Для управління рівнем розчину стабілізатора хімічної стійкості в контрольній ємності може бути застосована структурна схема, яка представлена на рис. 2.3.

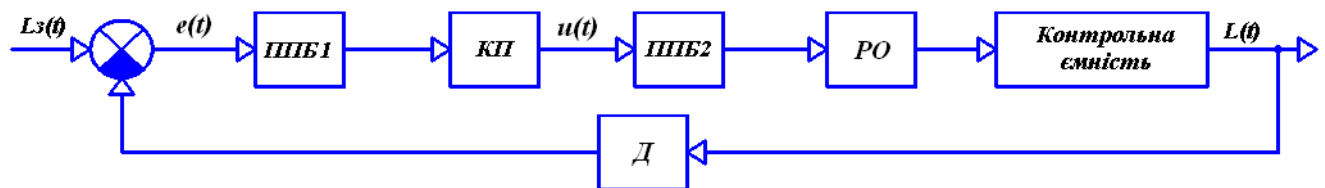


Рисунок 2.3 – Структурна схема контуру управління рівнем розчину стабілізатора хімічної стійкості в контрольній ємності

Вимірюваний рівень розчину стабілізатора хімічної стійкості в контрольній ємності $L(t)$ діє на датчик (Д). Сигнал з датчика разом із сигналом завдання $Lz(t)$ 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 котрого поступає на регулюючий орган (РО), який чинить дію на даний об'єкт управління (контрольну ємність).

2.4 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. 2.4.

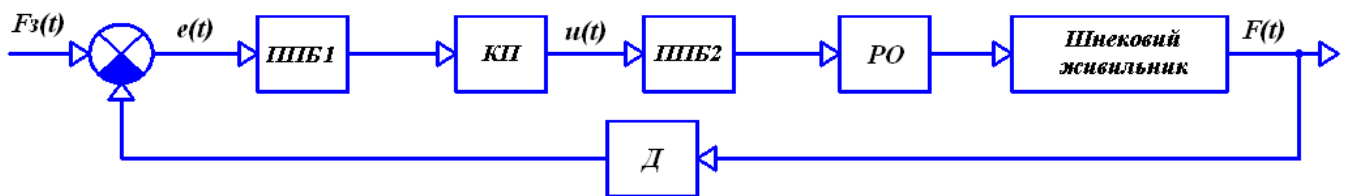


Рисунок 2.4 – Структурна схема контуру управління витратою нітрату целюлози у шнековому живильнику

Вимірювана витрата нітрату целюлози у шнековому живильнику ($F(t)$) діє на датчик (Д). Сигнал з датчика разом із сигналом завдання ($F_z(t)$) 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 котрого поступає на регулюючий орган (РО), який чинить дію на даний об'єкт управління (шнековий живильник).

2.5 Частота обертання валу двигуна протирального апарату

Для руйнування агломератів нітрату целюлози шляхом протирання їх через порожнисті ґрати протирального апарату, необхідно підтримувати частоту обертання валу двигуна протирального апарату на рівні 12 об/хв.

Для управління частотою обертання валу двигуна протирального апарату може бути застосована структурна схема, яка представлена на рисунку 2.5.

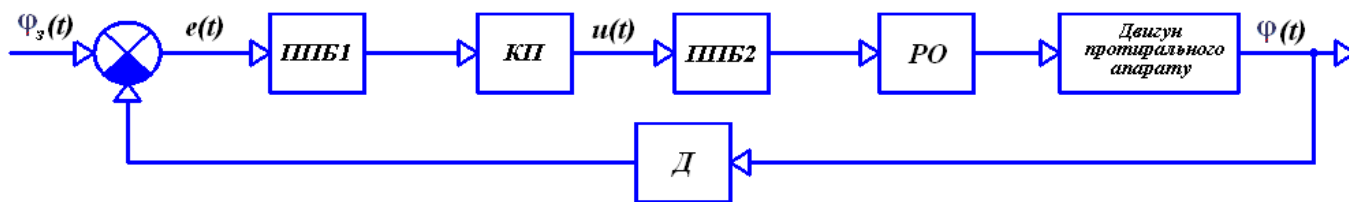


Рисунок 2.5 - Структурна схема контуру управління швидкістю обертання валу двигуна протирального апарату

Вимірюваний кут повороту вала двигуна протирального апарату ($\varphi(t)$) діє на датчик (Д). Сигнал з датчика разом із сигналом завдання ($\varphi_3(t)$) поступає на елемент порівняння. Результуючий сигнал ($e(t)$) подається 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 котрого поступає на регулюючий орган (РО), котрий чинить дію на даний об'єкт управління (двигун протирального апарату).

Контур аналогічний для управління частотою обертання валу двигуна змішувача, а також для управління частотою обертання валу двигуна гранулятора.

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

Прийнявши до уваги особливості ТП пластифікації та гранулювання маси продукту, топологію об'єкта і розподіл функціональних елементів технологічного процесу підприємством, обираємо 2-х рівневу систему управління. Даний технологічний процес є вибухо- і пожежонебезпечним, тому принципово важливими критеріями вибору засобів автоматизації (зокрема нижнього рівня) виступають їх точність, надійність і захищеність. Точність вимірювань у даному технологічному процесі має найбільший пріоритет. Для уникнення конфліктів у протоколі RS-485 на одному об'єкті слід намагатися використовувати засоби автоматизації, що випускаються одним виробником.

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. Так як діапазон контрольованих температур невеликий і однаковий, для їх вимірювання можливе застосування термопар.

Можливе використання наступних термопар:

а) ОВЕН ДТПЛ сталь 12Х18Н10Т

Основні технічні характеристики даної термопари наведені у табл. 3.1.

Таблиця 3.1 – Технічні характеристики термопари ОВЕН ДТПЛ сталь 12Х18Н10Т

Найменування параметра	Значення
Робочий діапазон вимірюваних температур	-40...+300 °С
Номинальна статична характеристика (НСХ)	L(XK)
Клас допуску датчика	2

Продовження таблиці 3.1

Найменування параметра	Значення
Умовний тиск	10 МПа
Виконання робочого спаю термопари відносно корпусу датчика	неізолюваний
Діаметр термоелектродного дроту	0,7
Показник теплової інерції, не більше	60 с
Опір ізоляції, не менше	100 МОм
Ступінь захисту згідно ГОСТ 14254	IP54
Похибка вимірювань	± 1,5 %
Матеріал захисної арматури	сталь 12X18H10T
	* до 1200°C при роботі у короткочасному режимі
Вартість, грн	3212,04

Зовнішній вигляд термопари ОВЕН ДТПЛ сталь 12X18H10T зображено на рис. 3.1.

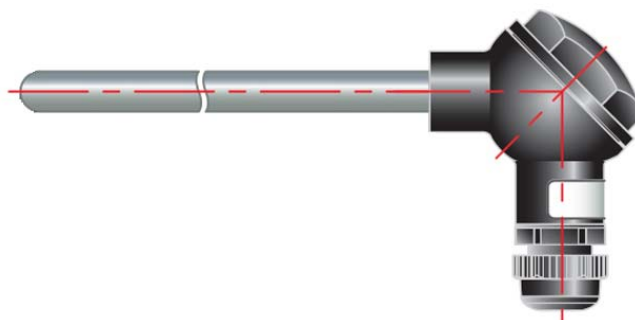


Рисунок 3.1 – Термопара ОВЕН ДТПЛ сталь 12X18H10T

б) SIEMENS SITRANS T 7MC 2000-1DC01

Основні технічні характеристики даної термопари наведені у табл. 3.2.

Таблиця 3.2 – Технічні характеристики термопари SIEMENS SITRANS T 7MC 2000-1DC01

Найменування параметра	Значення
Робочий діапазон вимірюваних температур	0...+500 °C

Продовження таблиці 3.2

Найменування параметра	Значення
Робочий діапазон вимірюваних температур	0...+500 °С
Сенсор	Ni Cr/Ni тип К
- кількість	1
- діаметр згину	2 мм
- ізоляція згину	ізоляційна трубка
Номінальна довжина, мм	500
Захисна трубка	металева
З'єднувальна голівка	форма А, DIN 43729; з легкого металу (лиття), з одним вводом кабелю і різьбовою кришкою
Похибка вимірювань	± 4 %
Вага	1,1 кг
Матеріал	X 10 CrAl 24, Nr. 1.4762
Вартість, грн	3474

Зовнішній вигляд термопари SIEMENS SITRANS T 7MC 2000-1DC01 зображено на рис. 3.2.



Рисунок 3.2 – Термопара SIEMENS SITRANS T 7MC 2000-1DC01

Порівнявши технічні характеристики ОВЕН ДТПЛ сталь 12Х18Н10Т і SIEMENS SITRANS T 7MC 2000-1DC01, можна зробити висновок, що перша термопара підходить більше, так як вона має меншу похибку вимірювань, що підвищує її точність в даних умовах експлуатації. Тому свій вибір зупиняємо на ОВЕН ДТПЛ сталь 12Х18Н10Т.

Для перетворення сигналу термопари в уніфікований сигнал необхідно застосовувати нормуючий перетворювач.

Для термопари ОВЕН ДТПК сталь 12Х18Н10Т можливе використання такого вимірювального перетворювача, як ОВЕН НПТ-1, основні технічні характеристики якого наведені у табл. 3.3.

Таблиця 3.3 – Технічні характеристики вимірювального перетворювача ОВЕН НПТ-1

Найменування параметра	Значення
Номінальне значення напруги живлення (постійного струму)	24 В
Діапазон допустимих напруг живлення (постійного струму)	12 – 36 В
Струм живлення, не більше: – для робочого режиму – для режиму конфігурування (живлення здійснюється від USB-Host)	35 мА 50 мА
Номінальний діапазон вихідного струму перетворювача	0 – 20 мА, 4 – 20 мА
Нелінійність перетворення, не гірше	±0,1%
Опір кожного з'єднувального дроту, що з'єднує перетворювач з датчиками, не більше	100 Ом
Пульсації вихідного сигналу	0,6%
Габаритні розміри	98 × 82 × 22 мм
Вартість, грн	4193,6

Зовнішній вигляд вимірювального перетворювача ОВЕН НПТ-1 представлено на рис. 3.3.



Рисунок 3.3 – Вимірювальний перетворювач ОВЕН НПТ-1

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.

Для вимірювання вищевказаних тисків можливе використання наступних датчиків:

а) Датчик перепаду тиску ОВЕН ПД100-ДИ

Призначений для безперервного перетворення перепаду тиску рідких та газоподібних агресивних середовищ в уніфікований сигнал постійного струму 4 ... 20 мА.

Основні характеристики датчика наведені у табл. 3.4.

б) Датчик тиску надлишкового АИР10-L-ДИ

Використовується в системах автоматичного контролю, регулювання та управління технологічними процесами і призначений для перетворення надлишкового тиску рідких і газових агресивних середовищ в уніфікований вихідний сигнал 4 ... 20мА або 0 ... 5 мА.

Основні характеристики датчика наведені в табл. 3.4.

Таблиця 3.4 – Сводная таблица параметров датчиков давления

Назва датчика	Функціональні особливості	Діапазон вимірювань, кгс/см ²	Основна похибка	Вих. сигнал	Вартість, грн
ОВЕН ПД100-ДИ	Датчик перепаду тиску	від 0 до 20	± 0,1 %	4-20мА	1020
АИР10-L-ДИ	Датчик тиску надлишкового	від 0 до 15	± 0,2 %	4-20мА 0-5мА	2000

Порівнявши технічні характеристики датчиків тиску, можна зробити висновок, що датчик тиску ОВЕН ПД100-ДИ (рис. 3.4) має більш високу точність вимірювань, що більш необхідно в даному технологічному процесі.



Рисунок 3.4 – Датчик перепаду тиску ОВЕН ПД100-ДИ

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) Поплавковий датчик рівня ОВЕН ПДУ-И.3000

Основні технічні характеристики даного датчика рівня приведені в табл. 3.5.

Таблиця 3.5 – Технічні характеристики рівнеміра ОВЕН ПДУ-И.3000

Найменування параметра	Значення
Електричні параметри	
Схема підключення	Дводротова
Рід живлячого струму	Постійний
Напруга живлення, В	10...36
Вихідний сигнал, мА	4...20
Споживана потужність, Вт, не більше	1
Опір навантаження, Ом, не більше	Визначається за формулою: $(U - 8) \cdot 50$, де U – напруга живлення, В
Метрологічні характеристики	
Найменування параметра	Значення
Діапазон вимірювань рівня, мм	250...4000
Дискретність вимірювання рівня (роздільна здатність), мм	10
Похибка вимірювання рівня, мм	$\pm 0,5$
Додаткова похибка вимірювання від температури, % на 10 °С, не більше	0,2
Конструктивні параметри	
Розташування осі кріплення отвору датчика у резервуарі	Вертикально
Типорозмір приєднувальної різьби	G2
Розмір «під ключ», мм	36
Матеріал робочої частини датчика	Сталь 12X18H10T
Ступінь захисту згідно ГОСТ 14254	IP65
Вартість, грн	4887

Зовнішній вигляд рівнеміра ОВЕН ПДУ-И.3000 представлено на рис. 3.5.



Рисунок 3.5 - Рівнемір ОВЕН ПДУ-И.3000

б) Ультразвуковий рівнемір SIEMENS Milltronics The Prode 7ML1201-1AF00

Основні технічні характеристики даного датчика рівня приведені в табл. 3.6.

Таблиця 3.6 - Технічні характеристики рівнеміра SIEMENS Milltronics The Prode 7ML1201-1AF00

Найменування параметра	Значення
Діапазон вимірювань, м	0,25...3
Напруга живлення, В	12...28
Вихідний сигнал, мА	4...20
Споживана потужність, Вт, не більше	0,75
Опір навантаження, Ом	600
Дискретність вимірювання рівня (роздільна здатність), мм	3
Похибка вимірювання рівня, мм	±1
Вага, кг	1,5
Матеріал робочої частини датчика	ETFE
Ступінь захисту	IP65
Вартість, грн	5062,27

Зовнішній вигляд рівнеміра SIEMENS Milltronics The Prode 7ML1201-1AF00 представлено на рис. 3.6.



