

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 технологічним процесом виготовлення піноскла"

Керівник проекту

А.Г.Серяков

Проектант:

студент групи СУ-61Ш

С.В. Іванов

Шостка – 2020

РЕФЕРАТ

Иванов Сергей Вадимович. Система управления технологическим процессом производства пеностекла. Дипломный проект. Шосткинский институт Сумского государственного университета. Шостка, 2020 год.

Дипломный проект содержит 74 листа пояснительной записки, с учетом 42 рисунка, 18 таблиц; конструкторскую документацию, которая содержит 2 чертежа.

Разработано техническое задание. Разработана система управления технологическим процессом производства пеностекла на базе программируемого логического контроллера ОВЕН ПЛК160. Произведён расчёт контура управления температуры в реакторе и разработан алгоритм управления технологическим процессом. Удовлетворительное качество процесса производства пеностекла подтверждено результатами моделирования на ЭВМ.

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

РЕФЕРАТ

Иванов Сергій Вадимович. Система управління технологічним процесом виробництва піноскла. Дипломний проект. Шосткинський інститут Сумського державного університету. Шостка, 2020 рік.

Дипломний проект містить 74 аркуша пояснювальної записки, з урахуванням 42 малюнків, 18 таблиць; конструкторську документацію, яка містить 2 креслення.

Розроблено технічне завдання. Розроблено систему управління технологічним процесом виробництва піноскла на базі програмованого логічного контролера ОВЕН ПЛК160. Зроблено розрахунок контуру управління температури в реакторі і розроблений алгоритм управління технологічним процесом. Задовільну якість процесу виробництва піноскла підтверджено результатами моделювання на ЕОМ.

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

SUMMARY

Ivanov Sergey Vadimovich. The control system of the foam glass manufacturing process. Diploma project. Shostka institute of the Sumy state University. Shostka, 2020 year.

A diploma project is contained by 74 leaves of explaining message, taking into account 42 pictures, 18 tables; designer document which contains 2 drafts; 3 demonstration posters.

The specification is developed. The control system of the directive technological process of production nitroben-ash on the basis of the programmable logical controler PLK160 is developed. The algorithm of management is developed. Satisfactory quality of process of production nitroben-ash 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.
“ ” _____ 2020 р.

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

на проектування системи управління технологічним процесом виготовлення піноскла

Проектував:

Студент групи СУ-61Ш

С.В. Іванов

Погоджено:

Керівник проекту

А.Г. Серяков

Шостка – 2020

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

1 Назва і область застосування

Система управління технологічним процесом виготовлення піноскла.

Система управління призначена для управління процесом термічної обробки піноскла.

2 Підстави для розробки

Завдання кафедри на дипломний проект.

3 Мета і призначення розробки

Метою даної розробки є створення системи управління технологічним процесом виробництва піноскла.

Очікувані мети реалізації даного проекту:

- підвищення ефективності технологічного процесу;
- підвищення рівня безпеки ведення технологічного процесу, зниження аварійності;
- поліпшення умов праці персоналу;
- скорочення часу пошуку та усунення несправностей;
- підвищення техніко-економічних показників за рахунок застосування сучасних методів управління технологічним процесом, а також використання новітніх засобів автоматизації;
- зниження енергетичного навантаження.

Дана розробка і результати проектування можуть бути використані при створенні системи управління технологічним процесом виробництва піноскла на промислових підприємствах і виробництвах.

4 Джерела для розробки

Технологічна схема виробництва піноскла. Опис технологічного процесу.

5 Режими роботи об'єкта

Директивний технологічний процес виробництва піноскла є безперервним виробництвом згідно чинного регламенту виробництва 24 години на добу, 7 днів на тиждень, цілодобовий режим роботи.

6 Умови експлуатації

Живлення технологічних установок здійснюється від цехової мережі змінного струму з напругою 380 В.

Система управління технологічним процесом виробництва є безперервним виробництвом згідно чинного регламенту виробництва 24 години на добу, 7 днів на тиждень. Навколишнє середовище має бути не вибухонебезпечним, не містити пилю в концентраціях, що порушує роботу електрообладнання, а також не містити агресивних парів і газів, що руйнують метал і ізоляцію. Умови експлуатації системи управління технологічним процесом виробництва представлені в таблиці 1.

Таблиця 1 - Умови експлуатації системи управління технологічним процесом виробництва піноскла.

Найменування і характеристика приміщення	Кліматичні умови			Механічні умови	
	Температура, °С	Вологість, %	Запиленість, г/м ³	Амплітуда і частота вібрації, Гц	Наявність коливань
Виробниче приміщення	22...40 ⁰ С	60...85%	-	-	-
Щитова	22...40 ⁰ С	60...85%	-	-	-
Операторська кімната	22...25 ⁰ С	40...60%	-	-	-

АСУТП повинна бути розрахована на безперервний цілодобовий режим роботи.

Види, періодичність і регламент обслуговування технічних засобів повинні бути вказані у відповідних інструкціях по експлуатації.

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

7 Технічні вимоги

Система управління директивним технологічним процесом виробництва піноскла 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.

До складу системи повинні входити:

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

Показники надійності системи повинні відповідати вимогам ДСТУ 2863-94 «Надійність техніки. Програма забезпечення надійності. Загальні вимоги».

Програмне забезпечення повинно запобігати виникненню відмов у виконанні функцій АСУТП при відмовах технічних засобів і при помилках персоналу, який бере участь у виконанні цієї функції, або має забезпечити перекидання відмов, що ведуть до великих втрат, в відмови, пов'язані з меншими втратами.

Система повинна бути багатофункціональною, відновлюваною та повинна відповідати наступним вимогам до надійності:

- коефіцієнт готовності, повинен бути не менше 0.95;
- середнє напрацювання на відмову комплексу засобів обчислювальної техніки системи повинна бути не менше 1000 годин.

Крім апаратного резерву, система повинна володіти тимчасовою і функціональною надмірністю (ступінь завантаженості контролерів, запас ємності пам'яті і вільних функціональних блоків і т.д.).

Система повинна відповідати вимогам відкритості (т. е. 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.

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 виготовлення
піноскла»*

Керівник проекту

А.Г. Серяков

Проектант:

студент групи СУ-61Ш

С.В. Іванов

Залікова книжка № 14080004

Шостка – 2020

ЗМІСТ

С.

СПИСОК СКОРОЧЕНЬ ТА ПОЗНАЧЕНЬ.....	10
ВСТУП.....	11
1 КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГІЧНИЙ АНАЛІЗ ОБ'ЄКТА УПРАВЛІННЯ.....	13
2 ВИБІР КАНАЛІВ УПРАВЛІННЯ, СИГНАЛІЗАЦІЇ ТА БЛОКУВАННЯ.....	20
3 ВИБІР СУЧАСНИХ ЗАСОБІВ АВТОМАТИЗАЦІЇ, РОЗРОБКА СИСТЕМИ СИГНАЛІЗАЦІЇ ТА ЗАХИСТУ ТА АЛГОРИТМІВ УПРАВЛІННЯ.....	24
4 РОЗРАХУНКОВА ЧАСТИНА.....	61
ВИСНОВКИ.....	72
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ.....	73

					СУ-61Ш 6.151.00.05 02 ПЗ			
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Система управління технологічним процесом виготовлення піноскла	Лит.	Лист	Листов
Разраб.		Іванов С.В.						
Перевірів.		Серяков А.Г.					9	74
Реценз.						ШІ СумДУ		
Н. Контр.								
Затверд.		Худолей Г.М.						

СПИСОК СКОРОЧЕНЬ І ПОЗНАЧЕНЬ

АСУ ТП - автоматизована система управління технологічним процесом.

ПЧ – перетворювач частоти.

ОУ – об'єкт управління.

ОР – об'єкт регулювання.

ПЛК – програмований логічний контролер.

ТП – технологічний процес.

ПК – персональний комп'ютер.

					СУ-61Ш 6.151.00.05 02 ПЗ	Лист
						10
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

ВСТУП

Виробництво скла та виробів з нього - велика, емна галузь, що постійно розвивається. Виробництво піноскла є однією з підгалузей скляної промисловості. І також, як і сама галузь, є зростаючою і перспективною галуззю виробництва. Піноскло - легкий (щільністю не більше 175 кг / м³), пористий матеріал зі скла, що представляє собою затверділу скляну піну.

Фізико-технічні властивості піноскла в значній мірі обумовлені способом його виробництва, складом скла і пенообразующей суміші, природою, кількістю газообразовувача, режимом спінювання і відпалу. Змінюючи ці фактори, можна отримати піноскло з різною об'ємною масою, міцністю, структурою, водопоглинанням, проникністю, теплопровідністю і морозостійкістю.

Сучасний ринок вимагає від виробництва все більшої продуктивності при мінімальних витратах - це можливо тільки при комплексному підході до автоматизації виробництва і модернізації робочих місць.

Автоматизація виробництва - оснащення підприємства технічними засобами, які дозволяють одночасно виконувати роботу на всіх виробничих етапах, від приготування сировини до контролю і перевірки готових виробів. Автоматизація може бути проведена повна, комплексна чи часткова, коли людська праця тісно взаємопов'язані з машинами.

Повна автоматизація передбачає впровадження технічного обладнання та автоматичні системи управління, здатний повністю здійснювати і контролювати всі процеси виробництва на підприємство без участі людей. Доцільний даний метод для стабільних, великих заводів, на яких є чітко налагоджений, незмінний механізм виконання послідовних операцій, або ж для роботи в шкідливих для людини умовах.

Комплексна автоматизація проводиться в межах заводу, цеху чи іншого структурного підрозділу і охоплює всі виробничі етапи, залишаючи людині лише організацію роботи і контроль над технікою.

					СУ-61Ш 6.151.00.05 02 ПЗ	Лист
						11
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Часткова автоматизація, як правило, здійснюється без зупинки основних виробничих потужностей, тому що являє собою заміну дрібних технічних одиниць, що виконують однотипні нескладні операції.

Правильно і ефективно проведена промислова автоматизація дозволяє вирішити такі завдання:

- підвищити рівень безпеки;
- поліпшити якість продукції, що випускається;
- підвищити продуктивність праці;
- зробити роботу підприємства більш ефективною.

Автоматизація технологічних процесів і виробництв дозволяє заощадити багато часу на контролі виробництва. Завдяки цьому роботу людини можна перемістити в сторону аналітичної діяльності та на обслуговування автоматичних систем.

Завданням цього проекту є рішення кола питань пов'язаних з модернізацією існуючої системи управління. Модернізація процесу буде здійснюватися з урахуванням специфічних властивостей технології виробництва піноскла, необхідності спрощення управління, збільшення стійкості процесів до впливу зовнішніх збурень. Робота виконується на підставі завдання кафедри системотехніки та інформаційних технологій Шосткинського інституту СумДУ.

					СУ-61Ш 6.151.00.05 02 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		12

1 КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГІЧНИЙ АНАЛІЗ ОБ'ЄКТА УПРАВЛІННЯ

1.1 Опис технологічного процесу

Технологічний комплекс для виробництва піноскла порошковим методом (рис. 1.1) включає в себе наступні основні етапи:

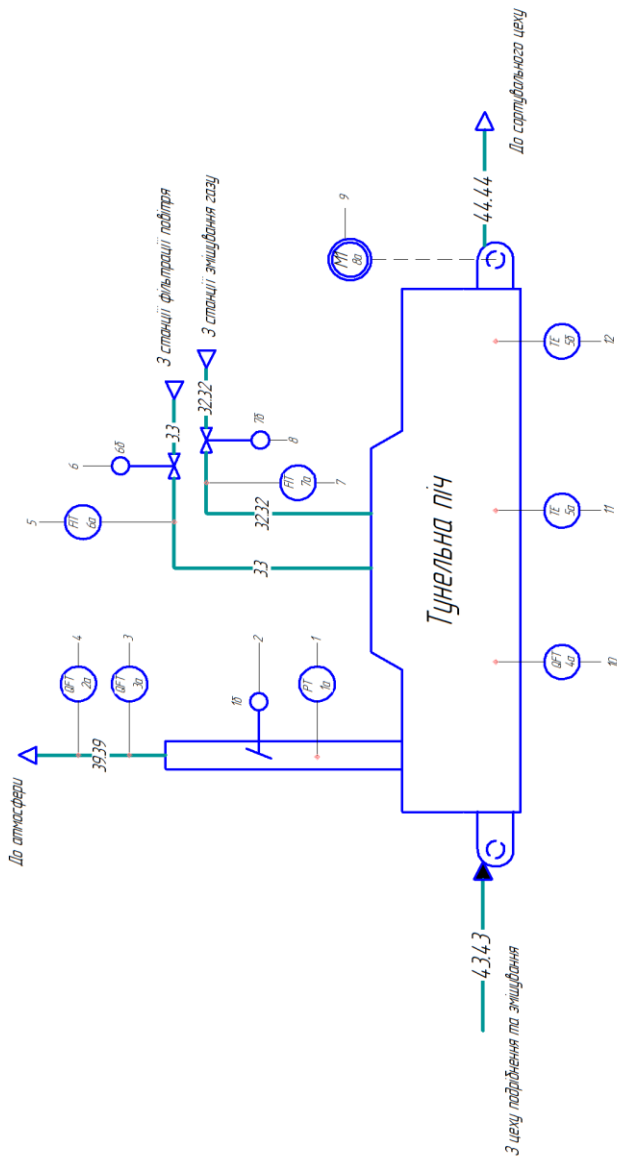
- підготовка шихти;
- подрібнення і змішування стеклогранулята з газоутворювачем в кульових млинах;
- термічна обробка шихти в тунельній печі;
- контроль і складування готової продукції.