Рисунок 3.6 - Рівнемір SIEMENS Milltronics The Prode 7ML1201-1AF00

Порівнявши технічні характеристики ОВЕН ПДУ-И.3000 і SIEMENS Milltronics The Prode 7ML1201-1AF00, можна зробити висновок, що перший має меншу похибку вимірювань, більший діапазон вимірювань, до того ж він дешевший за другий. Тому свій вибір зупиняємо на ОВЕН ПДУ-И.3000.

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. 3.7.

Таблиця 3.7 - 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

Продовження таблиці 3.7

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, 1A
Тоталайзер	Функція скидання
Зберігання даних	Флеш
Імпульсний вихід	Відкритий колектор
Вартість, грн	13700

Зовнішній вигляд витратоміра SolidFlow представлено на рис. 3.7.



Рисунок 3.7 - 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 3.8.

					СУзм-61Ш.6.015101.06.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		23

Таблиця 3.8 - 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. 3.8.



Рисунок 3.8 - 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.

					СУзм-61Ш.6.015101.06.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		24

3.1.1.5 Вибір датчиків кута повороту (енкодерів)

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

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 3.9.

Таблиця 3.9 - 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. 3.9.



Рисунок 3.9 - Датчик кута повороту SIBA 5321 R5K L2.0

б) Датчик кута повороту Autonics ENC-1

Основні технічні характеристики даного датчика приведено в табл. 3.10.

Таблиця 3.10 - 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. 3.10.



Рисунок 3.10 - 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.

Регулювання частоти обертання вказаних приводів здійснюється за допомогою перетворювачів частоти.

У якості двигуна шнекового живильника використовується трифазний асинхронний двигун з короткозамкненим ротором 4А200М4У3 з наступними характеристиками:

$P_n=37$ кВт; $n_n=1475$ об/хв; $\eta_n=91\%$; $\cos\varphi_n=0,9$; $\alpha=7$; $\lambda_{\max}=2,5$; $\lambda_{\text{пуск}}=1,4$; $J_{\text{дв}}=36,8 \cdot 10^{-2}$ кг·м².

Перетворювач частоти будемо обирати за наступними умовами:

$$P_{\text{пч}} \geq P_{\text{дв}}; \quad U_{\text{пч.н}} = U_{\text{дв.н}}; \quad I_{\text{пч.н}} \approx I_{\text{дв.н}}.$$

За нижченаведеною формулою визначаємо номінальний струм двигуна

$$I_n = \frac{P_n}{\sqrt{3} \cdot U_n \cdot \cos \varphi_n \cdot \eta_n} \quad (3.1)$$

$$I_n = \frac{37000}{\sqrt{3} \cdot 380 \cdot 0,9 \cdot 0,91} = 68,64 \text{ А}$$

Можливе використання наступних перетворювачів частоти:

а) Перетворювач частоти ОВЕН ПЧВЗ-37К-В

У ПЧВЗ (рис. 3.11) можливості взаємодії перетворювача з іншими пристроями системи частотного управління приводом значно розширені за рахунок збільшення кількості аналогових і дискретних виходів. ПЧВЗ мають два релейні і два аналогові толкові виходи, які за необхідності можуть використовуватись як цифрові. Це розширює можливості використання ПЧВ у системах каскадного управління насосами, а також покращує організацію роботи додаткових систем автоматики.

У ПЧВЗ значно розширені функціональні можливості, а саме режими: «пожежний», «сплячий» і контроль «обриву ремня» з виконанням спеціальних алгоритмів роботи приводів.



Рисунок 3.11 – Перетворювач частоти ОВЕН ПЧВЗ-37К-В

					<i>СУзм-61Ш.6.015101.06.ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		27

Окрім інтерфейсу Modbus ПЧВЗ підтримує декілька додаткових інтерфейсів для більш зручної інтеграції у системи інтелектуальної будівлі, а саме: BACNet, Metasys N, FLN Арогее. Заводські налаштування «за замовчуванням» дозволяють користувачу з мінімальними затратами протестувати роботу привода у ручному и автоматичному режимах після вводу основних параметрів АД.

Основні характеристики перетворювача частоти приведено в табл. 3.12.

б) Перетворювач частоти SIEMENS SINAMICS G120 6SL3225-0BE33-0UA0

Основними особливостями даного ПЧ (рис. 3.12) є:

- * повний контроль і підвищений захист електродвигуна;
- * запуск при навантаженні, що обертається;
- * оптимальне узгодження характеристики обертального моменту з характеристикою механізму;
- * локальне ПІД-регулювання і опції підключення до мережі обміну даними;
- * економія енергії більше 60%;
- * більший термін служби за спрощеного техобслуговування.



Рисунок 3.12 – Перетворювач частоти SIEMENS SINAMICS G120
6SL3225-0BE33-0UA0

Основні характеристики перетворювача частоти приведено в табл. 3.11.

					СУзм-61Ш.6.015101.06.ПЗ	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		28

Таблиця 3.11 - Технічні характеристики перетворювачів частоти

Виробник	ОВЕН	SIEMENS
Найменування	ПЧВ3-37К-В	SINAMICS G120 6SL3225-0BE33-0UA0
Діапазон потужностей, кВт	37	37
Номінальний струм, А	77	75
Живлення	3-фазне 380-480В	3-фазне 380-480В
Вихідна частота	0...200 Гц	0...400 Гц
Вартість, грн	12421	10877,72

Порівнявши технічні характеристики перетворювачів частоти, можна зробити висновок, що обидва перетворювачі однаково підходять. У такому випадку перевагу віддамо перетворювачу SINAMICS G120, так як він має більшу вихідну частоту, до того ж він дешевший за ОВЕН ПЧВ3-37К-В.

Аналогічні дії виконуємо для двигуна насоса-дозатора, у якості якого використовується трифазний асинхронний двигун з короткозамкненим ротором 4А80В4У3 з наступними характеристиками:

$P_n=1,5$ кВт; $n_n=1415$ об/хв; $\eta_n=77\%$; $\cos\phi_n=0,83$; $\alpha=5$; $\lambda_{\max}=2,2$; $\lambda_{\text{пуск}}=2$; $J_{\text{дв}}=33,3 \cdot 10^{-4}$ кг·м².

$$I_n = \frac{1500}{\sqrt{3} \cdot 380 \cdot 0,83 \cdot 0,77} = 3,57 \text{ A}$$

Для даного двигуна обираємо модифікацію SINAMICS G120 з потужністю $P_{\text{пч}}=1,5$ кВт, $I_{\text{пч н}}=3,7$ А, а саме SINAMICS G120 6SL3224-0BE21-5UA0. Інші характеристики даного ПЧ співпадають з аналогічними для SINAMICS G120 6SL3224-0BE37-5AA0.

Аналогічні дії виконуємо для двигунів протирального апарату, змішувача та гранулятора у якості яких використовуються трифазні асинхронні двигуни з короткозамкненим ротором 4А180S4У3 з наступними характеристиками:

$P_n=22$ кВт; $n_n=1470$ об/хв; $\eta_n=90\%$; $\cos\phi_n=0,9$; $\alpha=6,5$; $\lambda_{\max}=2,3$; $\lambda_{\text{пуск}}=1,4$; $J_{\text{дв}}=19 \cdot 10^{-2}$ кг·м².

$$I_n = \frac{22000}{\sqrt{3} \cdot 380 \cdot 0,9 \cdot 0,9} = 41,27 \text{ A}$$

Для даних двигунів обираємо модифікацію SINAMICS G120 з потужністю $P_{\text{пч}}=22$ кВт, $I_{\text{пч н}}=42,5$ А, а саме SINAMICS G120 6SL3224-0BE32-2UA0. Інші характеристики даного ПЧ співпадають з аналогічними для SINAMICS G120 6SL3224-0BE37-5AA0.

					СУзм-61Ш.6.015101.06.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		29

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

Верхній рівень АСУ виконує функції діалогової взаємодії з оператором, що включають у себе відображення, накопичення і аналіз даних.

Основні функції управління реалізуються на основі підбору необхідних технічних засобів. Головною задачею вибору технічних засобів є перевірка узгодження каналів управління контролера з приводами.

На основі викладених даних висунемо вимоги до портів контролера (табл. 3.12).

Таблиця 3.12 – Вхідні-вихідні сигнали

Сигнали	Кількість сигналів
Аналогові вхідні	6
Дискретні вхідні	3
Дискретні вихідні	5

3.2.1 Вибір контролера

Для реалізації управління даним процесом необхідно застосувати контролер з модулями розширення.

У якості контролера можуть бути використані:

а) Програмований логічний контролер ОВЕН ПЛК 160

ПЛК 160 призначений для створення систем управління малими і середніми об'єктами.

Побудова системи управління і диспетчеризації на базі ОВЕН ПЛК можливе як за допомогою дротових засобів – використовуючі вбудовані інтерфейси Ethernet, RS-232, RS-485, так і з допомогою бездротових засобів – використовуючи радіо, GSM, ADSL модем\и.

Конструктивні особливості ОВЕН ПЛК 160

Контролер виконано в компактному DIN-рейковому корпусі.

Розширення кількості точок вводу\виводу здійснюється підключенням зовнішніх модулів вводу\виводу за будь-яких із вбудованих інтерфейсів.

Обчислювальні ресурси ОВЕН ПЛК 160

У контролері закладені потужні обчислювальні ресурси за відсутності операційної системи:

- високопродуктивний процесор RISC архітектури ARM9, з частотою 180МГц компанії Atmel;
- великий обсяг оперативної пам'яті – 8МБ;
- великий обсяг постійної пам'яті – Flash пам'ять, 4МБ;
- обсяг енергонезалежної пам'яті для збереження змінних – до 16КБ.

Зовнішній вигляд ПЛК представлено на рис. 3.13.



Рисунок 3.13 – ОВЕН ПЛК 160

Електричні параметри

- Два варіанти живлення для кожного контролера:
- змінний струм: (90-265)В, (47...63)Гц;
- постійний струм: (18-29)В.
- Невелика споживана потужність до 10Вт.
- Дискретні входи - 16
- Дискретні виходи - 12
- Аналогові входи - 8
- Аналогові виходи - 4
- Усі дискретні входи контролера вимірюють сигнал 24В.
- Тип сигналу може бути як n-p-n, так і p-n-p.
- Дискретні виходи типу: Р - реле.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

СУзм-61Ш.6.015101.06.ПЗ

Лист

31

«Швидкі» аналогові входи для підключення уніфікованих датчиків струму, напруги. Дискретні виходи контролерів даної лінійки можуть бути налаштовані на видачу ШІМ, або генератора з високою точністю.

Основні характеристики програмованого логічного контролера ОВЕН ПЛК 160 представлено в табл. 3.13.

Вартість ПЛК – 19105,36 грн.

б) Програмований логічний контролер SIEMENS SIMATIC S7-1200

Програмований контролер SIMATIC S7-1200 виробництва SIEMENS – це базовий контролер для вирішення найрізноманітніших задач автоматизації малого і середнього рівня. Цей контролер має модульну конструкцію і універсальне призначення. Він здатний працювати в реальному масштабі часу, може використовуватись для побудови відносно простих вузлів локальної автоматики або вузлів комплексних систем автоматичного управління, що підтримують інтенсивний комунікаційний обмін даними через мережі Industrial Ethernet/PROFINET, а також PtP (Point-to-Point) з'єднання.

Програмований контролер S7-1200 має компактні пластикові корпуси із ступенем захисту IP20, може монтуватися на стандартну 35 мм профільну шину DIN або на монтажну плату і працює в діапазоні температур від 0 до +50 °С. Він здатний обслуговувати 24 дискретні і 12 аналогові канали вводу-виводу.

Центральний процесор

Центральний процесор володіє високою продуктивністю і забезпечує підтримку широкого набору функцій:

- Програмування на мовах LAD (Ladder Diagram), FBD (Function Block Diagram) і SCL (Structured Control Language), вичерпний набір команд.
- Високу швидкодію, час виконання логічної операції не перевищує 0.1 мкс.
- Вбудована завантажувальна пам'ять об'ємом до 4 Мбайт, розширювана картою пам'яті ємністю до 4 Гбайт.
- Робоча пам'ять ємністю до 150 Кбайт.
- Енергонезалежна пам'ять ємністю 10 Кбайт для збереження даних при перебоях у живленні контролера.
- Вбудовані дискретні входи універсального призначення, що дозволяють вводити потенціальні або імпульсні сигнали.
- Вбудований апаратний годинник реального часу з запасом ходу при перебоях у живленні 20 днів.

					СУзм-61Ш.6.015101.06.ПЗ	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		32

- Вбудовані швидкісні лічильники з частотою слідування вхідних сигналів до 1 МГц.
- Вбудовані імпульсні виходи з частотою слідування імпульсів до 1 МГц (тільки в CPU з транзисторними виходами).
- Підтримка функцій ПІД регулювання.
- Підтримка функцій управління переміщенням у відповідності з вимогами стандарту PLCopen.
- Підтримка функцій оновлення операційної системи.
- Вбудований WEB – сервер, що дозволяє виконувати дистанційну діагностику програмованих контролерів з використанням стандартного Web браузера.
- Парольний захист програми користувача.
- Комунікаційні модулі CM 12xx і CP 12xx для підключення контролера до мережі Industrial Ethernet, PROFIBUS DP, обміну даними через послідовні канали зв'язку, мобільну мережу GSM, канали зв'язку систем телеуправління.

Основні характеристики програмованого логічного контролера SIMATIC S7-1200 представлено в таблиці 3.13.

Зовнішній вигляд ПЛК представлено на рис. 3.14.



Рисунок 3.14 –ПЛК SIMATIC S7-1200

Вартість ПЛК – 21906,36 грн.

в) Програмований логічний контролер VIPA System 200V

VIPA System 200V - контролер для вирішення задач центральної і розподіленої системи автоматизації, де він може виступати у якості як "керованих" так і "керуючих" пристроїв. Він з успіхом може використовуватись в системах промислової автоматизації з підвищеними вимогами до надійності обслуговування і до часових параметрів контурів управління. CPU сумісні за набором інструкцій з популярними контролерами SIMATIC S7-300 і можуть програмуватися як за допомогою ПЗ WinPLC7 (VIPA), так і за допомогою STEP7 (Siemens).