Скляну шихту утворюють або спільним подрібненням і змішуванням попередньо дозованого скла і газоутворювача, або роздільним помелом компонентів шихти і наступним їх змішуванням. Найчастіше застосовують спільне подрібнення і змішування скляної шихти. При спільному подрібненні скла і вуглецевих газоутворювачів, особливо сажі, подрібнення скла значно прискорюється внаслідок дії вуглецевих газоутворювачів як поверхнево-активних речовин. Подрібнення і змішування компонентів піноскляної шихти проходить в багатоканальних трубчастих млинах.

Для виробництва піноскла використовують скломасу, зварену з наступних вихідних матеріалів: кварцового піску, польового шпату, крейди, доломіту, соди та сульфату натрію.

Хімічний склад скла для варіння грануляту представлений оксидами, %:
SiO₂ - 72,1; Al₂O₃ - 2,00; CaO - 6,6; MgO - 4,0; Na₂O - 14,80; SO₃ - 0,5.

					СУ-61Ш 6.151.00.05 02 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		13



Позиція	Найменування
-33-	Підготовлене повітря
-32,32-	Природний газ
-39,39-	Димові гази
-4,3,4,3-	Сировина
-4,4,4,4-	Формоване піноскло

Рисунок 1.1 – Технологічна схема термічного етапу виготовлення піноскла

Для забезпечення заданого хімічного складу використовують такі сировинні матеріали:

1) кварцовий пісок (SiO_2) - головний склотворний оксид. Кремнезем підвищує в'язкість скломаси, покращує механічні та хімічні характеристики, підвищує тугоплавкість скла і ускладнює його гомогенізацію, зменшує показник заломлення і щільність.

Головна вимога до пісків - максимальний вміст діоксиду кремнію і мінімальний вміст фарбувальних домішок. Шкідливими домішками є перш за все з'єднання заліза і хрому, що додають жовтувато-зелений зелений кольори.

2) сода кальцинована (Na_2CO_3) служить для введення до складу скла оксиду натрію (Na_2O), що грає роль плавня в стекловаренні, знижуючи тим самим температуру варіння скла, знижує в'язкість скломаси, зменшує схильність до кристалізації.

3) сульфат натрію (Na_2SO_4) так само як і сода, служить для введення оксиду натрію.

4) крейда (CaCO_3) служить для введення до складу скла оксиду кальцію (CaO), який знижує температуру плавлення і в'язкість скломаси, покращує механічні та хімічні властивості скла, але підсилює схильність до кристалізації, підвищує щільність.

5) доломіт ($\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$) вводить до складу MgO і CaO . Оксид магнію знижує температуру плавлення і схильність до кристалізації, підвищує поверхневий натяг, зменшує час провару скломаси. Знижує стійкість скла до дії води.

6) полевошпатовий матеріал ($\text{R}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{SiO}_2$) використовується для введення до складу скла оксиду алюмінію (Al_2O_3).

7) газоутворюючий технічний вуглець (у вигляді сажі).

Вспінювання - один з найбільш важливих процесів в технології виробництва піноскла, що впливає на структуру та властивості продукту. Процес проходить у спеціально призначених для цього термічних печах. Для проведення спінювання піноскляну шихту засипають у форми з легованої сталі, яку накривають кришкою, що повторює її обриси. Крім цього типу форм у виробництві

					СУ-61Ш 6.151.00.05 02 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		15

піноскла застосовують і інші види. Перед засипанням піно скляної шихти внутрішню поверхню форми покривають крейдяною або каоліновою пастою. Після засипки поверхню шихти розрівнюють, а в деяких випадках шихту в формі ущільнюють шляхом вібрації, що запобігає прилипанню пластичної скломаси до стінок форм в процесі спінювання. У форми засипають до 4-5 кг піноскляної шихти. Вспінювання, отжиг і охолодження піноскла можна проводити одностадійним і двохстадійною способами. При одностадійному способі вспінювання пеноскляної маси, отжиг і охолодження блоків проводять в формах в безперервно діючої тунельної печі.

При одностадійному способі піноскляна шихта в металевих формах проходить термічну обробку по наступному режиму. У печі спінювання при 800-850 ° С шихта нагрівається і спінюється. Під дією високої температури відбувається розм'якшення часток скляного порошку і його спікання. Гази, що виділяються при згоранні або розкладанні газообразователя, спучують в'язку скломасу. Нагрівання триває близько 60, вспінювання - 20-30 хв. Тиск газової фази при вспіненні залежить від виду газоутворювача, його витрати, температури і може досягати 1,1 МПа. Потім форми з піносклом різко охолоджують протягом 15-20 хв. При охолодженні утворюється матеріал з комірчастою структурою. Подальший процес стабілізації при 600 ° С триває 30-40 хв. Відпал і охолодження пеностекольних блоків до 30 ° С досить тривалий і відповідальний етап термічної обробки піноскла.

На відміну від масивного скла температуру при відпалі піноскляних блоків потрібно знижувати спочатку швидше, потім повільніше. Від 600 до 500-450 ° С може бути прийнята швидкість 1-1,5 ° С / хв, потім до повного охолодження (до 30 ° С) - 0,6-0,7 ° С / хв.

Більш раціональним і економічним є отжиг піноскла, здійснюваний в три етапи з триразовим зміною швидкості охолодження. Швидкість охолодження на першому етапі термообробки (650-560 ° С) може змінюватися в досить широкі межі від 1 до 5 ° С / хв і більше.

					СУ-61Ш 6.151.00.05 02 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		16

Основну роль в відпалі піноскла грає другий етап термообробки (560-480 ° С), швидкість охолодження на ньому не повинна перевищувати 0,5-2 ° С / хв. Напруги, що утворилися на третьому етапі термообробки (480-30 ° С), носять тимчасовий характер і тому можуть досягати межі міцності на розтяг шарів піноскла. Тому швидкість охолодження на третьому етапі можна прийняти від 1 до 5 ° С / хв. Повільне охолодження (отжиг) сприяє рівномірному охолодженню виробів по всьому об'єму. Тому в них не виникає внутрішня напруга, не утворюється тріщин.

Блоки піноскла після відпалу надходять на обробку для надання їм прямокутної форми шляхом спилювання нерівностей і шліфування поверхонь.

Піноскло можна також виробляти у вигляді безперервної стрічки в печі спінювання довжиною близько 20 м. Шихту засипають в лотки, виготовлені з жаростійкої сталі, виконані у вигляді піддонів шириною 1000 мм і довжиною 1600 мм; причому по довгій стороні є виступи заввишки 100 мм, які утворюють бічні стінки жолоба. Форми встановлюють на напрямні і за допомогою штовхача просувають уздовж печі.

В результаті послідовної стикування лотків уздовж печі спінювання утворюється суцільний жолоб або періодично переміщуєма підкладка, на якій спінюється стрічка піноскла. Стрічку піноскла після виходу з печі розпилюють на блоки, потім вони надходять на відпалювання. Звільнені від піноскла піддони за допомогою роликового конвеєра, що проходить під піччю, переміщуються назад до завантажувального кінця печі спінювання.

Для зниження паливно-енергетичних витрат при виробництві піноскла необхідно (як і при отриманні скла і мінеральної вати) максимально повно утилізувати теплоту відхідних газів, використовувати дуття гарячим повітрям, вживати заходів до зниження теплових втрат тепловими агрегатами, оптимізувати температурний режим їх експлуатації.

					СУ-61Ш 6.151.00.05 02 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		17

1.2 Схема інформаційно-матеріальних потоків

Використовуючи як основу технологічний процес виробництва піноскла, складемо схему руху матеріальних потоків. Схема руху матеріальних потоків представлена на рисунку 1.2.

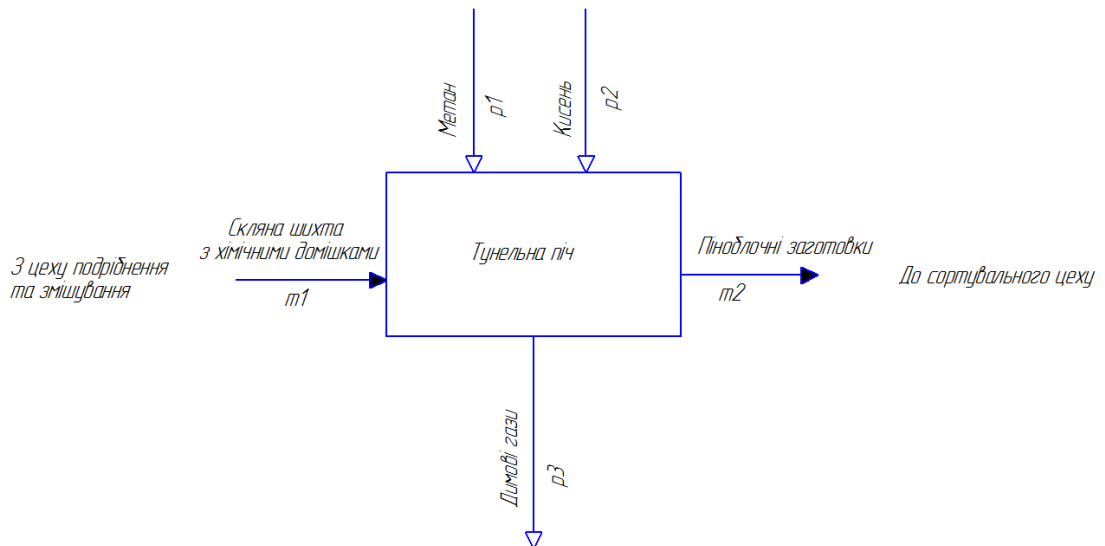


Рисунок 1.2 – Схема інформаційно-матеріальних потоків технологічного процесу виробництва піноскла

Схема руху матеріальних потоків дає вичерпне розуміння використаних у процесі виготовлення, а саме у процесі термічної обробки піноскла, виробничих ресурсів, які є основою технологічного процесу виготовлення продукції. Скляна шихта поступає з цеху попередньої обробки, де очищується та подрібнюється скляна сировина, проходить процес додавання до шихти хімічно активних речовин. Як ресурси для газового пальника використовуються підготовлений природний газ або метан так кисень, що надходять зі станції підготовки. Отримані в результаті процесу згорання димові гази відводяться з виробництва у атмосферу.

Спираючись на схему технологічного процесу та схеми руху матеріальних потоків визначимо параметри для сигналізації, контролю і управління, які зведемо в таблицю 1.1.

					СУ-61Ш 6.151.00.05 02 ПЗ	Лист
						18
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Таблиця 1.1 - Перелік параметрів сигналізації, контролю і управління

Параметр	Точка технологічного процесу	Функція	Діапазон вимірюваної величини	Допустима похибка вимірювань	Агресивність	Пожежо-випухо небезпечність
Температура	Піч	Контроль, управління,	0..1000°C	1%	+	+
Тиск димових газів	Димовивід печі	Контроль, управління, сигналізація	0..1.1МПа	1%	-	+
Концентрація СО	Робоча зона печі	Контроль, сигналізація	0..0,1 об.%	0,01 об.%	-	-
Концентрація O ₂	Робоча зона печі	Контроль, сигналізація	0..4 об.%	0,1 об.%	-	-
Концентрація метану	Робоча зона печі	Контроль, сигналізація	0..4 об.%	0,1 об.%	-	-
Витрата газу	Газопровід пальника	Контроль, управління	0..250 куб. м/ч	5 куб. м/ч	-	+

Параметр	Точка технологічного процесу	Функція	Діапазон вимірюваної величини	Допустима похибка вимірювань	Агресивність	Пожежо-вибухо небезпечність
Витрата повітря	Газопровід пального	Контроль, управління	0..15 куб. м/ч	0,5 куб. м/ч	-	+

2 ВИБІР КАНАЛІВ УПРАВЛІННЯ, СИГНАЛІЗАЦІЇ ТА БЛОКУВАННЯ

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

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

2.1 Контур регулювання тиску димових газів

Для вимірювання тиску димових газів на виході робочої зони печі служить датчик тиску РТ. Для контролю тиску газів на виході робочої зони розташована запірно-регулююча арматура (рис. 2.1). У випадку аварійної ситуації інформація відображається на панелі оператора, відбувається звукова та світлова сигналізація.

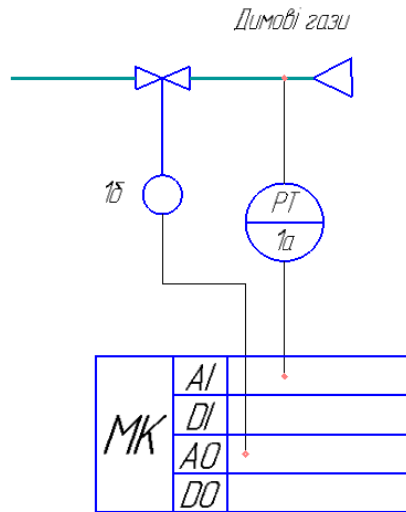


Рисунок 2.1 - Схема контролю тиску димових газів на виході робочої зони печі

2.2 Контур контролю і сигналізації вмісту CO в димових газах

Для вимірювання концентрації вуглекислого газу в середовищу печі служить датчик концентрації QFT (рис. 2.2). У випадку аварійної ситуації інформація відображається на панелі оператора, відбувається звукова та світлова сигналізація.

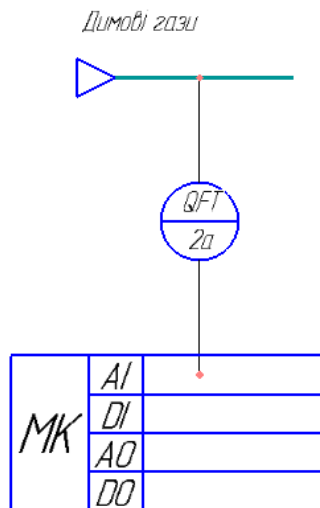


Рисунок 2.2 - Схема контролю концентрації вмісту CO в димових газах робочого середовища

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

2.3 Контур контролю і сигналізації вмісту O₂ в димових газах

Для вимірювання концентрації O₂ в середовищі печі служить датчик концентрації QFT (рис. 2.3). У випадку аварійної ситуації інформація відображається на панелі оператора, відбувається звукова та світлова сигналізація.

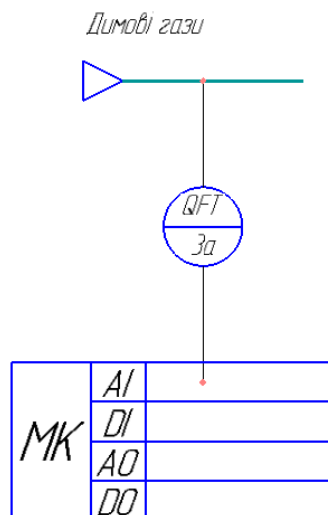


Рисунок 2.3 - Схема контролю концентрації вмісту O₂ в димових газах робочого середовища

2.4 Контур контролю і сигналізації стану робочої зони печі

В контурі перевіряються два основні показники стану робочої зони, температура середовища та рівень загазованості. Рівень загазованості (за до вибухонебезпечною концентрацією метану) перевіряється за допомогою датчика концентрації QFT(рис. 2.4.1).

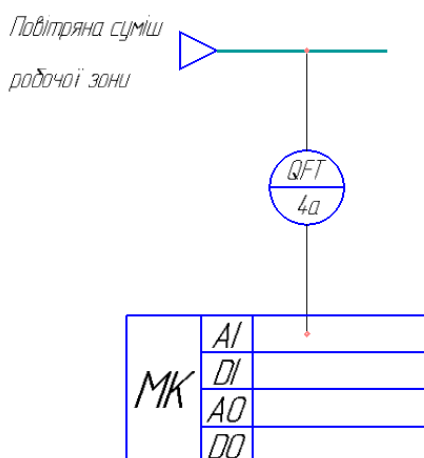


Рисунок 2.4.1 - Схема контролю концентрації метану

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

Температура вимірюється и контролюється за допомогою датчиків температури ТТ(рис. 2.4.2), які передають зібрані дані на панель оператора та до МК для обробки.

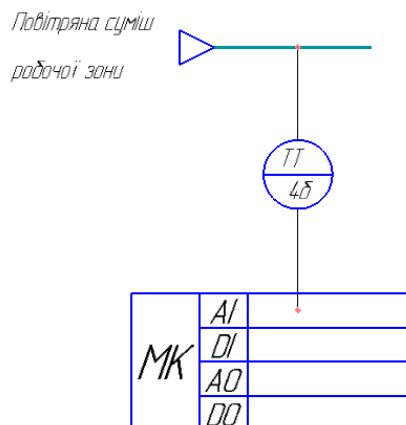


Рисунок 2.4.2 - Схема контролю температури

У випадку виходу параметрів за межі визначені технологічним процесом в даний момент, інформація відображається на панелі оператора, відбувається звукова та світлова сигналізація.

2.5 Контур контролю і регулювання подачі горючих матеріалів до зони відпалу

Контроль подачі горючих матеріалів відбувається за допомогою датчиків розходу FІТ, які знаходяться на трубопроводах для газу та повітря відповідно. Регулювання кількості подаваних матеріалів відбувається за допомогою запір-но-регулюючих арматур, що знаходяться відповідно на трубопроводах для газу та повітря(рис. 2.5). Данні щодо витрати вимірюються и контролюються за допомогою датчиків розходу, які передають зібрані дані на панель оператора та до МК для обробки. У разі виникнення аварійної ситуації внаслідок виходу заданих параметрів за межі визначені технологічним процесом в даний момент, інформація відображається на панелі оператора, відбувається звукова та світлова сигналізація.

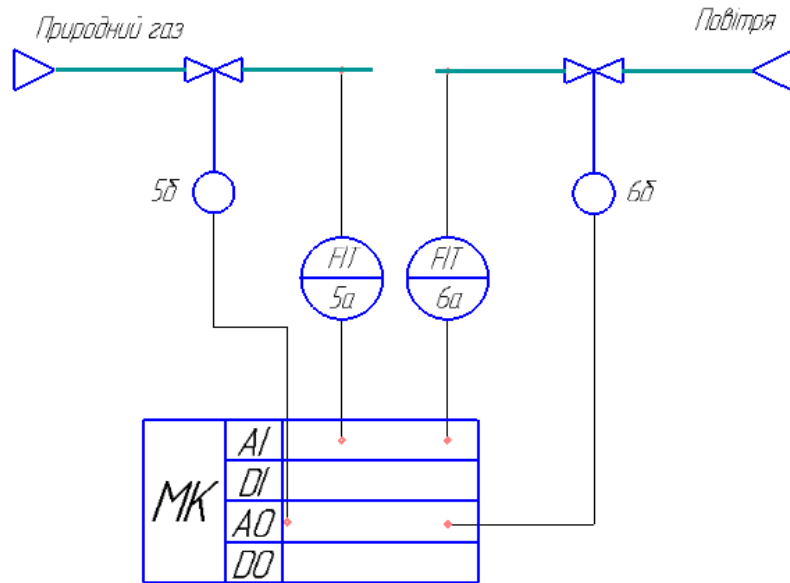


Рисунок 2.5 - Схема контролю і регулювання подачі горючих матеріалів

Дана схема може використовуватися у випадку використання розгалуженого трубопроводу горючих матеріалів, у випадку збільшення розмірів печі.

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

3.1 Структура АСУ ТП.

На сучасному підприємстві велике значення має можливість оперативного доступу до інформації про виробничий процес з будь-якої точки управління виробництвом, оскільки це вирішальним чином впливає на ефективність роботи підприємства загалом. Це досягається завдяки створенню інтегрованої багаторівневої автоматизованої системи управління. Дані, що надходять від виконавчих пристроїв, стан робочого середовища та інші параметри поступають на верхній рівень управління, до вищого керівництва виробничого підприємства. Необхідність такого

підходу очевидна - на високому конкурентному ринку всі відділи, від виробничого, маркетингового, збуту, розробки та інші повинні функціонувати спільно для досягнення високої мобільності в обслуговуванні споживчого ринку.

Сучасна багаторівнева система управління передбачає включення до нижнього рівня управління програмованих логічних контролерів, що реалізують функції збору і обробки інформації в безпосередній близькості від ОУ, а функції узагальнення та аналізу виробничої інформації і документообігу виконуються на верхніх рівнях управління посередством керуючих обчислювальних комплексів, персональних комп'ютерів та серверів.

На рисунку 3.1 зображена загальна функціональна схема автоматизації процесу термічної обробки, яка крім управління процесом забезпечує зв'язок з рівнем управління підприємством, підвищуючи ефективність взаємодії пов'язаних процесів.

На нижньому рівень цієї схеми стоять вимірювальні прилади і виконавчі механізми. На сьогоднішній день, вони можуть бути аналоговими або цифровими (інтелектуальними). Аналогові представляють оброблене значення величини у вигляді рівня напруги або струму. Цифрові ж мають вбудовані логічні схеми і представляють вимірювану величину у вигляді цифрового сигналу, що відповідає специфікації протоколу передачі даних, визначеного для цих пристроїв. Для обміну інформацією з приладами першого типу, необхідно використовувати аналогово-цифрові або цифро-аналогові перетворювачі. З приладами другого типу можна обмінюватися інформацією безпосередньо, використовуючи мережі передачі даних.

Наступний рівень схеми - контролери. Вони виконують функцію автоматичного керування технологічним процесом. Метою управління є видача сигналів на виконавчі механізми в результаті обробки даних про стан технологічних параметрів, отриманих за допомогою вимірювальних приладів, за певними алгоритмами.

Сервери технологічних даних забезпечують обмін інформацією між технологічними пристроями і мережами персональних комп'ютерів. Вони підтримують протокол роботи з технологічними пристроями і протокол роботи з мережею персональних комп'ютерів.

					СУ-61Ш 6.151.00.05 02 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		25

3.2 Нижній рівень автоматизованої системи управління технологічним процесом

Нижній рівень повинен вирішувати завдання збору інформації з датчиків технологічних параметрів, контроль справності датчиків і ліній зв'язку, контроль параметрів і сигналізація про відхилення їх за допустимі технологічні межі, а також передає їх в АСУ верхнього рівня.

3.2.1 Вибір датчиків

3.2.1.1 Датчики температури

В даному ТП проводиться регулювання температури в робочій зоні печі. Так як діапазон вимірюваних температур достатньо великий, будемо використовувати термоперетворювачі опору ДТО. Також слід зазначити, що діапазон вимірюваних температур у всіх точках практично однаковий, отже, застосуємо один тип датчика для цих точок.

Доцільно спільно з термоперетворювачем застосовувати нормуючий перетворювач. Порівняємо характеристики термоперетворювачів в таблиці

Таблиця 3.1 – Основні технічні характеристики термоперетворювачів опору ДТС

Найменування	Тип	Номинальна статична характеристика	клас допуску	Вбудований нормуючий перетворювач (НП) в 4 ... 20	Діапазон вимірюваних температур	Вартість, грн
Овен ДТС	XX4	50М	А; В; С	-	-50...150 ⁰ С	1217,1 5
		100М				
		50П	-	-50...250 ⁰ С	1546,1 7	
		100П Pt100				

Овен ДТС	XX5	50М	А; В; С	+	-40...600°C	7560,8 5
		100М				
		50П		+	-40...1250°C	10480, 92
		100П				
		Pt100				

Для вимірювання температур найбільш підходить термоперетворювач опору типу XX5, так як він має необхідний робочий діапазон, прийнятну точність і захисну арматуру.

Отже, для вимірювання температур застосуємо термоперетворювач опору марки ОВЕН ДТПК125-0914.2100.1

Даний термометр КТМС «хромель-алюмель», матеріал захисної арматури - кераміка корунд CER795 с діапазоном вимірювання температури: -40 ... + 1100 ° С, класом допуску 1, з ізольованим робочим спаєм, діаметром КТМС 4,5 мм, з металевою комутаційної головою, довжиною монтажної частини 2100 мм, в корпусі 125 у вибухозахищеному виконанні. У разі необхідності можливо встановити декілька датчиків у різних точках робочої зони.

Зовнішній вигляд обраного датчика температури представлений на малюнку 3.1.

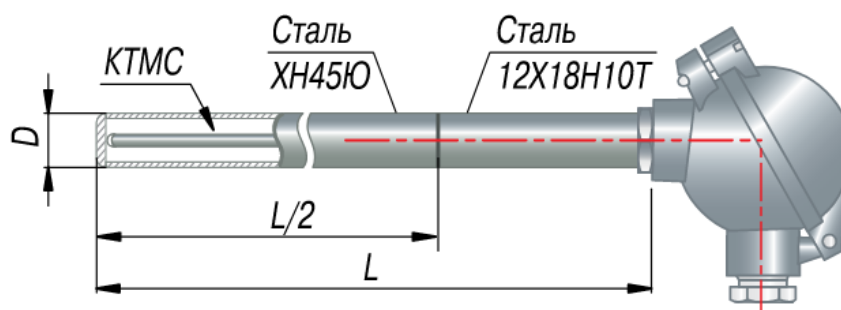


Рисунок 3.1 – Датчик температури ОВЕН ДТПК125-0914.2100.1

3.1.1.2 Датчик тиску

Контроль тиску в даному ТП проводиться в трубопроводі виводу димових газів с робочої зони печі. Також слід зазначити, що діапазон вимірюваних тисків у всіх точках практично однаковий, отже, у випадку необхідності можна застосувати один тип датчика для декількох точок. Для вимірювання тиску проведемо вибір між датчиками:

- ОВЕН ПД100И моделі 8x1 - ПД100И-ДИ0,1-871-0,25 - датчик тиску для котельних та вентиляції;
- ОВЕН ПД100И модели 1x1 - ПД100И-ДА1,6-111-0,25- датчики тиску покращеної якості для основних виробництв;
- ПД-Р-1,6МПа – датчик економ варіанту для промислових об'єктів малої енергетики.