					СУзм-61Ш.6.015101.06.ПЗ	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		33

VIPA System 200V побудовано за модульним принципом. Це значить, що користувач має можливість оптимально підбирати склад модулів для вирішення своєї задачі і гнучко модифікувати його при розширенні або при зміні вимог до системи. Він має гарний час реакції і підходить для управління виробництвом періодичного, неперервного і неперервно-періодичного типів.

Основні характеристики програмованого логічного контролера VIPA System 200V представлено у табл. 3.13.

Вартість ПЛК – 12696,52 грн.

Зовнішній вигляд ПЛК представлено на рис. 3.15.



Рисунок 3.15 –ПЛК VIPA System 200V

Таблиця 3.13 – Основні характеристики контролерів

Основні характеристики	ОВЕН ПЛК 160	SIMATIC S7-1200	VIPA System 200V
Кількість входів/виходів	Дискретні входи - 16 Дискретні виходи - 12 Аналогові входи - 8 Аналогові виходи - 4	Дискретні входи - 24 Дискретні виходи - 24 Аналогові входи - 12 Аналогові виходи - 12	Дискретні входи - 12 Дискретні виходи - 12 Аналогові входи - 8 Аналогові виходи - 8
Об'єм оперативної пам'яті	8 Мбайт	50 Кбайт	32 Кбайт
Час виконання операції	1 мс	0,1 мкс	з бітами — 0,25 мкс зі словами — 1,2 мкс

Продовження таблиці 3.13

Основні характеристики	ОВЕН ПЛК 160	SIMATIC S7-1200	VIPA System 200V
Таймери/Лічильники	Годинник реального часу з автономним акумуляторним живленням (точність ходу – не більше 3 хв на добу)	Вбудований годинник реального часу з запасом ходу при перебоях у живленні 20 днів; вбудовані швидкісні лічильники з частотою слідування вхідних сигналів до 1 МГц; вбудовані імпульсні виходи з частотою слідування імпульсів.	128/256
Програмування	ПЗ CoDeSys	LAD (Ladder Diagram), FBD (Function Block Diagram) і SCL (Structured Control Language)	WinPLC7 від VIPA / STEP7 від Siemens
Протоколи	ОВЕН, Modbus RTU, Modbus ASCII, Modbus TCP, DCON, GateWay (протокол CODESYS), Mass Storage Device	Industrial Ethernet/PROFINET, PtP (Point-to-Point) з'єднання	ProfibusDP slave
Інтерфейс	RS-232, RS-485, Ethernet 10/100 Mbps, USB-Device	Ethernet/PROFINET	MP2I (MPI+PPI)

Ізм.	Лист	№ докум.	Підпись	Дата

СУзм-61Ш.6.015101.06.ПЗ

Лист

35

Так як ПЛК SIMATIC S7-1200 має найбільший об'єм пам'яті, можливість роботи в масштабі реального часу, найбільшу кількість портів і більш широкий спектр функцій, обираємо саме його.

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. 3.14.

Таблиця 3.14 – 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, З КОНФОРМНИМ ПОКРИТТЯМ НА ОСНОВІ 6AV6647-0AD11-3АХ0 . 5,7" TFT ДИСПЛЕЙ, 256 КОЛЬОРІВ, ІНТЕРФЕЙС ETHERNET	1,07	25199

Зовнішній вигляд SIPLUS HMI Basic Panel представлено на рис. 3.16.



Рисунок 3.16 – 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. 3.15.

Таблиця 3.15 – 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. 3.17.



Рисунок 3.17 – 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 квитування (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. 3.18.

					СУзм-61Ш.6.015101.06.ПЗ	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		38

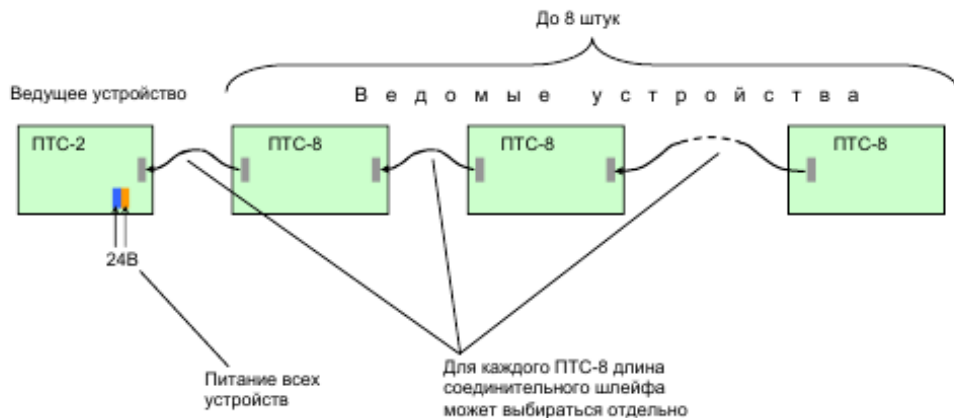


Рисунок 3.18 – Схема підключення приладу ПТС 64

Зовнішній вигляд приладу технологічної сигналізації ПТС-64 представлено на рис. 3.19.



Рисунок 3.19 - 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 (СУзт-61Ш.6.050201.05.A2).

3.4 Розробка алгоритмів управління

У загальному вигляді система працює за алгоритмом, представленим на рис. 3.20.

1 Початок

2 Ініціалізація ПЛК

3 Обмін даними з панеллю оператора

4 Пуск ТП
Так
Ні

5 Підпрограма управління живильним шнеком

6 Підпрограма управління протиральним апаратом

7 Підпрограма управління контрольною ємністю

8 Підпрограма управління змішувачем

10 Стоп
Так
Ні

11 Зупинити двигуни

12 Обмін даними з панеллю оператора

2

1

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

СУзм-61Ш.6.015101.06.ПЗ

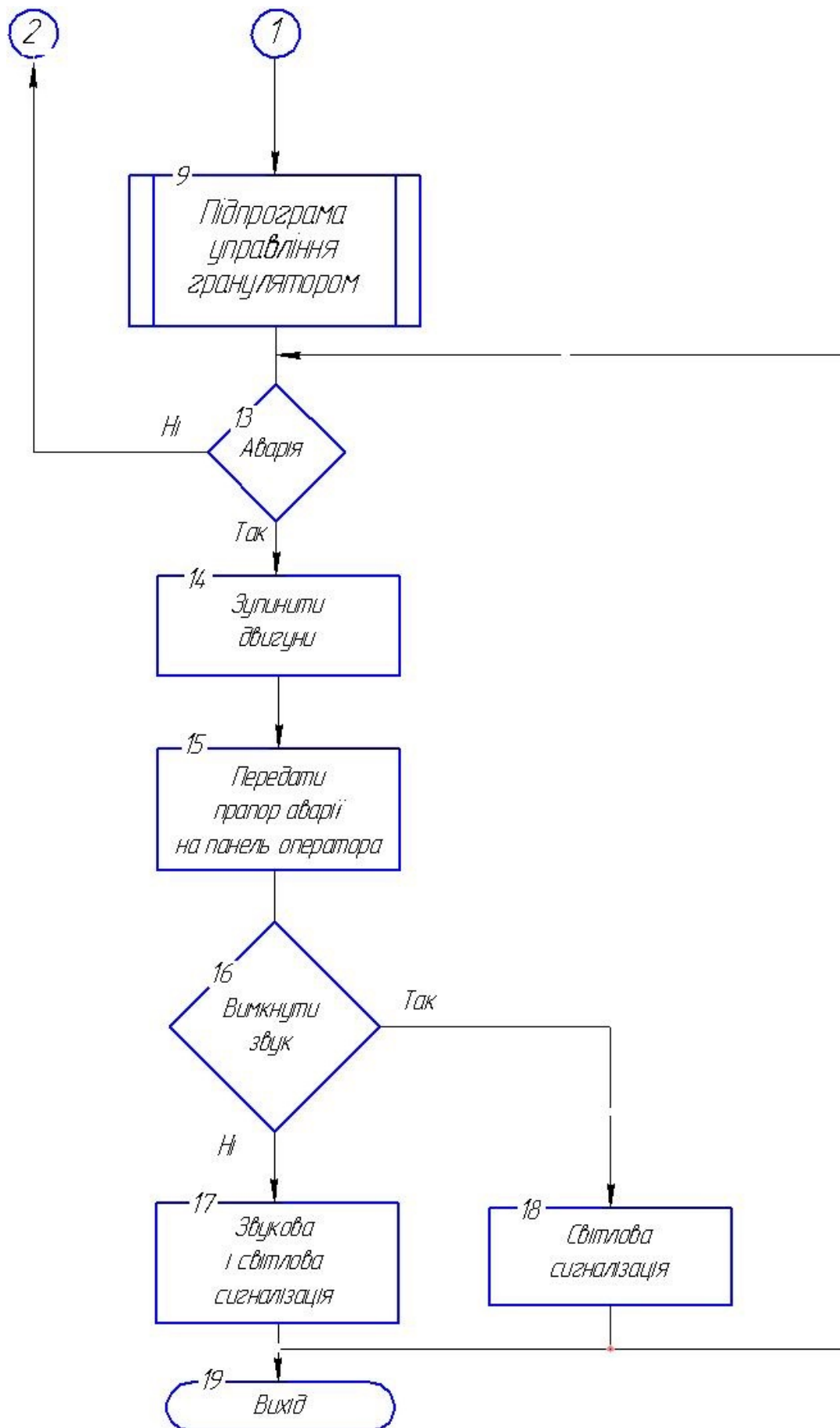


Рисунок 3.20 – Загальний алгоритм роботи системи

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

Алгоритми окремих підпрограм управління приведені на рисунках 3.21-3.25.