Порівняємо характеристики датчиків тиску в таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 - Основні технічні характеристики датчиків (перетворювачів) тиску

Найменування	ПД100И-ДА1,6-111-0,25	ПД100И-ДИ0,1-871-0,25	ПД-Р-1,6МПа
Основна приведена похибка	±0,25 %	± 0,25%	± 0,5%
Вихідний сигнал	4...20 мА	4...20 мА	4...20 мА
Ступінь захисту корпусу	IP65	IP65	IP65
Верхня межа вимірювання	1,6 МПа	0,1МПа	1,6 МПа
Штуцер для підключення	M20x1,5 манометрический	M20x1,5 манометрический	M20x1,5 манометрический
Ціна, грн	3210	2905	1450

Порівнявши технічні характеристики трьох датчиків можна зробити висновок, що датчики ОВЕН ПД100И-ДА1,6-111-0,25 та ПД-Р-1,6Мпа підходять під технічні параметри, а датчик ПД100И-ДИ0,1-871-0,25 має недостатню межу вимірювання. Хоча датчик ПД-Р-1,6Мпа має меншу вартість, перевагу віддамо ОВЕН ПД100И-ДА1,6-111-0,25, оскільки він має меншу похибку вимірювання та потребує заміни не раніше 4х років роботи. Також важливу роль грає фактор вибору обладнання одного виробника.

Зовнішній вигляд обраного датчика тиску представлений на малюнку 3.2.



Рисунок 3.2 – Датчик тиску ОВЕН ПД100И-ДА1,6-111-0,25

3.1.1.3 Датчики хімічного складу повітря

В даному ТП проводиться контроль складу повітря відносно концентрації CO, O₂, та метану.

а) Датчики концентрації CO

Датчики CO використовуються для визначення наявності в повітрі приміщень слідів чадного газу і подальшого спостереження за рівнем його змісту.

Порівняємо два промислові датчики вуглекислого газу в таблиці 3.3:

- ADT-53-1110
- MA-0-1110

Таблиця 3.3 - Основні технічні характеристики датчиків концентрації

Найменування	ADT-53-1110	МА-0-1110
Діапазон виявлення	0...300 мг/м ³	0...250 мг/м ³
Точність виявлення	±20 мг/м ³	±15 мг/м ³
Вихідний сигнал	4– 20 мА або 2-10В (аналоговий)	4– 20 мА або 2-10В (аналоговий)
Ціна, грн	23560	19290

Порівнявши технічні характеристики датчиків можна зробити висновок, що вони мають майже однакові показники, хоча слід надати переваги датчику МА-0-1110 внаслідок більшої точності виявлення та нижчій ціні.

Зовнішній вигляд обраного датчика представлений на малюнку 3.3.



Рисунок 3.3 – Датчик концентрації СО в повітрі МА-0-1110

б) Датчики концентрації O₂

Датчики O₂ використовуються для визначення кількості в повітрі кисню, та подальшого спостереження за рівнем його змісту.

Порівняємо два промислові датчики O₂ в таблиці 3.4:

- МА-9-1195

- ИПЦ-О2

Таблиця 3.4 - Основні технічні характеристики датчиків концентрації

Найменування	ИПЦ-О2	МА-9-1195
Діапазон виявлення	0-25 %	0-25 %
Споживана потужність	не більше 1 Вт	не більше 1 Вт
Вихідний сигнал	4– 20 мА або 2-10В (аналоговий)	4– 20 мА або 2-10В (аналоговий)
Ціна, грн	15430	16500

Порівнявши технічні характеристики датчиків можна зробити висновок, що вони мають однакові технічні показники. Але датчик ИПЦ-О2 має різні показники точності виявлення при перепадах температури, а отже слід надати перевагу МА-9-1195 як більш надійному.

в) Датчики концентрації метану(загазованості робочої зони)

Датчики використовуються для визначення концентрації метану в середовищі приміщення, (за до вибухонебезпечною концентрацією метану). Необхідно мати такі датчики в АСУ ТП, оскільки для живлення газових пальників використовуються суміші метану.

Порівняємо два промислові датчики метану в таблиці 3.5:

- МА-2-3400

- ADT-23-3400

Таблиця 3.5 - Основні технічні характеристики датчиків концентрації

Найменування	ADT-23-3400	МА-2-3400
Діапазон виявлення	650...5000 мг/м ³	330...6 670 мг/м ³
Точність виявлення	±2 %	±2 % (±580 мг/м ³)
Вихідний сигнал	4– 20 мА або 2-10В (аналоговий)	4– 20 мА або 2-10В (аналоговий)
Ціна, грн	10780	10950

Порівнявши технічні характеристики датчиків можна зробити висновок, що вони мають практично однакові технічні показники. Але перевагу надамо датчику МА-2-3400, оскільки він має більший діапазон виявлення. Корпус датчика може бути виготовлений в різних матеріалах в залежності від заказу.

3.1.1.4 Датчики розходу

У цьому ТП здійснюється регулювання витрати газової суміші та повітря для контуру живлення горючими матеріалами пальника. Для вимірювання витрати можливе використання наступних датчиків:

а) Датчики контролю розходу повітря

Оберемо и порівняємо два перетворювача диференціального тиску. Перетворювач диференціального тиску ОВЕН ПД200 та датчик різності (перепаду) тиску САПФИР-22-ДД. Вони призначені для вимірювання перепадів тиску або рівня рідини в трубопроводах під тиском або витрати середовища на звужуючих пристроях у системах автоматичного регулювання та керування на виробництвах в промисловості і ЖКГ: газорозподільних системах, парогенеруючих

об'єктах, вузлах обліку газу, об'єктах енергетики, «барабанах» котлів в котельнях, , вентиляційних системах і т.д.

Основні характеристики датчиків наведені в таблиці 3.6.

Таблиця 3.6 - Основні технічні характеристики датчиків різниці тиску

Назва датчика	функціональні особливості	Діапазон вимірювань	Основна похибка	Вихідний сигнал	Вартість, грн
САПФИР-22-ДД-2440	Датчик різниці (перепаду) тиску	63 кПа	0,15 %	0-5 мА, 4-20 мА	16 402,23
ОВЕН ПД200ДД-2-155-0,1-2-Н	Перетворювач диференціального тиску	0,04 МПа	1 %	4-20 мА	15 602,61

Порівнявши технічні характеристики, а також вартість датчиків, і взявши до уваги принцип дії, зробимо висновок, що датчик диференціального тиску ОВЕН ПД200ДД-2-155-0,1-2-Н підходить краще, так як він має достатню для даних вимірювань точність та меншу вартість. Тому вибираємо датчик тиску ОВЕН ПД200ДД-2-155-0,1-2-Н

Зовнішній вигляд датчика представлений на малюнку 3.4.



Рисунок 3.4 – Перетворювач диференціального тиску ОВЕН ПД200ДД-2-155-0,1-2-Н

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

б) Датчики контролю розходу газу

Для контролю розходу природного газу обираємо такий самий датчик фірми ОВЕН, як у попередньому пункті, але у вибухозахищеному варіанті - ПД200ДД-2-155-0,1-2-Н- Exd.

В якості стандартного звужуючого пристрою для обох датчиків використовуємо діафрагму безкамерну ДБС-0,6-50-Б, технічні характеристики якої наведені в таблиці 3.7.

Таблиця 3.7 - Основні технічні характеристики діафрагми безкамерної ДБС-0,6-50-Б

Найменування	Позначення	Умовний тиск Р _у , МПа	Умовні проходи ди Ду, мм	Матеріал	Умовне по- значення	Вартість, грн
Діафрагма безкамерна	ДБС	0,6	50	Сталь 12Х18Н10Т ГОСТ 5632	Б	3150

Зовнішній вигляд діафрагми представлений на малюнку 3.5.



Рисунок 3.5 – Діафрагма безкамерна ДБС-0,6-50-Б

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

3.1.2 Виконавчі механізми

Для регулювання тиском, витратою і концентрацією необхідно вибрати виконавчо-регулюючі механізми.

В якості такого механізму може бути використані регулюючі заслінки VFH з електроприводом виробництва Elettromeccanica Delta (Італія) сконструйовані для регулювання і управління подачі повітря і газу. Кранами можна керувати вручну, використовуючи рукоятку (для установки потужності пальника) або автоматично, використовуючи сервомотор (Модульована або ступеневу управління) або привід соленоїда (двоступеневих управління). Налаштування можна контролювати на градуйованою шкалою, що дозволяє точно виставити регульований коефіцієнт. Цей тип обладнання придатний для регулювання повітря і газу в процесах горіння, таких як промислові печі, сушарки, плавильні печі і печі випалу, а також регулювання потоків димових газів або перегрітого повітря. Для керування використовуються аналогові сигнали In/Out 0-10V, 0(4) - 20mA. Напруга живлення 24В.

Зовнішній вигляд регулюючої заслінки VFH з електроприводом представлений на малюнку 3.5



Рисунок 3.6 – Регулююча заслінка VFH

					СУ-61Ш 6.151.00.05 02 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		36

3.1.3 Вибір двигуна для конвеєру печі

Для того, щоб переміщати конвеєр с формами всередині печі будемо використовувати електродвигун.

а) Електродвигун АИММ 132М4

Зовнішній вигляд двигуна АИММ 132М4 зображений на рисунку 3.7.



Рисунок 3.7 – Зовнішній вигляд двигуна АИММ 132М4

Технічні характеристики двигуна АИММ 132М4 наведені в таблиці 3.8.

Таблиця 3.8 – Технічні характеристики двигуна АИММ 132М4

Виробник	ТМ-Мотор
Напруга	0,38 кВ
Номінальний струм	22,2 А
Потужність	11,0 кВт
Частота обертання	1500,0 об / хв
Режими роботи	Тривалий
Система охолодження двигуна	Зовнішній обдув
ККД	88,5 %
Захисний кожух	Так
Ступінь захисту	IP 54
Маса	125 кг
Ціна	17 484 грн

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

СУ-61Ш 6.151.00.05 02 ПЗ

Лист

37

б) Електродвигун 4ВР132М4

Зовнішній вигляд двигуна 4ВР132М4 зображений на рисунку 3.8.



Рисунок 3.8 – Зовнішній вигляд двигуна 4ВР132М4

Технічні характеристики двигуна 4ВР132М4 наведені в таблиці 3.9.

Таблиця 3.9 – Технічні характеристики двигуна 4ВР132М4

Виробник	ТМ-Мотор
Напруга	0,38 кВ
Номінальний струм	7,5 А
Потужність	11,0 кВт
Частота обертання	1500,0 об / хв
Режими роботи	Тривалий
Система охолодження двигуна	Зовнішній обдув
ККД	84,0 %
Захисний кожух	Так
Ступінь захисту	IP 54
Маса	87,2 кг
Ціна	15 476 грн

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

Проаналізувавши обидва двигуна визначили, що нам підходять за своїми технічними характеристиками обидва. Хоча двигун 4BP132M4 і дешевше, обираємо двигун АИММ 132М4, бо він має більший ККД.

3.1.4 Вибір пристрою плавного пуску

В процесі виробництва нітробензолу необхідно керувати двигунами мішалок у реакторах. Напрямку з контролера це зробити в нашому випадку не можна, тому необхідні додаткові проміжні пристрої. Нам не потрібно керувати швидкістю двигунів, тому достатньо просто правильно їх запуснути, для цього достатньо пристрою плавного пуску.

а) Пристрій плавного пуску ОВЕН УПП2 (рисунок 3.9).

Лінійка пристроїв плавного пуску УПП2 забезпечують управління пуском і зупинкою електродвигуна потужністю до 110 кВт в режимі плавного наростання напруги.

Особливості та переваги лінійки УПП2: легка установка на DIN-рейку пристроїв до 30 кВт; вбудований байпас; 2- або 3-провідне управління запуском / зупинкою; відмінний ресурс із запусків (до 4хІном протягом 20 секунд при важкому режимі роботи).

Сумісність з системами електроживлення з з'єднанням за схемою «трикутника» і заземленням. Основні характеристики пристроїв плавного пуску наведені в таблиці 3.10.



Рисунок 3.9 – Пристрій плавного пуску ОВЕН УПП2

					СУ-61Ш 6.151.00.05 02 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		39

б) Пристрій плавного пуску SSW05 (рисунок 3.10).