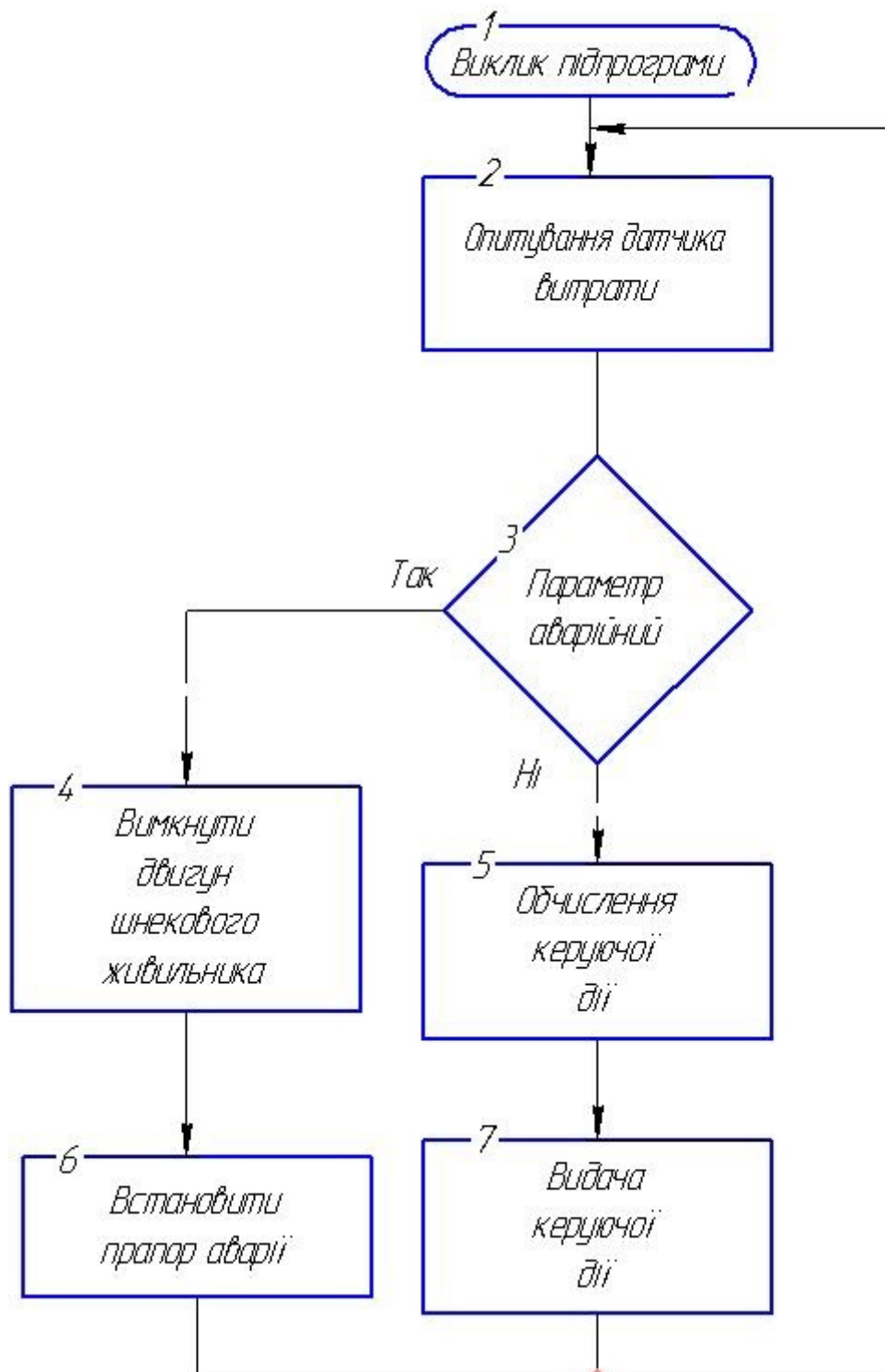


Рисунок 3.21 – Підпрограма управління живильним шнеком

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

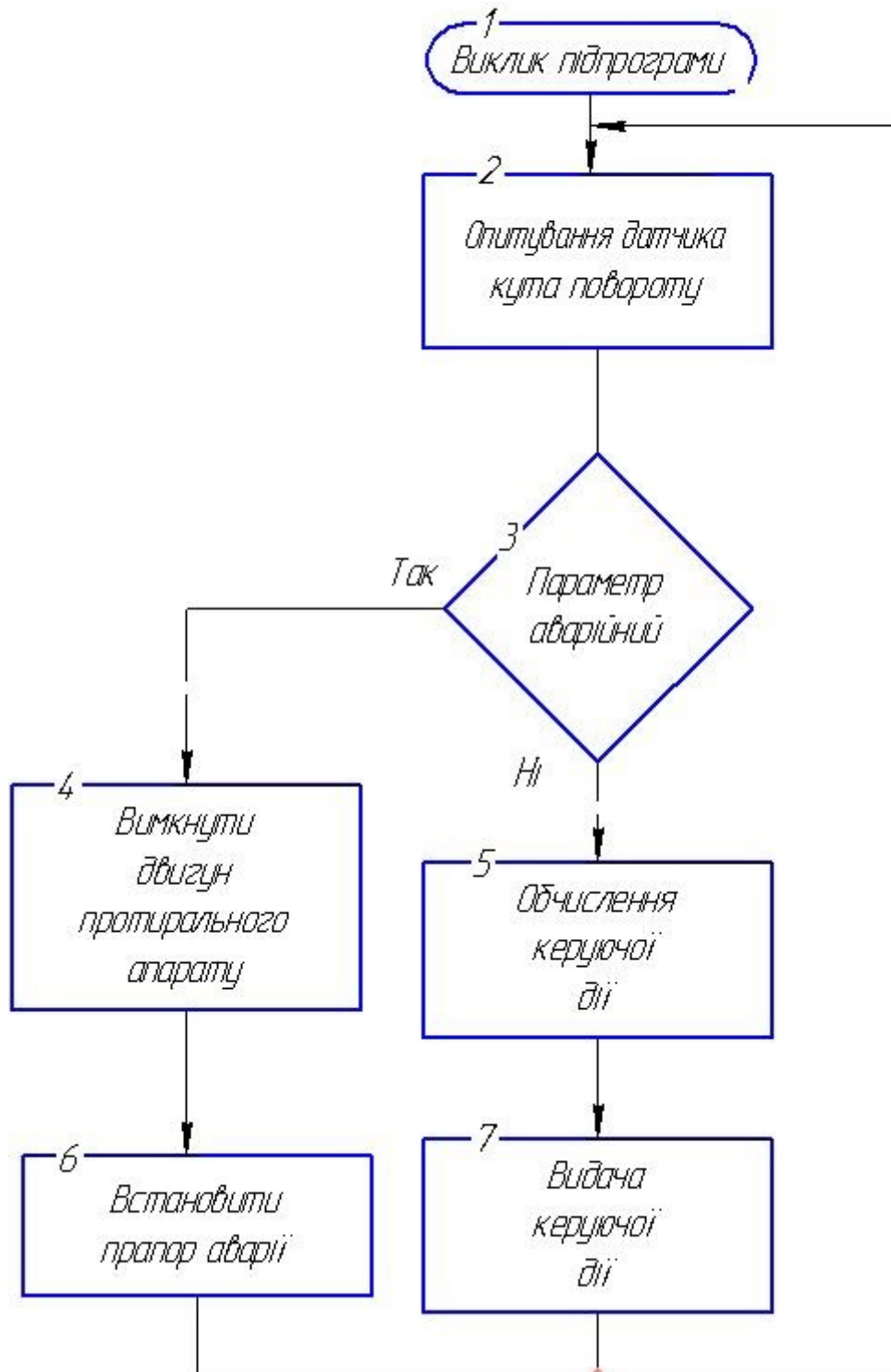


Рисунок 3.22 – Підпрограма управління протиральним апаратом

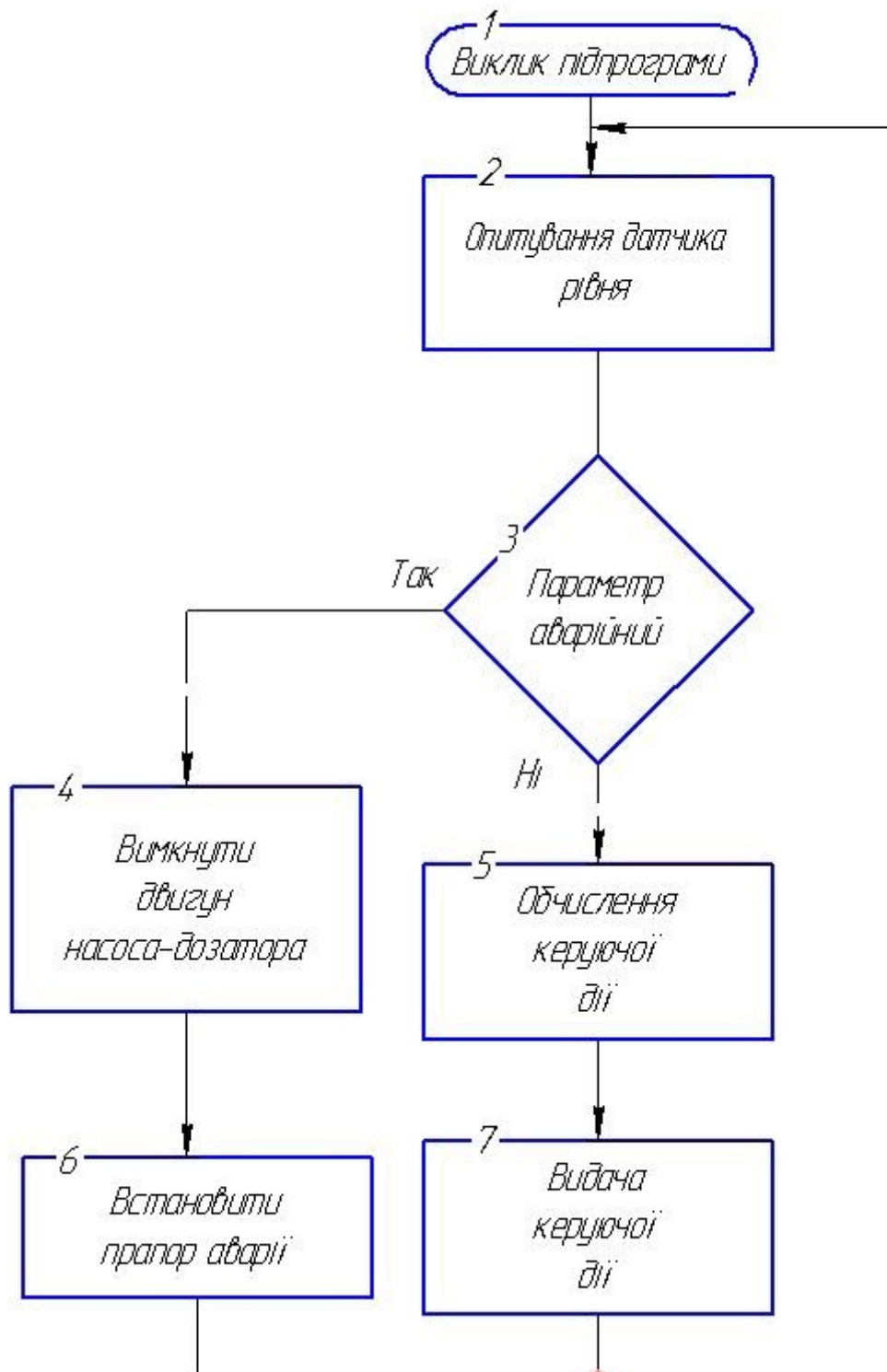


Рисунок 3.23 – Підпрограма управління контрольною ємністю

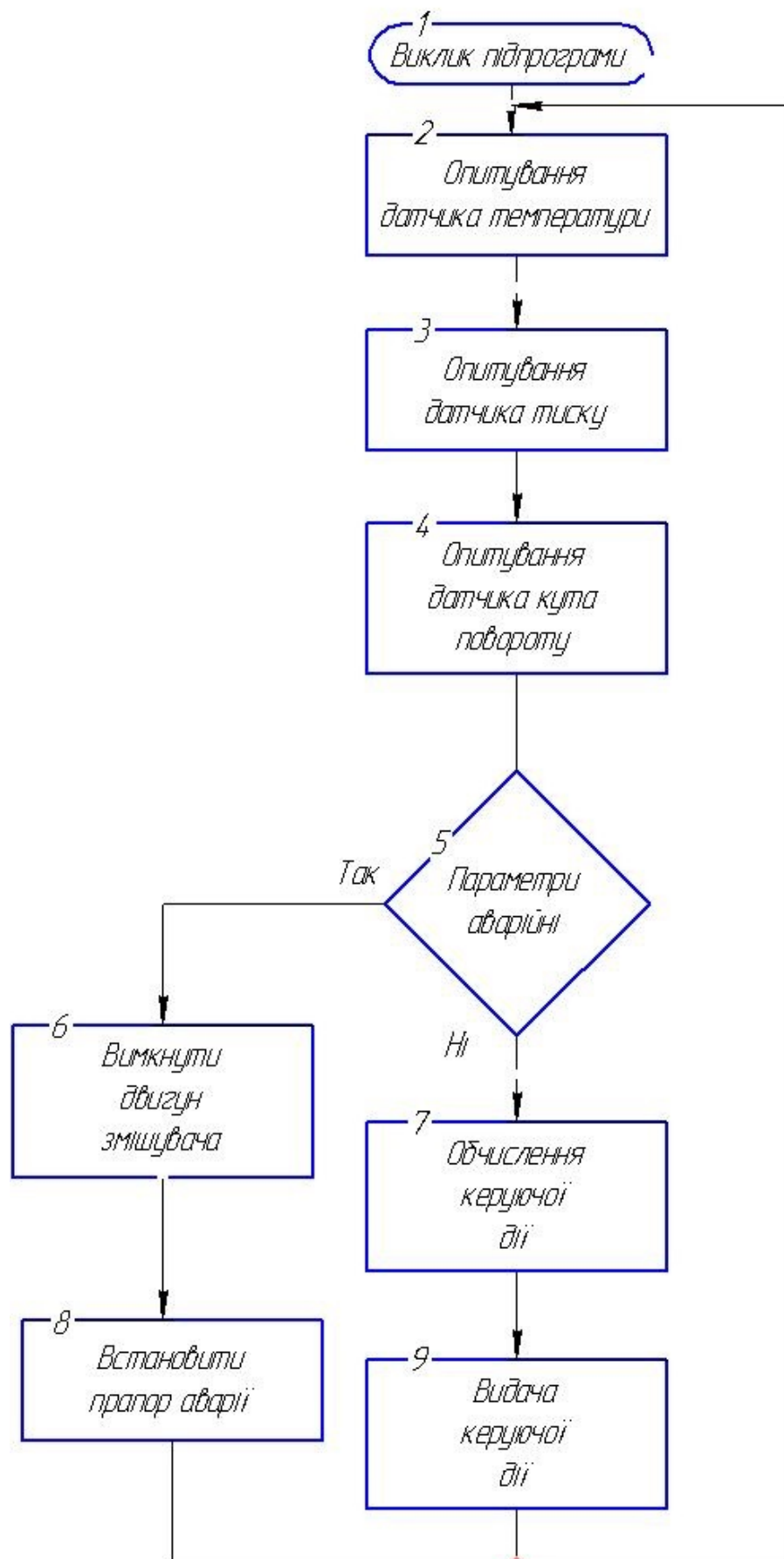


Рисунок 3.24 – Підпрограма управління змішувачем

Изм.	Лист	№ докум.	Підпись	Дата

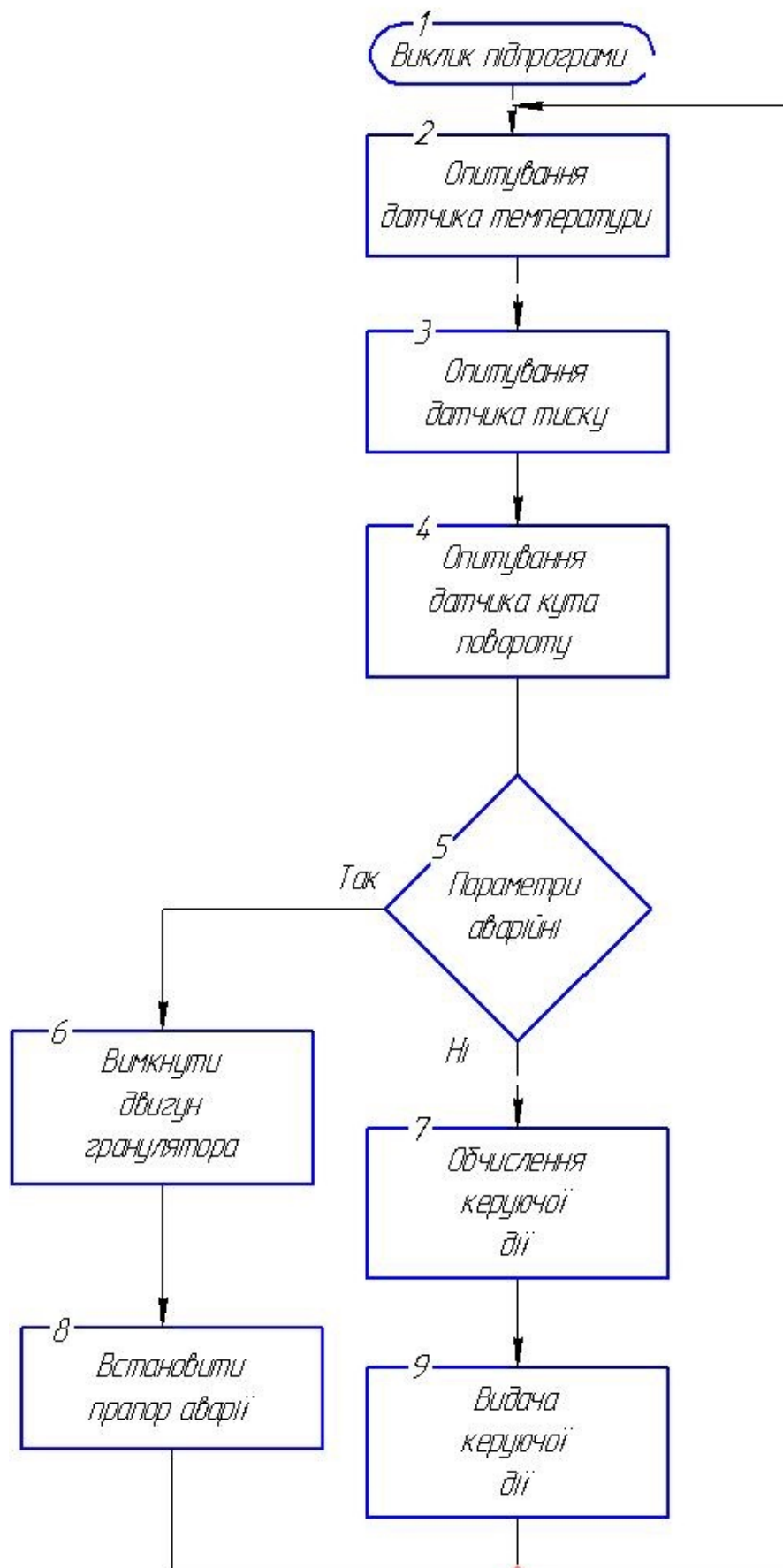


Рисунок 3.25 – Підпрограма управління гранулятором

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

4 РОЗРАХУНКОВА ЧАСТИНА

4.1 Опис об'єкту моделювання

Технологічний процес пластифікації та гранулювання маси продукту дуже складний і включає в себе багато різних операцій. Однією з ключових є операція змішування нітрату целюлози із розчином стабілізатора хімічної стійкості у змішувачі. Завантажувані компоненти повинні надходити на дану операцію 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.

Об'єкт моделювання являє (рис. 4.1) собою контур управління витратою нітрату целюлози у шнековому живильнику. Нітрат целюлози із шнекового живильника за допомогою шнеку з ворушителем надходить у протиральний апарат, який з'єднаний перехідником із завантажувальним люком змішувача. Шнековий живильник оснащений трифазним асинхронним двигуном з короткозамкненим ротором, що в даному випадку виступає безпосереднім об'єктом управління. Параметр управління – витрата нітрату целюлози у шнековому живильнику, яка має дорівнювати 85 кг/год.

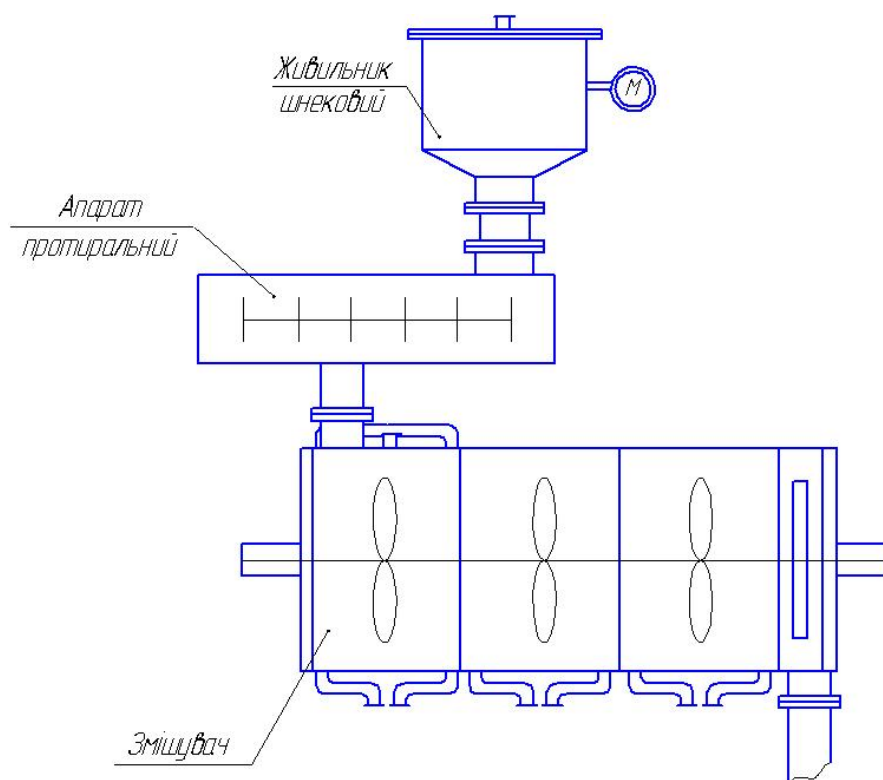


Рисунок 4.1 – Функціональна схема об'єкту моделювання

					СУзм-61Ш.6.015101.06.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		47

Вимоги до якості регулювання об'єкта управління:

- час перехідного процесу ≤ 25 с;
- перерегулювання ≤ 35 %;
- ступінь затухання перехідного процесу $\Psi = 0,9$.

4.2 Отримання математичного опису об'єкта управління на основі експериментальних даних

Отримаємо передаточну функцію об'єкта управління на основі апроксимації кривої розгону (рис. 4.2), отриманої експериментальним шляхом на даному об'єкті управління, з використанням методу площ (Сімою).

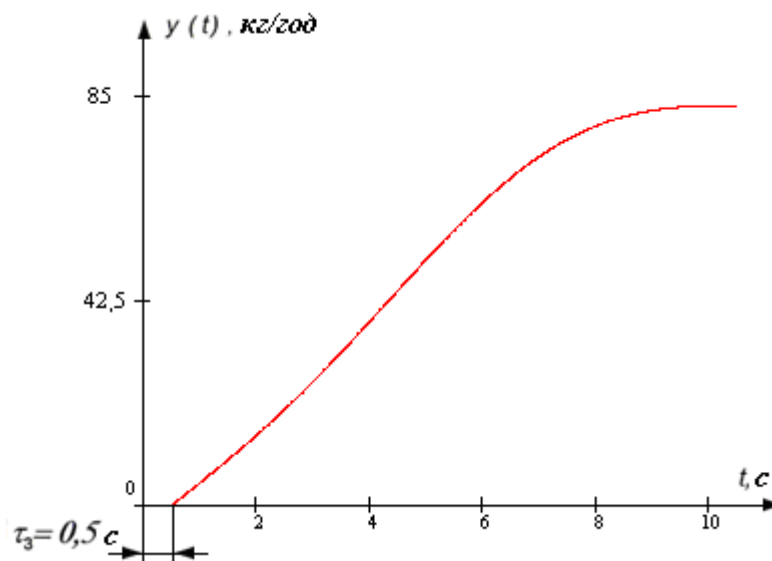


Рисунок 4.2 – Крива розгону об'єкта управління

Виконуємо нормування кривої розгону. Для цього з ординат ненормованої кривої розгону формуємо вектор-рядок початкових даних

$$y(t) = (0; 6,8; 10,2; 17; 23,8; 30,6; 42,5; 47,6; 54,4; 57,8; 64,6; 68; 71,4; 73,1; 74,8; 76,5; 77,86; 81,94; 82,28; 84,66; 85)$$

Отриманий вектор-рядок ділимо на 85, і отримуємо новий вектор-рядок $y_1(t)$

$$y_1(t) = (0; 0,08; 0,12; 0,2; 0,28; 0,36; 0,5; 0,56; 0,64; 0,68; 0,76; 0,8; 0,84; 0,86; 0,88; 0,9; 0,916; 0,964; 0,968; 0,996; 1)$$

Нормована крива розгону зображена на рис. 4.3.

					СУзм-61Ш.6.015101.06.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		48

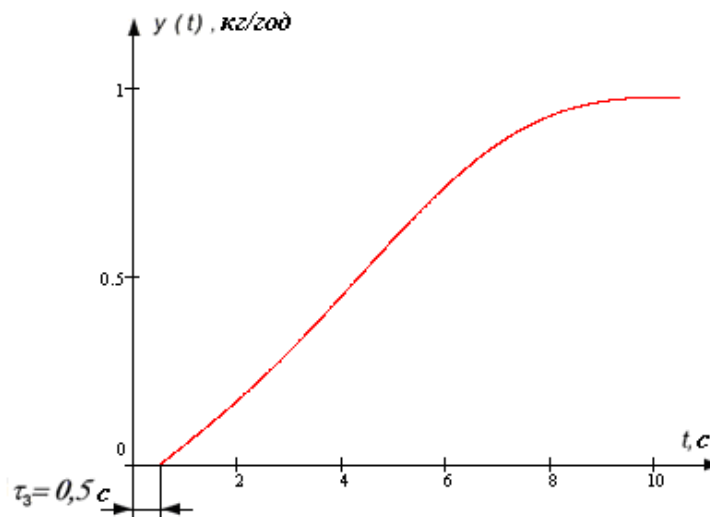


Рисунок 4.3 - Нормована крива розгону об'єкту управління

Транспонуємо вектор-рядок у вектор-стовпчик та задаємо розмірність вектору N за допомогою математичного пакету MathCad

$$h := (y)^T$$

$$N := 20$$

Задаємо крок розрахунку за часом $\Delta t = 0.5$ та встановлюємо значення коефіцієнта $S_0 = 0$ для забезпечення можливості автоматизації розрахунків.

Для розрахунку інтеграла виразу

$$u(S, i, k) := \left[(1 - h_i) \cdot \left[\sum_{j=0}^{k-1} S_{k-1-j} \cdot \frac{(-1 \cdot i \cdot \Delta t)^j}{j!} + \frac{(-1 \cdot i \cdot \Delta t)^{k-1}}{(k-1)!} \right] \right] \quad (4.1)$$

використовуємо числовий метод інтегрування (метод трапецій). Для розрахунку необхідної кількості коефіцієнтів S_k організуємо з допомогою ранжированої змінної ($k=1..5$) циклічний розрахунок інтегралів вищенаведеного виду

$$S_k = \Delta t \cdot \left[\sum_{i=1}^{N-1} u(S, i, k) + \frac{(u(S, 0, k) + u(S, N, k))}{2} \right], \quad (4.2)$$

де k - номер коефіцієнта S_k , який розраховується;

i - номер кроку розрахунку за часом.

Розраховуємо перші 5 коефіцієнтів S

$$S_1 = 3.598$$

$$S_2 = 3.664$$

$$S_3 = -0.695$$

$$S_4 = -0.9$$

$$S_5 = 3.07$$

Оскільки коефіцієнт S_3 від'ємний, то для розрахунків обмежимося першими двома, які відповідають коефіцієнтам передаточної функції a_1 та a_2

$$a_1 = S_1 = 3.598$$

$$a_2 = S_2 = 3.664$$

З графіку на рис. 4.3 бачимо, що постійна запізнювання $\tau_3=0,5$ (с).

Коефіцієнт підсилення K визначаємо за формулою

$$K = \frac{Y_{уст}}{X}, \quad (4.3)$$

де $Y_{уст}$ – установлене значення вихідного параметру;

X - значення вхідної величини (керуючого сигналу).

У нашому випадку $Y_{уст} = 1$ кг/год (див. рис. 4.3), $X = 1$ кгс/см² (одинична ступінчата вхідна дія)

$$K = \frac{1 \text{ кг} / \text{год}}{1 \text{ кгс} / \text{см}^2} = 1 \text{ кг} \cdot \text{см}^2 / \text{кгс} \cdot \text{год}.$$

Таким чином, передаточна функція може бути представлена у вигляді

$$W(s) = \frac{K \cdot e^{-\tau s}}{a_2 s^2 + a_1 s + 1} = \frac{e^{-0.5s}}{3.664 \cdot s^2 + 3.598 \cdot s + 1} \quad (4.4)$$

4.3 Перевірка адекватності моделі методом Фішера

Змодельємо об'єкт управління за його передаточною функцією (4.4) у MatLab (Simulink). Схема моделі зображена на рис. 4.4.

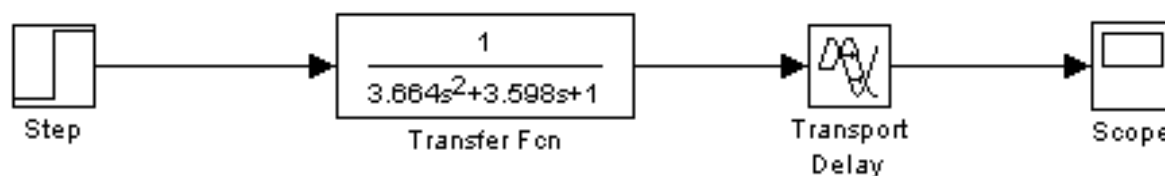


Рисунок 4.4 – Схема моделі досліджуваного об'єкта

Запускаємо процес моделювання і отримуємо криву розгону (рис. 4.5).

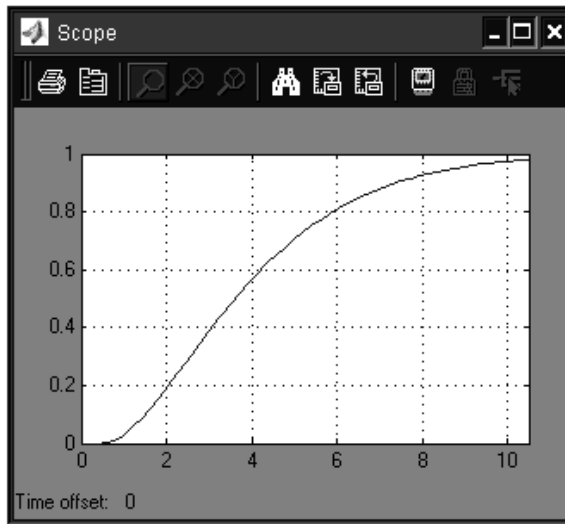


Рисунок 4.5 – Крива розгону об’єкту управління, отримана у MatLab (Simulink)

Отримані крива майже співпадає з аналогічною з попереднього пункту (рис. 4.3), а отже, моделювання виконано правильно.

Аналізуючи перехідний процес, одержуємо такі показники якості:

а) час перехідного процесу:

$$t_p = 8,73 \text{ с};$$

б) перерегулювання:

$$\sigma = \frac{h_{\max}(t) - h_{уст}(t)}{h_{уст}(t)} = \frac{1-1}{1} \cdot 100\% = 0\% \quad (4.5)$$

Область зміни t ділимо на 10 інтервалів. Визначаємо середнє значення для 10-ти точок на експериментальній кривій розгону (рис. 4.3), рівномірно розподілених по кривій і 10-ти точок при тих же моментах часу на кривій розгону, отриманої в MatLab (рис.4.5).