Дані пристрої плавного пуску для трифазних двигунів з керуванням на базі DSP (процесор цифрової обробки сигналів), призначені для поліпшення характеристики при запуску і зупинці електродвигунів, мають відмінне співвідношення ціна / якість. Переваги: низька вартість, цифрова обробка сигналу, висока ефективність.

Основні характеристики перетворювачів частоти наведені в таблиці 3.10.



Рисунок 3.10 – Пристрій плавного пуску SSW05

Таблиця 3.10 – Основні характеристики пристроїв плавного пуску.

Виробник	ОВЕН	СВ АЛЬТЕРА
Найменування	УПП2	SSW05
Напруга живлення	200 ... 400 В	220 ... 460 В
Керуюча напруга	110 ... 240 В (2-др. ідкл.) 380 ... 440 В (3-др. ідкл.)	380-440 В
Ступінь захисту	IP20	IP20
Потужність двигуна	до 110 кВт	до 45 кВт
Ціна	11 530 грн	10 750 грн

Порівнявши технічні характеристики пристроїв плавного пуску, можна зробити висновок, що обидва перетворювачі однаково підходять. Хоча SSW05

має меншу вартість, краще обрати пристрій серії УПП2, бо він має можливість підключення потужнішого двигуна, можлива 2-х та 3-х дротова схема підключення.

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

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

Основні функції управління, реалізуються на основі підбору необхідних технічних засобів. Головним завданням вибору технічних засобів є перевірка сполучення каналів управління контролера з приводами.

На підставі викладених даних висунемо вимоги до портів контролера (табл. 3.11).

Таблиця 3.11 - Вхідні і вихідні сигнали

Сигнали	кількість сигналів
Аналогові вхідні	21
Дискретні вхідні	2
Аналогові вихідні	15
Дискретні вихідні	6

3.2.1 Вибір контролера

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

В якості контролера можуть бути використані:

а) Програмований логічний контролер ОВЕН ПЛК 160-24.А.М

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

Побудова системи управління і диспетчеризації на базі ОВЕН ПЛК можливо як за допомогою провідних засобів - використовуючи вбудовані

інтерфейси Ethernet, RS-232, RS-485, так і за допомогою бездротових засобів - використовувачи радіо, GSM, ADSL модеми.

Конструктивні особливості ОВЕН ПЛК 160-24.А.М

Контролер виконаний в компактному DIN-рейковому корпусі.

Розширення кількості точок введення \ виведення здійснюється шляхом підключення зовнішніх модулів введення \ виводу за допомогою одного з вбудованих інтерфейсів.

Обчислювальні ресурси ОВЕН ПЛК 160-24.А.М

У контролері закладені потужні обчислювальні ресурси при 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 зберігання змінних - до 16КБ.

Зовнішній вигляд ПЛК представлений на малюнку 3.10.



Рисунок 3.11 – ОВЕН ПЛК 160

Електричні параметри

- Два варіанти живлення для кожного контролера:

					СУ-61Ш 6.151.00.05 02 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		42

- 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
- Всі дискретні входи контролера вимірюють сигнал 24В.
- Тип сигналу може бути як n-p-n, так і p-n-p.
- Дискретні виходи типу: Р - реле.

«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.

Вартість ПЛК - 13440 грн.

б) Програмований логічний контролер SIMATIC S7-1200

Програмований контролер SIMATIC S7-1200 виробництва SIEMENS це базовий контролер для вирішення найрізноманітніших завдань автоматизації малого і середнього рівня. Цей контролер має модульну конструкцію і універсальне призначення. Він здатний працювати в реальному масштабі часу, може використовуватися 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 здатні обслуговувати 24 дискретних і 12 аналогових канали введення-виведення.

					СУ-61Ш 6.151.00.05 02 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпись	Дата		43

Центральний процесор

Центральний процесор має високу продуктивність і забезпечує підтримку широкого набору функцій:

- Програмування на мовах LAD (Ladder Diagram), FBD (Function Block Diagram) і SCL (Structured Control Language), вичерпний набір команд.
- Висока швидкодія, час виконання логічної операції не перевищує 0.1 мкс.
- Вбудована завантажувана пам'ять об'ємом до 4 Мбайт, що розширюється картою пам'яті ємністю до 4 Гбайт.
- Робоча пам'ять ємністю до 150 Кбайт.
- Незалежна пам'ять ємністю 10 Кбайт для роботи без обслуговування збереження даних при перебоях в живленні контролера.
- Вбудовані дискретні входи універсального призначення, що дозволяють вводити потенційні або імпульсні сигнали.
- Вбудований апаратний годинник реального часу з запасом ходу при перебоях в живленні 20 днів.
- Вбудовані швидкісні лічильники з частотою проходження вхідних сигналів до 1 МГц.
- Вбудовані імпульсні виходи з частотою проходження імпульсів до 1 МГц (тільки в CPU з транзисторними виходами).
- Підтримка функцій ПІД регулювання.
- Підтримка функцій управління переміщенням відповідно до вимог 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.

Зовнішній вигляд ПЛК представлений на малюнку 3.11.

					СУ-61Ш 6.151.00.05 02 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		44



Рисунок 3.12 –ПЛК SIMATIC S7-1200

Вартість ПЛК - 22906,36 грн.

в) Програмований логічний контролер VIPA System 200V

VIPA System 200V - контролер для вирішення завдань центральної та розподіленої системи автоматизації, де він може виступати в якості як "ведених" так і "провідних" пристроїв. Він з успіхом може використовуватися в системах промислової автоматизації з підвищеними вимогами до надійності обладнання і до часових параметрів контурів управління. CPU сумісні по набору інструкцій з популярними контролерами SIMATIC S7-300 і можуть програмуватися як за допомогою ПО WinPLC7 (VIPA), так і за допомогою STEP7 (Siemens).

VIPA System 200V побудований за модульним принципом. Це означає, що користувач має можливість оптимально підбирати склад модулів для вирішення свого завдання і гнучко модифікувати його при розширенні або при зміні вимог до системи. Він володіє хорошим часом реакції і підходить для управління виробництвами періодичного, безперервного і безперервно-періодичного типу.

Основні характеристики програмованого логічного контролера VIPA System 200V представлені в таблиці 3.12.

Таблиця 3.12 - Основні характеристики VIPA System 200V

Кількість входів / виходів	дискретні - 12 I / O аналогові - 8 I / O
Організація	модульна конструкція (до 32 модулів розширення)

Обсяг пам'яті	32...128кБ
Час виконання операції	з бітами — 0,25 мкс зі словами — 1,2 мкс
Таймери / Лічильники	128/256
Програмування	WinPLC7 от VIPA / STEP7 от Siemens
Функціональні блоки/функції/блоки даних	1024/1024/2047
Інтерфейс	MP2I (MPI+PPI)
Підтримка мереж	ProfibusDP slave

Вартість ПЛК – 19696,52 грн.

Зовнішній вигляд ПЛК представлений на малюнку 3.13.



Рисунок 3.13 –ПЛК VIPA System 200V

Всі вищепредставлені контролери однаково добре підходять для поставлених завдань і вимог, але на нижньому рівні автоматизації переважно були обрані датчики фірми ОВЕН, тому для уникнення конфліктів в протоколі RS 485 зупиняємо свій вибір на ОВЕН ПЛК 160-24.А.М.

Так як вбудованих аналогових входів і виходів, а також дискретних виходів мало, то існує необхідність використання додаткового модуля вводу аналогових сигналів, виведення аналогових сигналів і виведення дискретних сигналів. Також необхідними компонентами є панель оператора і блок живлення.

										Лист
										46
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

3.2.2 Модуль аналогового введення ОВЕН МВ110-24.8АС

Прилад призначений для перетворення вимірюваних аналогових сигналів в цифровий код і передачі результатів вимірювання в мережу RS-485. Призначається для побудови автоматизованих систем збору даних в різних областях промисловості, сільського та комунального господарства, на транспорті.

Аналогові входи приладу можуть працювати в наступних режимах:

вимір струму в діапазоні від 4 до 20 мА;

вимір струму в діапазоні від 0 до 20 мА;

вимір струму в діапазоні від 0 до 5 мА;

вимір напруги в діапазоні від 0 до 10 В.

Прилад працює в мережі RS-485 за протоколами ОВЕН, ModBus-RTU, ModBus-ASCII, DCON. Прилад має наступні групи гальванічно ізольованих ланцюгів:

ланцюга живлення приладу;

ланцюги інтерфейсу RS-485;

ланцюга виходу вбудованого джерела постійної напруги 24 В.

Електрична міцність ізоляції всіх груп ланцюгів, крім групи ланцюгів живлення, відносно один одного - 750 В, щодо групи ланцюгів живлення - 3000 В.

Прилад не є Майстром мережі, тому мережа RS-485 повинна мати Майстер мережі, наприклад, ПК із запущеною на ньому SCADA-системою, контролер або регулятор. До приладу надається безкоштовний OPC-драйвер і бібліотека стандарту WIN DLL, які рекомендується використовувати при підключенні приладу до SCADA-системам і контролерам інших виробників.

Конфігурація приладу здійснюється на ПК через адаптер інтерфейсу RS-485 / RS-232 або RS-485 / USB (наприклад, ОВЕН АС3-М або АС4) за допомогою програми «Конфігуратор М110», що входить в комплект поставки.

Прилад відповідає вимогам по стійкості до впливу перешкод відповідно до ГОСТ Р 51522 для обладнання класу А.

Зображення приладу представлено на малюнку 3.13.

					СУ-61Ш 6.151.00.05 02 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		47



Рисунок 3.14 – ОВЕН МВ110-24.8АС

Основні технічні характеристики приладу ОВЕН МВ110-24.8АС наведені в таблиці 3.13.

Таблиця 3.13 - Основні технічні характеристики ОВЕН МВ110-24.8АС

Найменування	Значення
Напруга живлення	24 В постійного струму
Споживана потужність, ВА, не більше	8
Межа основної зведеної похибки, %	0,25
Межа додаткової зведеної похибки, %	0,12
Роздільна здатність: - для діапазонів струмів від 4 до 20 мА і від 0 до 20 мА, мкА не більше - для діапазону струму від 0 до 5 мА, мкА не більше - для діапазону напруги від 1 до 10 В, мВ, не більше	4 1 2
Кількість аналогових каналів вимірювання	8
Вхідний опір в режимі вимірювання струму від 0 до 20 мА і від 4 до 20 мА, Ом	від 130 до 250

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

Найменування	Значення
Роздільна здатність: - для діапазонів струмів від 4 до 20 мА і від 0 до 20 мА, мкА не більше	4
- для діапазону струму від 0 до 5 мА, мкА не більше	1
- для діапазону напруги від 1 до 10 В, мВ, не більше	2
Кількість аналогових каналів вимірювання	8
Вхідний опір в режимі вимірювання струму від 0 до 20 мА і від 4 до 20 мА, Ом	від 130 до 250
Вхідний опір в режимі вимірювання напруги від 0 до 10 В, кОм, не менше	200
Період оновлення результатів через виміри по кожному каналу, мс	$5 \pm 2 \%$
Вихідна напруга вбудованого джерела живлення, В	24 ± 3
Максимальний струм навантаження вбудованого джерела живлення, А	0,18
Інтерфейс зв'язку з майстром мережі	RS-485
Максимальна кількість приладів, одночасно підключаються до мережі RS-485, не більше	32
Максимальна швидкість обміну по інтерфейсу RS-485, біт / с	115200
Ступінь захисту корпусу	IP20

Изм.	Лист	№ докум.	Підпись	Дата

3.2.3 Модуль аналогового виведення ОВЕН МУ110-24.8І

Модуль аналогового виведення ОВЕН МУ110-24.8І призначений для перетворення цифрових сигналів, які передаються по мережі RS-485, в аналогові сигнали діапазоном від 4 до 20 мА і в аналогові сигнали діапазоном від 0 до 10 В для управління виконавчими механізмами або для передачі сигналів приладів реєстрації і самописцям. МУ110 працює в мережі RS-485 за протоколами ОВЕН, ModBus-RTU, ModBus-ASCII, DCON.

МУ110 не є Майстром мережі, тому мережа RS-485 повинна мати Майстер мережі, наприклад, ПК із запущеною на ньому SCADA-системою, контролер або регулятор. Як майстри мережі можуть використовуватися прилади ОВЕН ТРМ151, ТРМ133, контролери ОВЕН ПЛК і т.п. До МУ110 надається безкоштовний OPC-драйвер і бібліотека стандарту WIN DLL, які рекомендується використовувати при підключенні приладу до SCADA-системам і контролерам інших виробників.

Конфігурація ОВЕН МУ110-24.8І здійснюється за допомогою ПК через адаптер інтерфейсу RS-485 / RS-232 або RS-485 / USB (наприклад, ОВЕН АС3-М або АС4, відповідно) за допомогою програми «Конфігуратор М110», що входить в комплект поставки.

Прилад відповідає вимогам по стійкості до впливу перешкод відповідно до ГОСТ Р 51522 для обладнання класу А.

Основні технічні характеристики приладу ОВЕН МУ110-24.8І наведені в таблиці 3.14.