Для цих точок визначаємо мат. очікування (середнє значення \bar{Y}) за формулою

$$\bar{Y}_{Y1} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_{1i} \quad (4.6-a)$$

$$\bar{Y}_{Y2} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_{2i} \quad (4.6-b)$$

де \bar{Y}_{Y1} - мат. очікування, отримане для експериментальної кривої розгону (рис. 4.3),

\bar{Y}_{Y2} - мат. очікування, отримане для теоретичної кривої розгону (рис. 4.5).

$$\bar{Y}_{Y1} = \frac{0,08 + 0,2 + 0,36 + 0,56 + 0,68 + 0,8 + 0,86 + 0,9 + 0,964 + 0,996}{10} = 0,64$$

$$\bar{Y}_{Y2} = \frac{0,06 + 0,18 + 0,34 + 0,53 + 0,65 + 0,78 + 0,84 + 0,89 + 0,96 + 0,97}{10} = 0,62$$

Визначаємо оцінку дисперсії середнього для кожної вибірки

$$S_{Y1} = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (\overline{Y}_{Y1} - y_i)^2 \quad (4.7-a)$$

$$S_{Y2} = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (\overline{Y}_{Y2} - y_i)^2 \quad (4.7-б)$$

$$S_{Y1} = \frac{(0,64-0,08)^2 + (0,64-0,2)^2 + (0,64-0,36)^2 + (0,64-0,56)^2 + (0,64-0,68)^2 + (0,64-0,8)^2 + (0,64-0,86)^2 + (0,64-0,9)^2 + (0,64-0,964)^2 + (0,64-0,996)^2}{10} = 0,107$$

$$S_{Y2} = \frac{(0,62-0,06)^2 + (0,62-0,18)^2 + (0,62-0,34)^2 + (0,62-0,53)^2 + (0,62-0,65)^2 + (0,62-0,78)^2 + (0,62-0,84)^2 + (0,62-0,89)^2 + (0,62-0,96)^2 + (0,62-0,97)^2}{10} = 0,109$$

Визначаємо відношення оцінок дисперсій, причому більша з отриманих оцінок дисперсій ділиться на меншу

$$\frac{S_{Y_{\text{більша}}}}{S_{Y_{\text{менша}}}} \quad (4.8)$$

$$\frac{S_{Y_{\text{більша}}}}{S_{Y_{\text{менша}}}} = \frac{0,109}{0,107} = 1,02$$

Порівнюючи отримане значення зі значенням критерію Фішера $F_{0,95,10,10} = 2,98$, робимо висновок, що отримана модель адекватна об'єкту управління, так як $1,02 < 2,98$.

4.4 Синтез оптимального регулятора методом розширених частотних характеристик (методом Дуднікова)

Обираємо ПД-регулятор, так як модель об'єкту управління являє собою аперіодичну ланку другого порядку із запізнюванням [8-9].

АФЧХ об'єкту керування $W_0(\omega)$ в залежності від значення показника степені коливання $m = 0,336$, який пов'язаний з заданим показником степені загасання перехідного процесу ψ виразом $\psi = 1 - e^{-2\pi m}$, частоти ω та параметрів об'єкту управління. Для цього виконуємо формальну заміну $p = \omega \cdot (j - m)$

$$W_0(m, \omega) = \frac{e^{-0,5\omega(j-m)}}{3,664 \cdot (\omega \cdot (j-m))^2 + 3,598 \cdot \omega \cdot (j-m) + 1} \quad (4.9-a)$$

$$W_0(m, \omega) = - \frac{e^{(0,168-0,5j)\omega} \cdot [(12390 - 9390 \cdot j) \cdot \omega^2 + (4610 + 13720 \cdot j) \cdot \omega - 3815]}{12680 \cdot \omega^4 - 7520 \cdot \omega^3 + 6030 \cdot \omega^2 - 1845 \cdot \omega + 763} \quad (4.9-б)$$

Отримуємо вираз для розширеної АФЧХ ПД-регулятора $W_{\text{ПД}}(k_0, k_1, k_2, \omega)$ в залежності від показника степені коливання m , частоти ω та параметрів настроювань регулятора k_0, k_1 та k_2 .

Розширена АФЧХ ПІД-регулятора з трьома незалежними параметрами настроювання, яка описується передаточною функцією $W_{\text{ПІД}}(p) = k_1 + \frac{k_0}{p} + k_2 \cdot p$ [10], відома з літературних джерел

$$W_{\text{ПІД}}(k_0, k_1, k_2, \omega) = \frac{\sqrt{(K_2 \cdot \omega^2 + m \cdot \omega \cdot K_1 - K_2 \cdot m^2 \cdot \omega^2 - K_0)^2 + (\omega \cdot K_1 - 2 \cdot K_2 \cdot m \cdot \omega^2)^2}}{\omega \cdot \sqrt{m^2 + 1}} \quad (4.10)$$

Складаємо рівняння балансу амплітуд та фаз

$$A_{\text{ПІД}}(k_0, k_1, k_2, m, \omega) = \frac{1}{A_0(m, \omega)} \quad (4.11-a)$$

$$\Psi_{\text{ПІД}}(k_0, k_1, k_2, m, \omega) = \Psi_0(m, \omega) \quad (4.11-b)$$

Для визначення параметрів настройки ПІД-регулятора k_0 , k_1 та k_2 використовуємо співвідношення

$$\text{Re}(W_p(m, j\omega)) = \text{Re}(W_0^*(m, j\omega)) \quad (4.12-a)$$

$$\text{Im}(W_p(m, j\omega)) = \text{Im}(W_0^*(m, j\omega)) \quad (4.12-b)$$

де $W_0^*(m, j\omega)$ - обернена (інверсна) розширена АФЧХ.

Таким чином, представивши вираз розширеної АФЧХ ПІД-регулятора $W_{\text{ПІД}}(k_0, k_1, k_2, \omega)$ в алгебраїчній формі та підставивши його у вищенаведений вираз (4.6), отримаємо параметричне вираження рівняння лінії рівного загасання (ЛРЗ) як функції частоти

$$k_0(m, \omega, k_2) = -(m^2 + 1) \cdot IW(m, \omega) \cdot \omega + k_2 \cdot \omega^3 \cdot (m^2 + 1) \quad (4.13-a)$$

$$k_1(m, \omega, k_2) = RW(m, \omega) + k_2 \cdot \omega \cdot m + \frac{1}{\omega} \cdot \frac{m}{(m^2 + 1)} \cdot [-(m^2 + 1) \cdot IW(m, \omega) \cdot \omega + k_2 \cdot \omega^3 \cdot (m^2 + 1)] \quad (4.13-b)$$

Для ПІД-регулятора будуюмо декілька ЛРЗ при фіксованих значеннях параметру $k_2 = 0, 0.1, 0.2$ (рис. 4.6). Розглядаємо тільки ті їх ділянки, які перший раз проходять через перший квадрант у діапазоні робочих частот $\omega_{p0} \leq \omega \leq \omega_{p1}$ і відповідають додатним значенням параметрів налаштування регулятора, тобто від'ємному зворотному зв'язку.

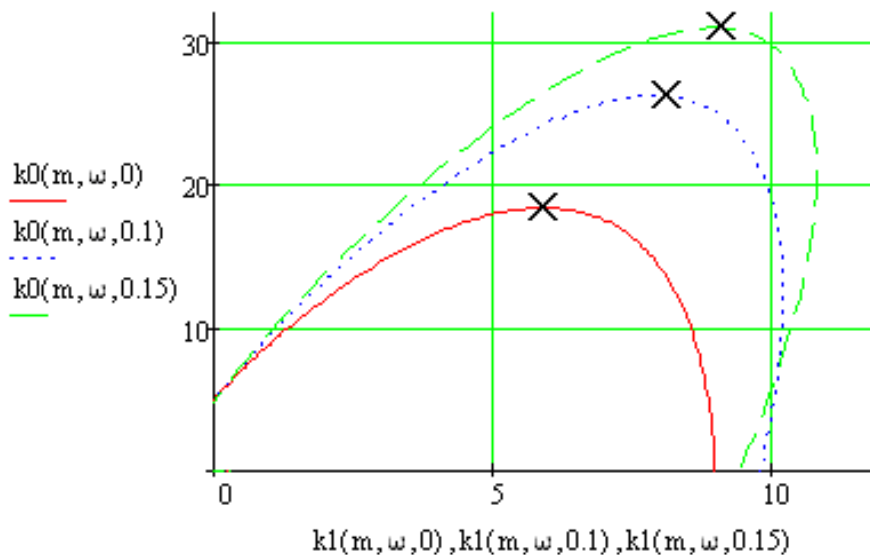


Рисунок 4.6 – Лінії рівного загасання у робочому діапазоні частот

За графіком ЛРЗ (рис. 4.6) та за допомогою розрахунків у MathCad встановлюємо, що діапазон робочих частот для $k_2=0$ складає $0 \text{ Гц} \leq \omega \leq 5,831 \text{ Гц}$, для $k_2=0,1$ - $0 \text{ Гц} \leq \omega \leq 3,555 \text{ Гц}$ і для $k_2=0,15$ - $0 \text{ Гц} \leq \omega \leq 3,106 \text{ Гц}$.

Визначаємо частоту, яка відповідає робочій точці за частотою, що відповідає вершині ЛРЗ ω_0 , з виразу

$$\omega_p = 1,2 \cdot \omega_0 \quad (4.14)$$

$$\omega_{p1} = 1,2 \cdot 21,03 = 25,24;$$

$$\omega_{p2} = 1,2 \cdot 16,63 = 19,96;$$

$$\omega_{p3} = 1,2 \cdot 12,23 = 14,68.$$

Використовуючи графік ЛРЗ (рис. 4.5), визначаємо налаштування регулятора ПД-регулятора, які заносимо у таблицю 4.1.

Таблиця 4.1 – Налаштування ПД-регулятора

№	k_0	k_1	k_2
1	18,68	5,96	0
2	26,57	8,21	0,1
3	31,23	8,82	0,15

Запишемо перехідну функцію регулятора $W_{\text{під}}(s)$

$$W_{\text{під1}}(s) = 5,96 + \frac{18,68}{s}; \quad (4.15-a)$$

$$W_{\text{під2}}(s) = 8,21 + \frac{26,57}{s} + 0,1 \cdot s; \quad (4.15-б)$$

$$W_{\text{під3}}(s) = 8,82 + \frac{31,23}{s} + 0,15 \cdot s. \quad (4.15-в)$$

та перехідну функцію розімкненої системи управління з регулятором $W_p(s)$

$$W_p(s) = W_{\text{під}}(s) \cdot W_o(s) \quad (4.16)$$

Використовуючи вираз передаточної функції скоригованої розімкненої системи (4.16), одержуємо перехідну характеристику замкненої системи (рис. 4.7). Для цього використаємо математичний пакет MathCad.

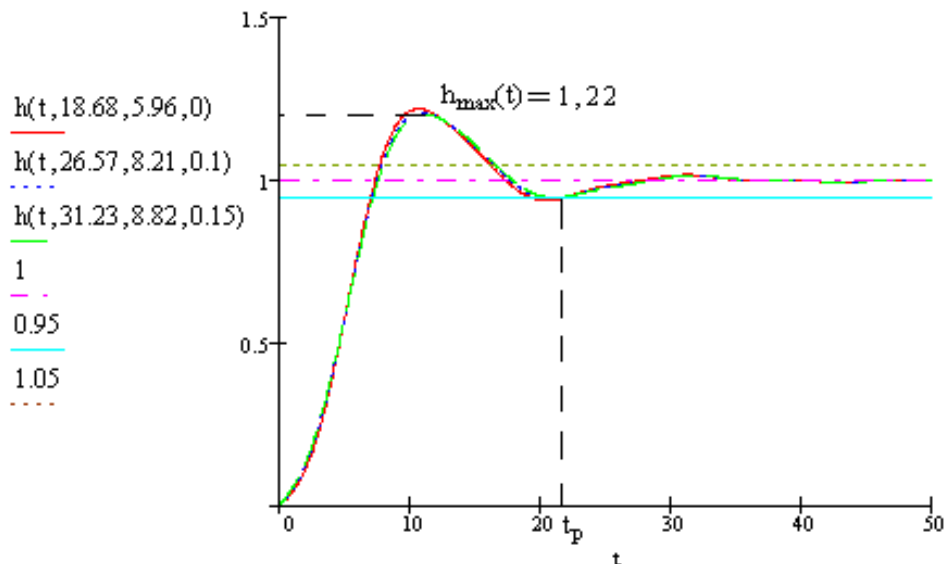


Рисунок 4.7 – Перехідний процес у скоригованій системі

Характеристики (рис.4.7) мають приблизно однаковий вигляд, але друга крива вказує на кращі показники якості, тому вибираємо регулятор (4.15-б).

Аналізуючи перехідний процес, одержуємо такі показники якості:

а) час перехідного процесу:

$$t_p = 21,45 \text{ с};$$

б) перерегулювання:

$$\sigma = \frac{h_{\text{max}}(t) - h_{\text{уст}}(t)}{h_{\text{уст}}(t)} = \frac{1,22 - 1}{1} \cdot 100\% = 22 \%$$

Отримані показники якості перехідного процесу задовольняють заданим показникам, а значить, синтез виконано успішно.

4.5 Моделювання системи управління у математичному пакеті MatLab (Simulink)

Схема моделювання системи управління у математичному пакеті MatLab (Simulink) представлена на рис. 4.8.

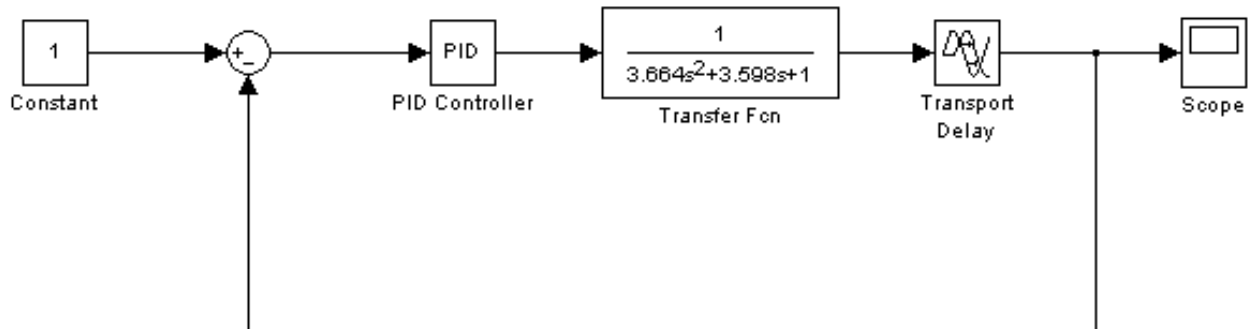


Рисунок 4.8 - Схема моделювання системи управління

Перехідний процес у даній системі має вигляд, зображений на рис. 4.9.

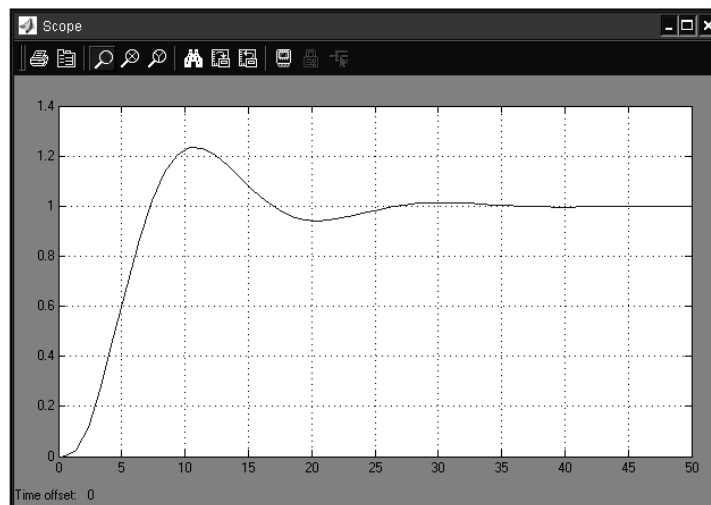


Рисунок 4.9 – Перехідний процес у системі

Аналізуючи перехідний процес, одержуємо такі показники якості:

а) час перехідного процесу:

$$t_p = 22,05 \text{ с;}$$

б) перерегулювання:

$$\sigma = \frac{h_{max}(t) - h_{уст}(t)}{h_{уст}(t)} = \frac{1,23 - 1}{1} \cdot 100\% = 23\%$$

Отримані показники співпадають з аналогічними з попереднього пункту, а отже, моделювання виконано правильно.

4.6 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 сузи перешкод: $f_k=60$ кГц;
- максимальне загасання у смузі пропускання: $a_x=3$ дБ;
- мінімальне загасання у смузі перешкод: $a_k=58$ дБ.

За значеннями $a_x=3$ дБ та $a_k=58$ дБ, а також коефіцієнта нормування $\Omega= f_k/f_x=60/15=4$ визначимо порядок фільтру за номограмою, зображеною на рис. 4.10. Отримуємо порядок фільтру $n=3$.

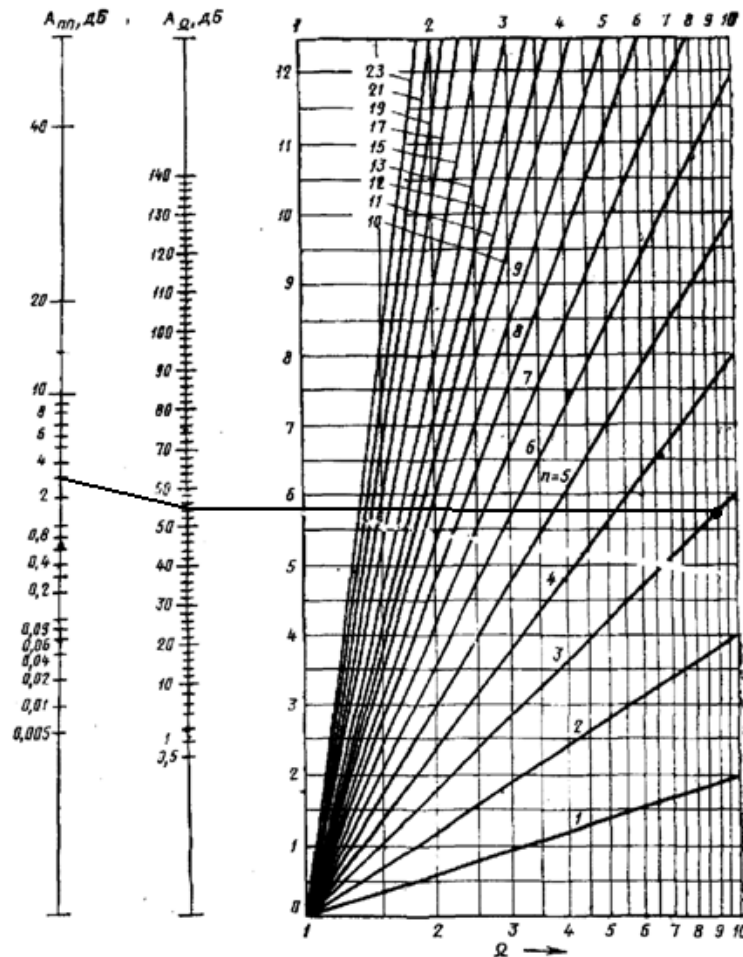


Рисунок 4.10 – Номограма для визначення порядку максимально плоскої (баттервортівської) функції

Визначаємо основні співвідношення, що пов'язують апроксимації АЧХ

$$\varepsilon_p = \sqrt{10^{a_x/10} - 1} = 0,99; \quad \varepsilon_\theta = \sqrt{10^{a_k/10} - 1} = 79,34;$$

$$k = \frac{f_x}{f_k} = 0,25; \quad k_1 = \frac{\varepsilon_p}{\varepsilon_\theta} = 0,012.$$

Передаточна функція ФНЦ Баттерворта має вигляд

$$H(s) = \frac{1}{\varepsilon_p (s + \alpha)^r \cdot \prod_{n=1}^L (s^2 + 2 \cdot \alpha \cdot \sin(\theta_n) \cdot s + \alpha^2)}, \quad (4.17)$$

де порядок фільтра $n=2L+r$. Так як $n=3$, то $L=1$ і $r=1$.

Розраховуємо значення α

$$\alpha = \frac{1}{\sqrt[3]{\varepsilon_p}} = \frac{1}{\sqrt[3]{0,99}} = 1,003 \quad (4.18)$$

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

$$\theta_i = \frac{2 \cdot i - 1}{2 \cdot n} \pi = \frac{2 \cdot 1 - 1}{2 \cdot 3} \pi = \frac{\pi}{6}, \quad \sin(\theta_1) = 0,5 \quad (4.19)$$

Таким чином передаточна функція фільтра має вигляд

$$H(s) = \frac{1}{0,99 \cdot (s + 1,003) \cdot (s^2 + 1,003s + 1,003^2)} = \frac{1}{s^3 + 2s^2 + 2s + 1} \quad (4.20)$$

Для моделювання роботи системи скористаємося програмою VisSim [11], де збираємо схему, що зображена на рис. 4.11.

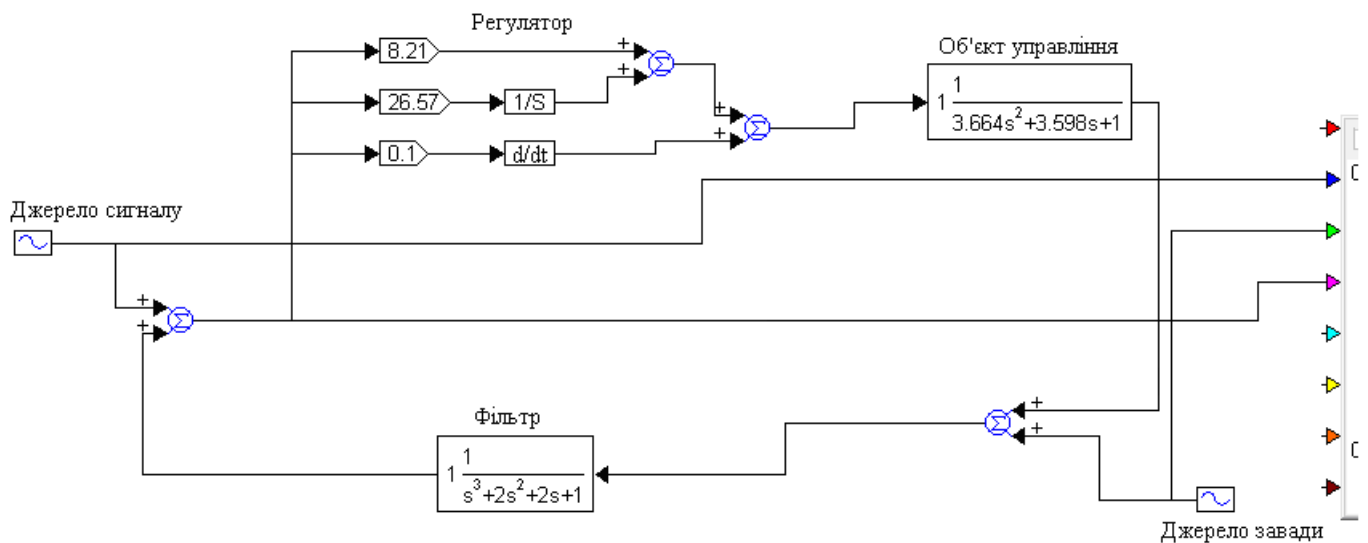


Рисунок 4.11 – Модель системи для дослідження фільтра

Осцилограми, отримані в результаті моделювання, представлені на рис. 4.12.

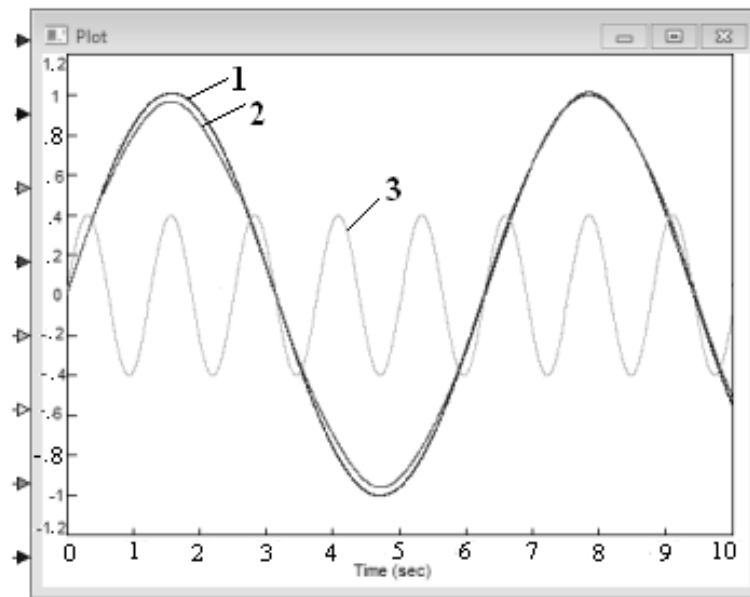


Рисунок 4.12 – Результати моделювання:
а) вхідний сигнал; б) вихідний сигнал; в) завада

За осцилограмою, що представлена на рис. 4.12, видно, що фільтр повністю прибирає складову завади, але при цьому вносить зсув за фазою.

Даний фільтр можна реалізувати за допомогою схеми, зображеної на рис. 4.13 (RC-ланцюжка).

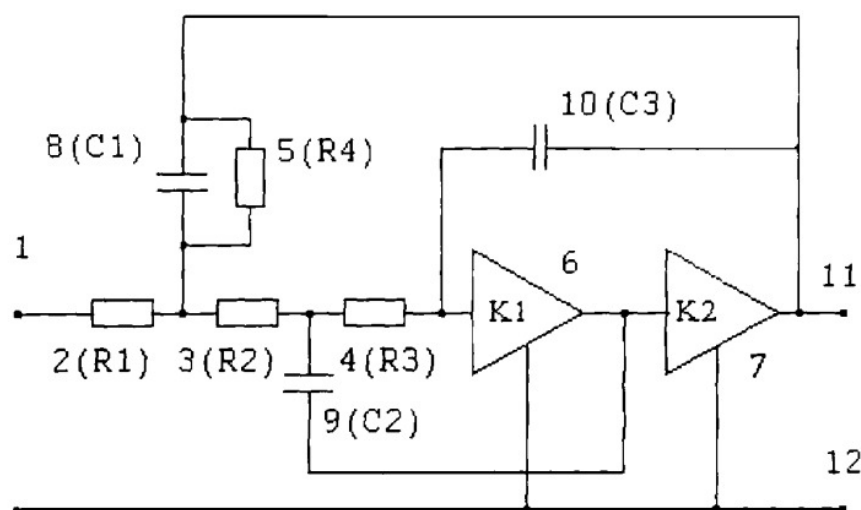


Рисунок 4.13 - Фільтр нижніх частот Баттерворта третього порядку

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.

					СУзм-61Ш.6.015101.06.ПЗ	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		60

ВИСНОВКИ

На основі завдання кафедри розроблено інформаційне і технічне забезпечення системи автоматизації.

Система являє собою 3-х рівневу АСУ ТП, до складу якої входять:

- датчики, встановлені безпосередньо на технологічному обладнанні;
- виконавчі органи, які відпрацьовують отриману від контролера дію;
- контролер, який виконує первинну обробку даних, отриманих від датчиків, видає керуючу дію для регулюючих органів, а також виступає з'єднувальною ланкою між об'єктом управління і АРМ;
- автоматизоване робоче місце (АРМ), до складу якого входить IBM PC комп'ютер із встановленою операційною системою Windows XP, процесором Intel Pentium 4, ОЗП 512МВ.