Таблиця 3.14 - Основні технічні характеристики ОВЕН МУ110-24.8І

Найменування	Значення
Напруга живлення	24 В постійного струму
Споживана потужність, ВА, не більше	6
Кількість аналогових вихідних елементів	8
Тип аналогових вихідних елементів	ЦАП «параметр – струм 4...20 мА»

Найменування	Значення
Основна приведена похибка ЦАП,%, не більше	$\pm 0,5$
Опір навантаження, підключається-моє до виходу, Ом	0...1300
Інтерфейс зв'язку з майстром мережі	RS-485
Максимальна кількість приладів, одночасно підключаються до мережі RS-485, не більше	32
Максимальна швидкість обміну по інтерфейсу RS-485, біт / с	115200
Ступінь захисту корпусу	IP20
Габаритні розміри приладу, мм	(63x110x73) ± 1
Маса приладу, кг, не більше	0,5
Середній термін служби, років	8
Ціна з доставкою	3553.79 грн

3.2.4 Графічна панель оператора з сенсорним управлінням

Для візуалізації проходження ТП, відображення поточних параметрів, задання вхідних величин і індикації каналу аварії застосуємо сенсорну графічну панель оператора ОВЕН СП270 (рис. 3.15).



Рисунок 3.15 – ОВЕН СП270

Основні технічні характеристики ОВЕН СП270 наведені в таблиці 3.15.

Таблиця 3.15 - Основні технічні характеристики ОВЕН СП270

Напруга живлення постійного струму	22...26 В
Споживаний струм	не більше 0,150 А
Споживана потужність	не більше 30 Вт (номінальна споживання 5 Вт)
Використовувані інтерфейси зв'язку	RS-232 (2 шт.), RS-485 (1 шт.)
Тип інтерфейсу для зв'язку з ПЛК	RS-232, RS-485
Тип інтерфейсу для завантаження проекту з ПК	RS-232
Швидкість передачі даних по інтерфейсах	4800, 9600, 14400, 19200, 38400, 115200 бит/с
Пам'ять програм (Flash-RAM)	4 Мбайт
Пам'ять даних (SD RAM)	4 кбайт
Ступінь захисту корпусу з боку лицьової панелі	IP65
Тип дисплея, діагональ	цветной (TFT), 178 мм (7")
Кількість відображаємих кольорів	256
Розмір дисплея	480x234 пиксела
Ціна, грн	10192,48

3.2.5 Блок живлення

Для живлення модулів введення, виведення, ПЛК та панелі оператора виберемо блок живлення. Загальна споживана потужність становить близько 53 Ватт, але звертаючи увагу на велику кількість елементів, що потребують живлення, доцільно використати два блоки замість одного та розподілити споживачів.

Застосуємо одноканальний блок живлення ОВЕН БП60Б-Д4 (рис. 3.15) потужністю 60 Ватт.



Рисунок 3.16 - Одноканальний блок живлення ОВЕН БП60Б-Д4

Основні технічні характеристики ОВЕН БП60Б-Д4 наведені в таблиці 3.16.

Таблиця 3.16 - Основні технічні характеристики ОВЕН БП60Б-Д4

Частота вхідної змінної напруги:	47...63 Гц
Поріг спрацьовування захисту по струму:	не більше 1,5 I _{max}
Максимальна вихідна потужність:	60 Вт
Робочий діапазон температур:	-20...+50 °С
Рівень радіоперешкод по ГОСТ Р 51527:	група С
Вихідна напруга:	24 ± 1 % В
Амплітуда пульсації вихідної напруги:	120Мв
Макс. струм навантаження I _{max} :	2,5 А
Струм споживання:	1,03...0,41 А
Ціна, грн	4115,09

3.3 Розробка системи сигналізації та блокування

Для здійснення технологічної сигналізації можна використати блок технологічної сигналізації ПТС-64.

Блок технологічної сигналізації призначений для узагальненої і поканального сигналізації параметрів технологічних процесів, значення яких в процесі роботи перевищують ті чи інші технологічні значення. Використовується в локальних і комплексних системах промислової автоматизації виробничих процесів в схемах технологічної і аварійної сигналізації.

Прилад технологічної сигналізації ПТС-64 складається одного або декількох блоків ПТС-8 (ведений пристрій або прилад поканального сигналізації) та одного блоку ПТС-2 (ведучий пристрій або прилад узагальненої сигналізації).

Функціональні можливості

Виконуючі функції:

Індикація спрацьовування поканального (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 світіння) або динамічний з частотою F1 або F2. Використання F1 і F2 спрямовано на два різних (по тону, силою звучання) звукових пристрої;

Зняття сигналізації проводиться за допомогою кнопки, яка підключається до клем ПТС-2;

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

Пристрій ПТС-2 (ведучий) містить:

- два незалежних канали сигналізації переключаючими контактами частоти F1 і F2;
- датчик частоти сигналів сигналізації F1 і F2;
- вузол зняття сигналізації;
- вузол перевірки сигналізації;

Пристрій ПТС-8 (ведений) містить вісім незалежних каналів сигналізації з можливістю по канального вибору сигналу сигналізації і номера каналу спрацьовування сигналізації ПТС-2;

Підключення приладу технологічної сигналізації ПТС-64 здійснюється наступним способом. До ведучого пристрою ПТС-2 підключаються від одного до восьми ведених пристроїв ПТС-8. Схема підключення приладу представлена на рис. 3.17.

					СУ-61Ш 6.151.00.05 02 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		54

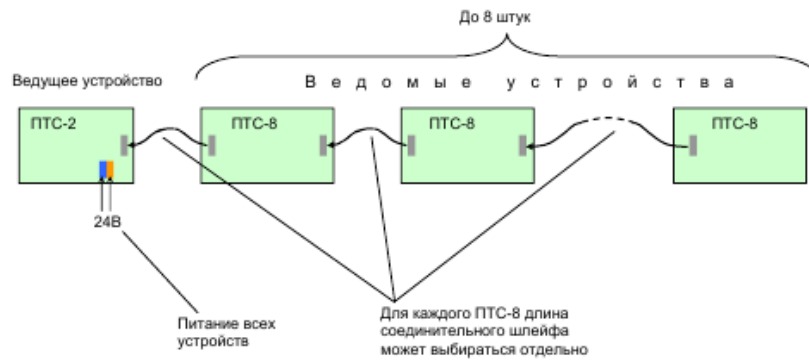


Рисунок 3.17 – Схема підключення приладу ПТС 64

Зовнішній вигляд приладу технологічної сигналізації ПТС-64 представлений на малюнку 3.18.

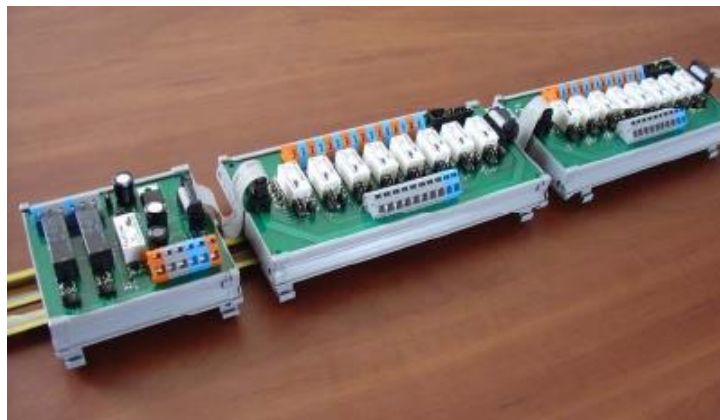


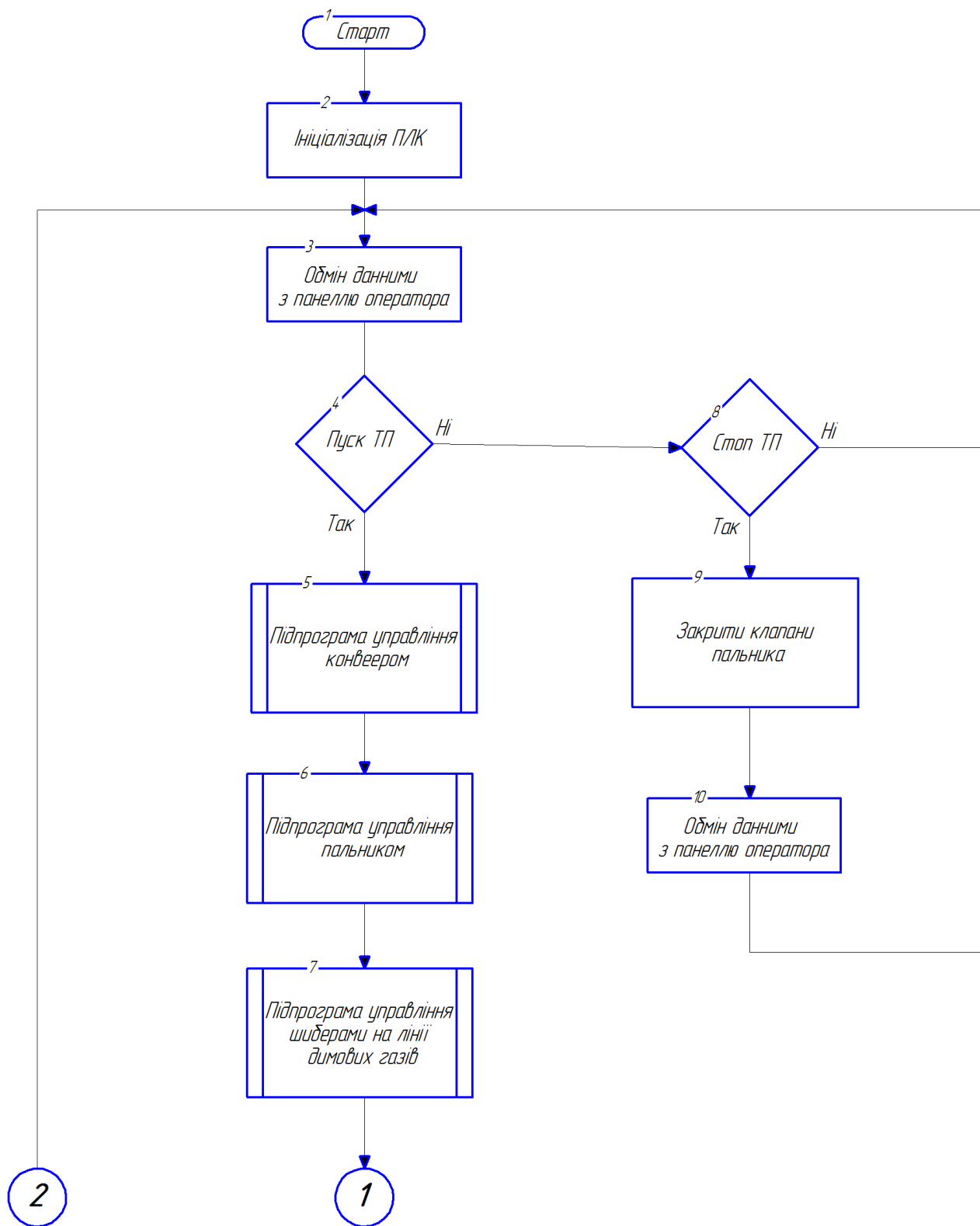
Рисунок 3.18 - Зовнішній вигляд приладу технологічної сигналізації ПТС-64

Вартість ПТС-64 – 1744 грн.

					СУ-61Ш 6.151.00.05 02 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		55

3.4 Розробка алгоритмів управління

У загальному вигляді система працює за алгоритмом, представленим на малюнку 3.19.



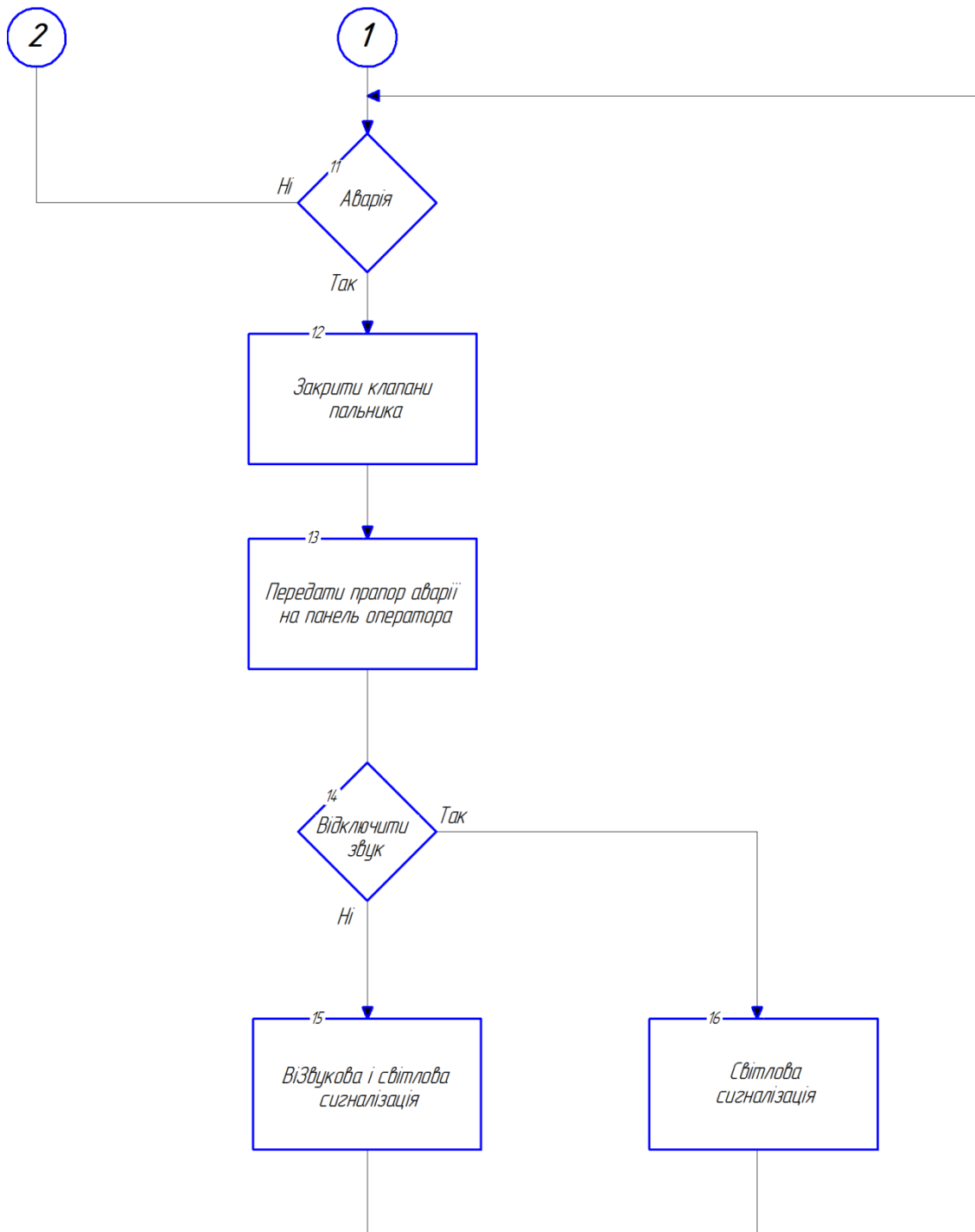


Рисунок 3.19 – Загальний алгоритм роботи системи

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

Алгоритми окремих підпрограм управління наведені на малюнках 3.20-3.24.

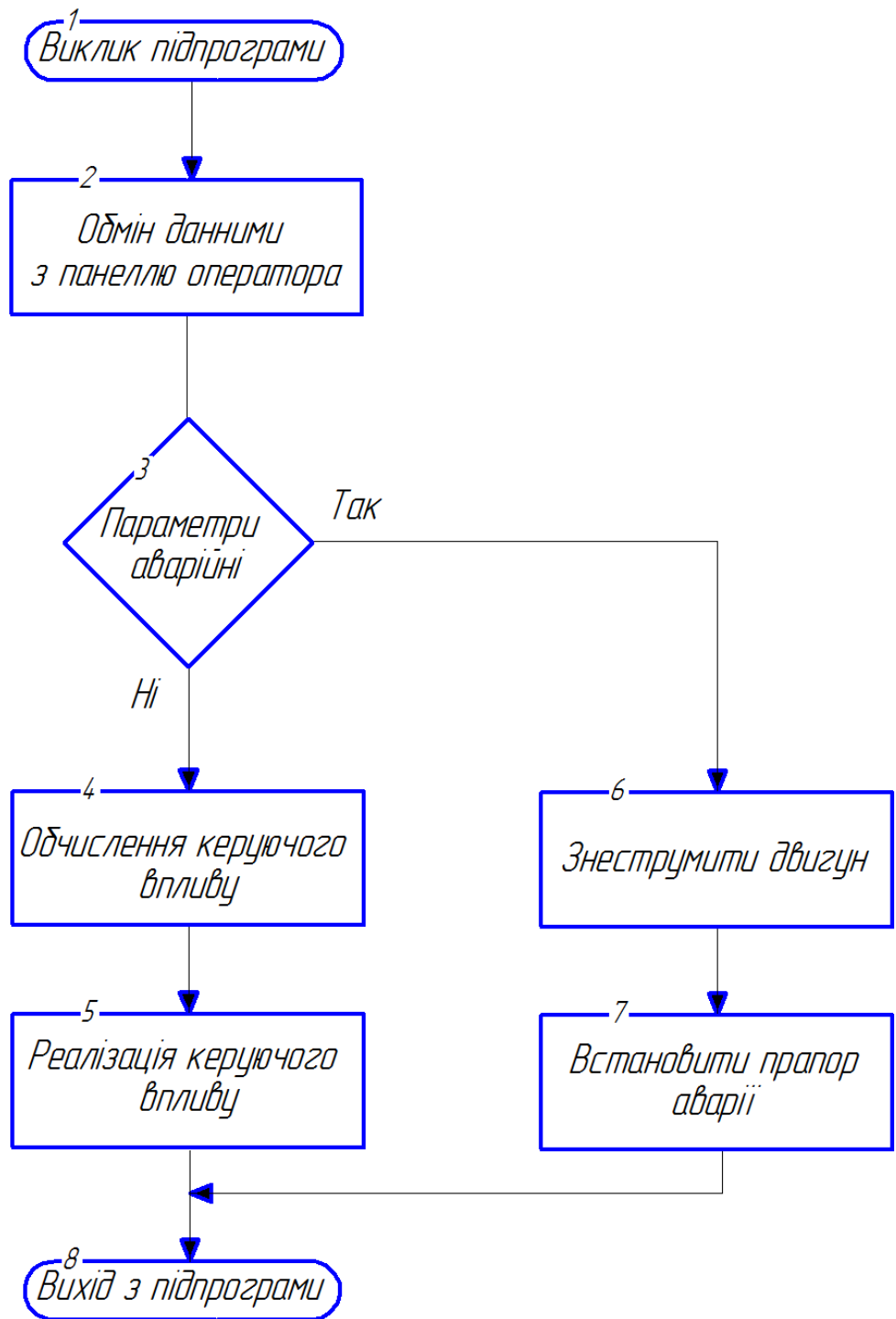


Рисунок 3.20 – Підпрограма управління конвеером

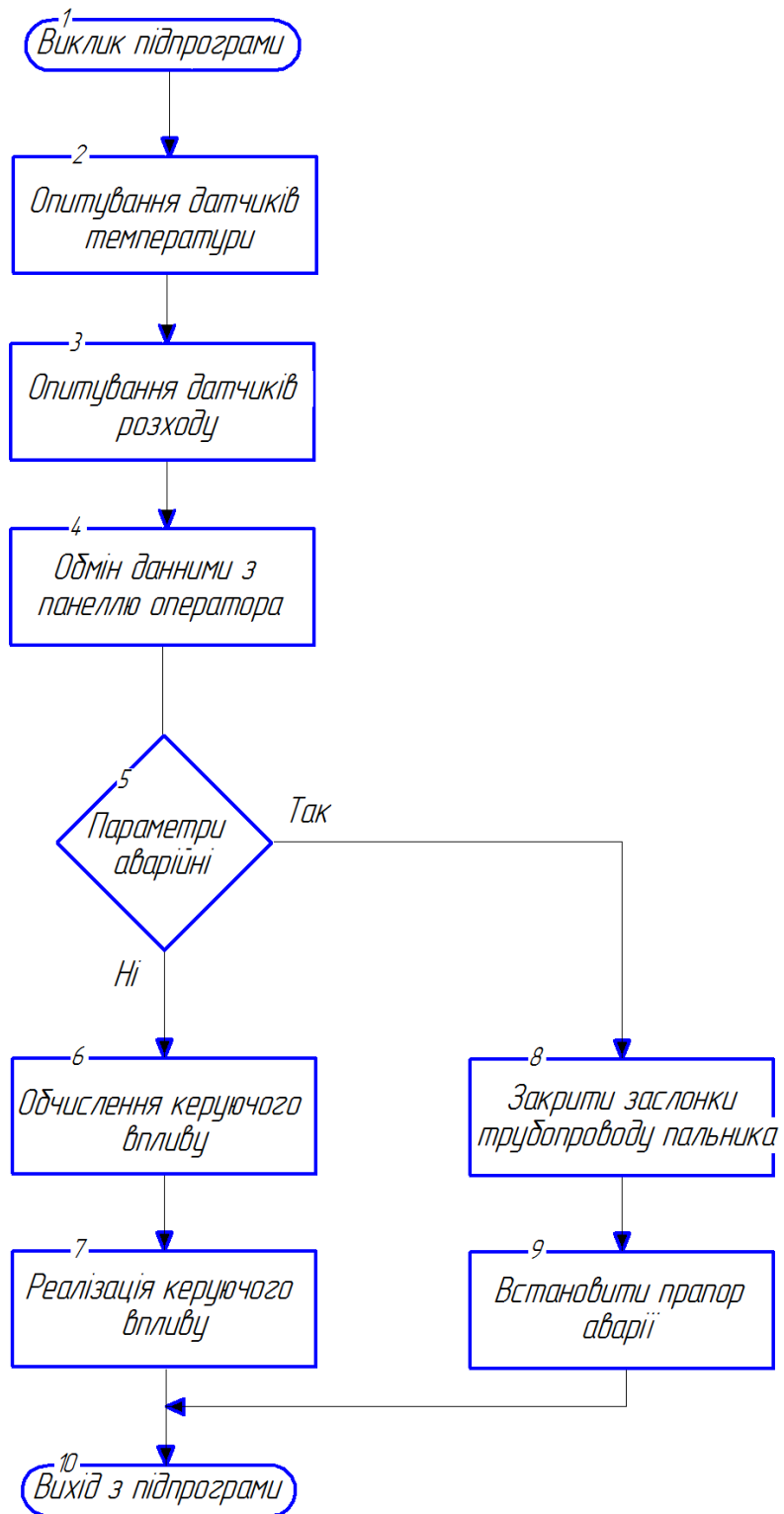


Рисунок 3.21 – Підпрограма управління режимами термообробки

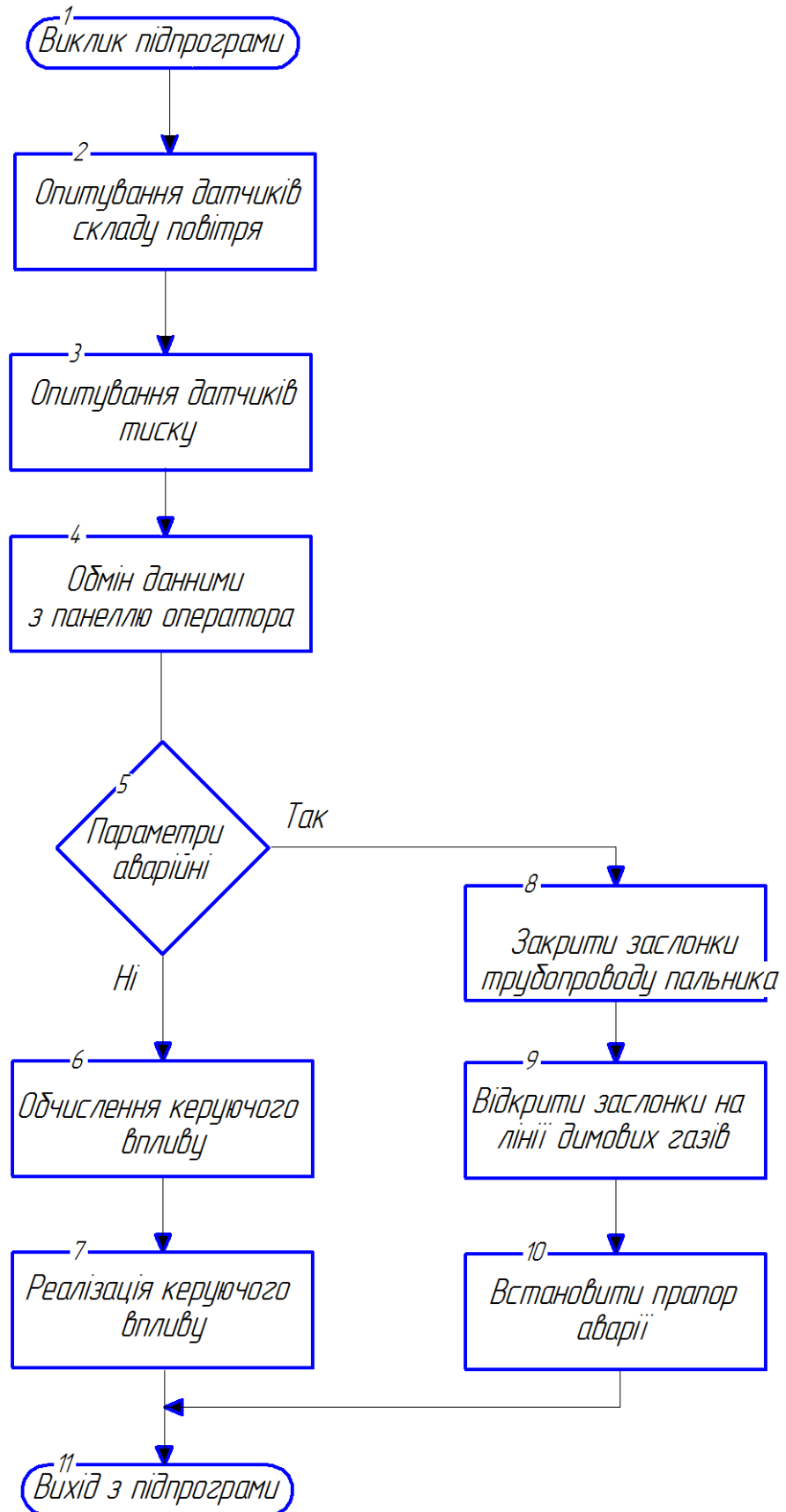


Рисунок 3.22 – Підпрограма управління заслонками на лінії димових газів

4 РОЗРАХУНКОВА ЧАСТИНА

4.1 Опис об'єкта моделювання

Технологічний процес термообробки піноскла дуже складний і включає в себе багаторівневі етапи. Одним з основних є перехід від режиму нагріву до режиму вспінювання, який проходить в середині печі и виділяється поступовим зростанням і утриманням температури на певному рівні. Від протікання цієї операції безпосередньо залежить якість кінцевого продукту і безпеку процесу.