Використання сучасних методів управління технологічним процесом, а також новітніх технічних засобів автоматизації дало можливість реалізувати якісно нову технологію управління і підвищило ефективність виробництва, що призвело до:

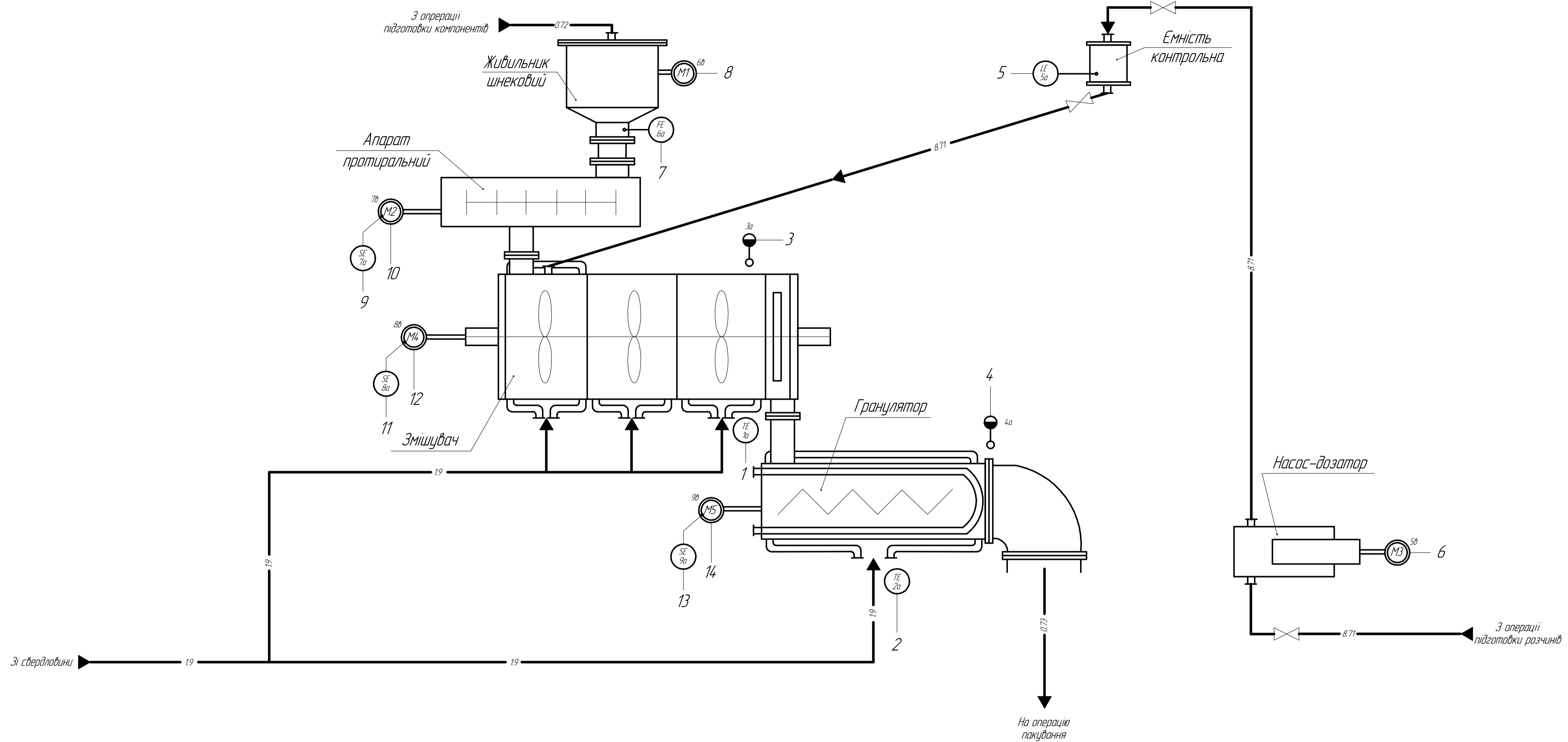
- підвищення якості продукції, що випускається;
- зниженню витрат сировинних та енергетичних ресурсів за деяким статтями витрат на ТП;
- підвищення об'єму продукції, що випускається;
- скорочення простоїв через несправності;
- збільшення міжремонтних термінів роботи обладнання;
- використовувати мінімальну кількість робітників, необхідних для підтримання ТП у робочому стані і ліквідації аварійних ситуацій.

					СУзм-61Ш.6.015101.06.ПЗ	Лист
						61
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	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. Ключев, Б.В. Глазов, А.Х. Дубровский, С.А. Ключев. -М.: Энергоатомиздат, 1990. - 464 с.
5. Сайт компании «Овен»: www.owen.ru.
6. Сайт компании SIEMENS: www.siemens.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. Сольницев 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.

					СУзм-61Ш.6.015101.06.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		62



Умовні позначення потоків

- 0.72 — Нітрат целюлози
- 0.73 — Порохова маса
- 1.9 — Вода охолоджена
- 8.71 — Розчин стабілізатора хімічної стійкості

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Прилад за місцем	УСО	PI 15	PI 25	PI 35	PI 45	SCY 55	SCY 65	SCY 75	SCY 85	SCY 95					
	AI														
	DI														
	AO														
Прилад на щиті	МК														
	ЩР														
	Панель опера-тора														
	Сигналізація														

				Схем-61Ш.6.015101.06.А2			Лист	Масштаб
Изм.	Лист	№ док.	Подп.	Дата	Автоматизація технологічного процесу пластифікації та гранулювання маси продукції			1:1
Розроб.	Худяков Р.В.				Функціональна схема автоматизації			
Проб.	Худяков Г.М.				Лист	Листів	1	
Т.контр.								
Н.контр.								
Утв.	Худяков Г.М.				ШІ СумДУ			
				г.р. Схем-61Ш			Формат	A1

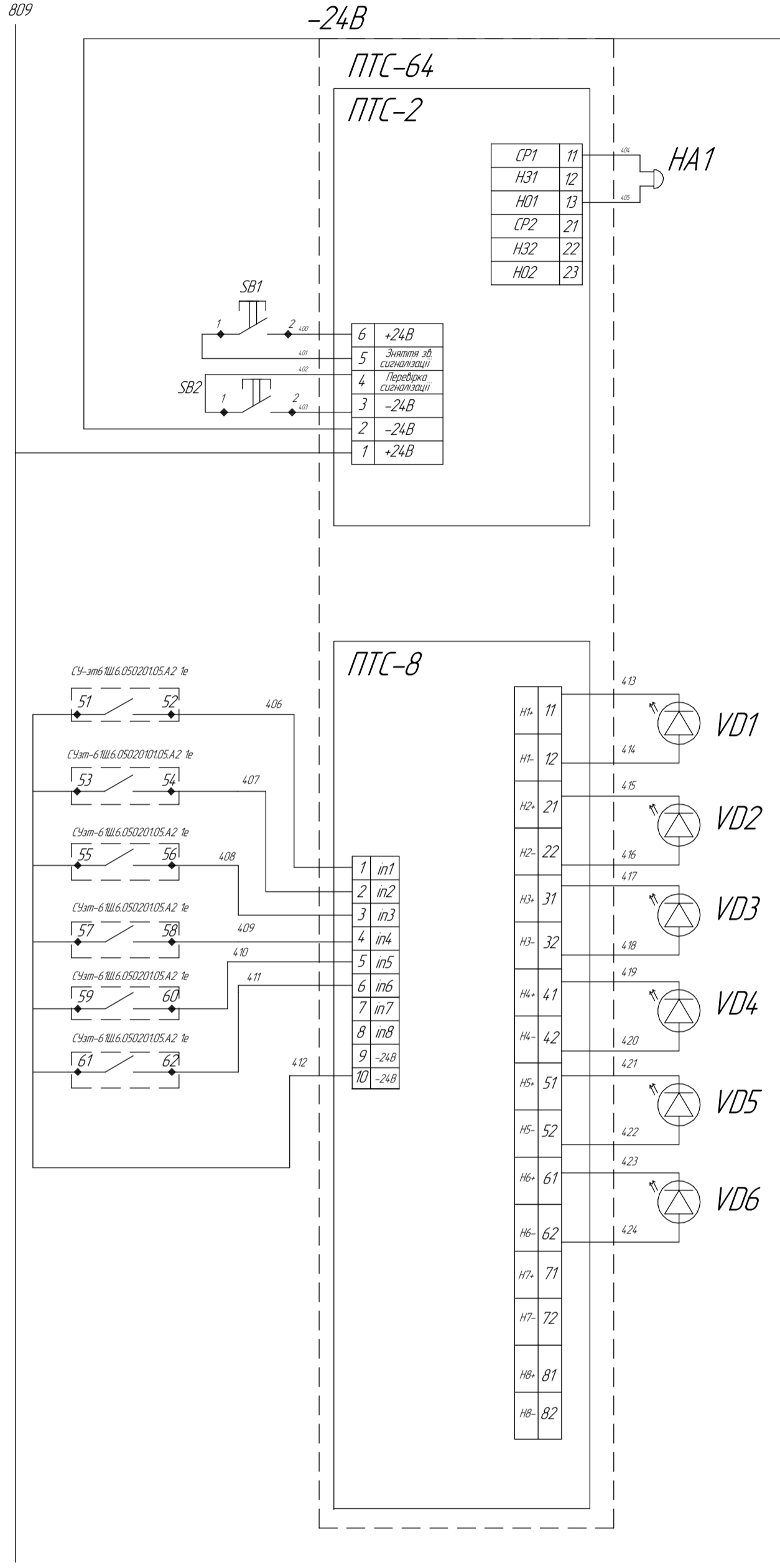
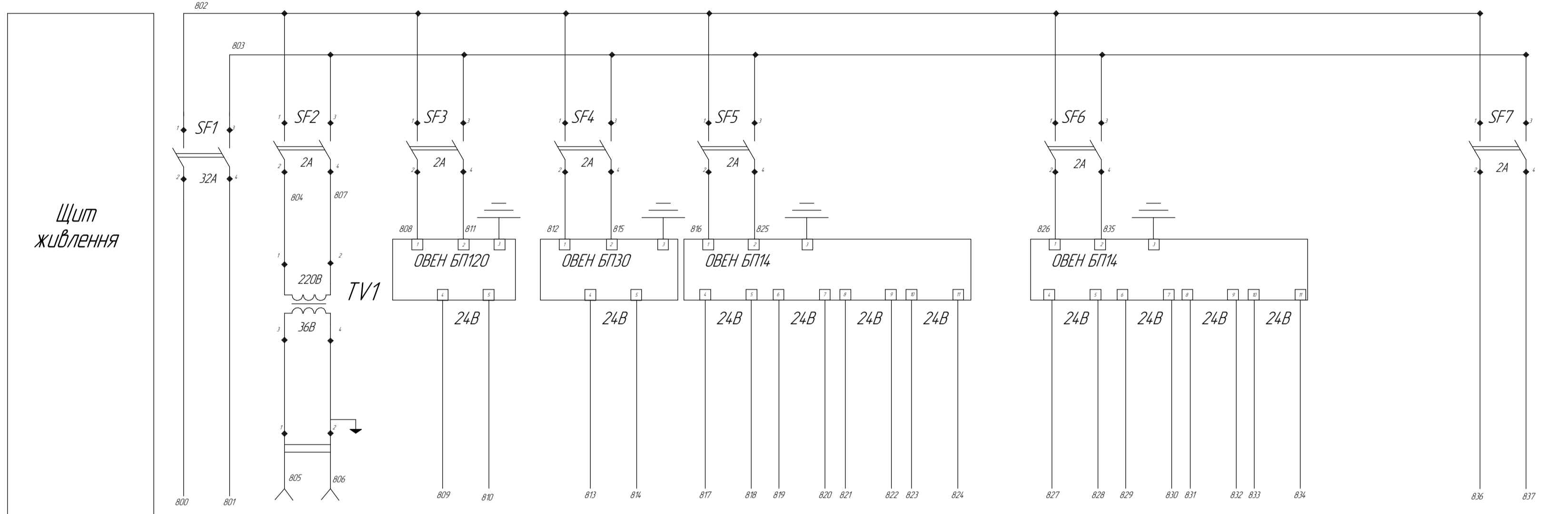


СХЕМА СИГНАЛІЗАЦІЇ

810

Звукова сигналізація
Кнопка зняття узагальноної сигналізації
Опробування звукової та світлової сигналізації
Підвищення температури охолоджувальної води у сарочці змішувача
Підвищення температури охолоджувальної води у сарочці гранулятора
Підвищення тиску у третій секції змішувача
Підвищення тиску у голівці гранулятора
Перевищення рівня розчину стабілізатора хімічної стійкості у контрольній ємності
Перевищення витрати целюлози у шнековому живильнику



Позиція	XS1	Схема сигналізації	1б	1а	2а	3а	4а	5а	7а	8а	9а	6а
Тип	Ввід робочий	Розетка штепсельна	SIEMENS SIMATIC S7-1200	ОВЕН ДПЛ	ОВЕН ДПЛ	ОВЕН ДП100-ДИ	ОВЕН ДП100-ДИ	ОВЕН ДП4-И	Autonics ENC-1	Autonics ENC-1	Autonics ENC-1	SIEMENS SITRANS F S MASS 2100
Напруга, В	220	36	24	24	24	24	24	24	24	24	24	220
Потужність, Вт, мА	1500	100	80	10	0,8	0,8	0,8	0,8	1	1	1	5
Місце встановлення	щит №1	щит №1	щит №1	щит №1	за місцем	за місцем	за місцем	за місцем	за місцем	за місцем	за місцем	за місцем

Позиція	Позначення	Кількість	Примітка
SF1	Автоматичний вимикач ВА-2001, кількість полюсів 2 Іном=32А, Уном=220/380В	1	
SF2-SF7	Автоматичний вимикач ВА-2001, Іном=2А, Уном=220В	6	
VD1-VD6	Лампа сигнальна світлодіодна, колір червоний Рном=2,6Вт Іном=24В, ступінь захисту ІР67, ВЛМ2ТЛ224	6	
TV1	Трансформатор понижуючий ОСМ1-0,1, U1=220В, U2=36В P=320Вт	1	
SB1-SB2	Кнопка з підсвіткою червона 100тА, Уном=24В ВЛМ2Т ОЛ104	2	
XS1	Штепсельна розетка РШ-К-2-СО-2-6/10/220 U=36В	1	
ОВЕН БП20	Блок живлення стабілізованою напругою постійного струму 24В, 120Вт	1	
ОВЕН БП30	Блок живлення стабілізованою напругою постійного струму 24В, 30Вт одноканальний	1	
ОВЕН БП14	Блок живлення стабілізованою напругою постійного струму 24В, 14Вт багатоканальний	2	
ПТС64	Прилад технічної сигналізації. Дискретних входів 8 Уном=24В	1	

СЧэт-61Ш.6.015101.0633

Ізм./Лист	№ док./м.	Підп.	Дата	Автоматизація технологічного процесу пластифікації та гранулювання маси продукції Схема електричної принципи	Лист	Масштаб	Масштаб
Розроб.	Худяков Р.В.				1:1		
Проб.	Худяков Г.М.			Лист	Листов	1	
Т.контр.				ШІ СумДУ			
Н.контр.				Формат А1			
Утв.	Худяков Г.М.			Копіював			

Лист № 1 з 1
 Вид № 1
 Стор. № 1 з 1
 Лист № 1 з 1
 Вид № 1
 Лист № 1 з 1
 Вид № 1
 Лист № 1 з 1
 Вид № 1