Об'єкт моделювання являє контур регулювання температури в робочій зоні печі. Трубопровід подачі палива оснащений регулювальним клапаном, який в даному випадку виступає безпосереднім об'єктом управління. Параметр управління - 800°C .

Вимоги до якості регулювання об'єкта управління:

- час перехідного процесу ≤ 1200 с;
- перерегулювання $\leq 20\%$;

Отримаємо передавальну функцію об'єкта управління на основі апроксимації кривої розгону (рис. 4.1), отриманої експериментальним шляхом на даному об'єкті управління, з використанням методу площ (Сімою).

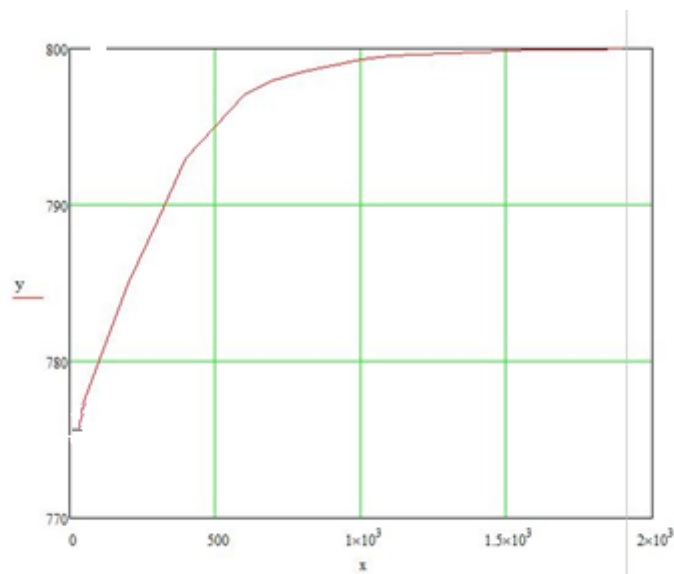


Рисунок 4.1 - Крива розгону об'єкта управління

					СУ-61Ш 6.151.00.05 02 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		61

Виконуємо нормування даної кривої розгону. (рис. 4.2).

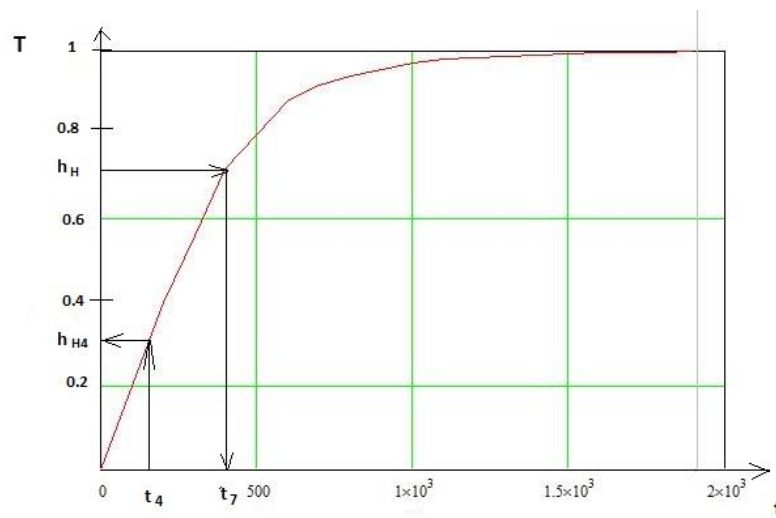


Рисунок 4.2 - Нормована крива розгону об'єкта управління

Для визначення передавальної функції скористаємося методом Орманса.

Цей метод дозволяє по нормованій кривій розгону визначити дві домінуючі постійні об'єкта управління для моделі виду

$$W(p) = \frac{Ke^{-\tau p}}{(T_1 p + 1)(T_2 p + 1)},$$

де τ - транспортне запізнювання (визначається по кривій розгону).

Отримання передавальної функції об'єкта управління виконується в такій послідовності:

- 1) з нормованою кривої розгону визначаємо час, що відповідає значенню $h_N = 0,7$ і позначаємо його t_7 . З графіка (рис. 4.2) цей час становить 3,53 секунди;
- 2) Отриманий інтервал ділимо на три частини. Піднімаємо перпендикуляр кривої розгону і визначаємо величину h_{N4} . На нашу графіку (рис.1.2) $h_{N4} = 0,26$;

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

3) постійні часу об'єкта управління T_1 і T_2 визначаються за допомогою допоміжної величини Z^2 , для знаходження якої використовується номограма Орманса (рис.4.3).

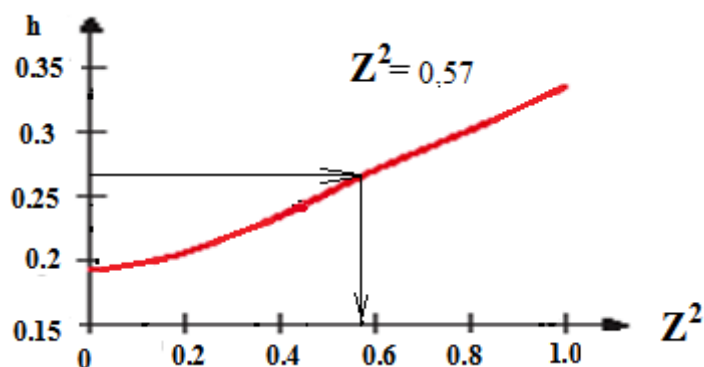


Рисунок 4.3 - Номограма Орманса

4) постійні часу об'єкта управління T_1 і T_2 визначаються за такими формулами:

$$T_1 = \frac{t_1}{2.4} (1 + z) \quad (4-2a)$$

$$T_2 = \frac{t_1}{2.4} (1 - z) \quad (4-2б)$$

$$Z = \sqrt{Z^2} = \sqrt{0,57} = 0,75 ;$$

$$T_1 = 388(1 + 0,75) / 2,4 = 282,9 \text{ с};$$

$$T_2 = 388 (1 - 0,75) / 2,4 = 40,4 \text{ с}.$$

Коефіцієнт посилення визначаємо за формулою

$$K = \frac{Y_{уст}}{X}, \quad (4-3)$$

де $Y_{уст}$ - стале значення вихідного параметра;

X - значення вхідної величини (керуючого сигналу).

$$K = \frac{25}{1} = 25 .$$

Так як $T1 \gg T2$, передавальна функція може бути представлена у вигляді

$$W(s) = \frac{K \cdot e^{-\tau \cdot s}}{T \cdot s + 1} = \frac{25e^{-20 \cdot s}}{282,9 \cdot s + 1}. \quad (4-4)$$

4.3 Перевірка адекватності моделі методом Фішера

Змодельємо об'єкт управління з його функцією передачі (4-4) в MatLab (Simulink). Схема моделі зображена на малюнку 4.4.

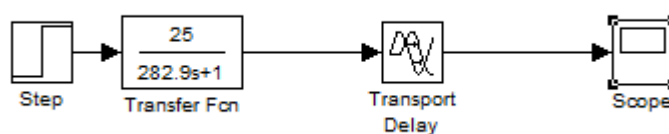


Рисунок 4.4 - Схема моделі досліджуваного об'єкта

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

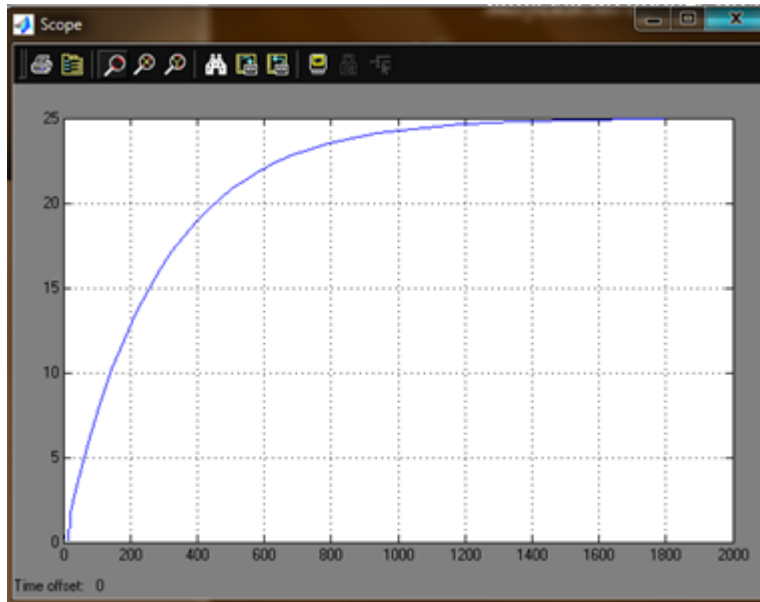


Рисунок 4.5 - Крива розгону об'єкта управління, отримана в MatLab (Simulink)

Аналогічно п.2 виконуємо нормування даної кривої розгону (рис. 4.6).

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

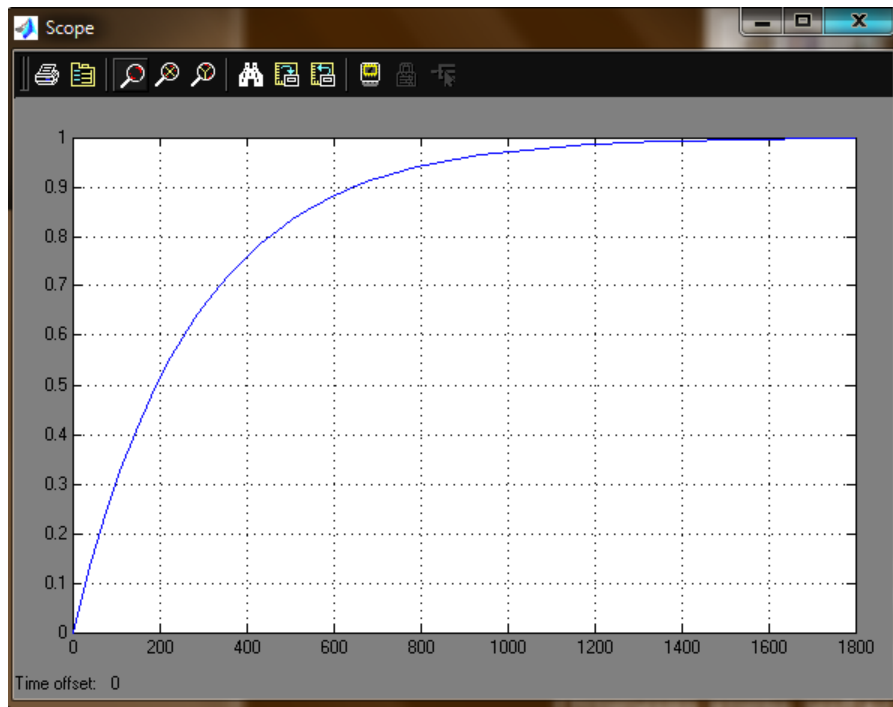


Рисунок 4.6 - Нормована крива розгону об'єкта управління, отримана в MatLab (Simulink)

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

час перехідного процесу:

$$t_p = 3T = 1030 \text{ с};$$

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, отриманій в MatLab (рис.4.6).

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

$$\bar{Y}_{Y1} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_{1i} \quad (4-6a)$$

$$\bar{Y}_{Y2} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_{2i} \quad (4-6б)$$

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

$$S_{Y1} = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (\bar{Y}_{Y1} - y_i)^2 \quad (4-7a)$$

$$S_{Y2} = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (\bar{Y}_{Y2} - y_i)^2 \quad (4-7б)$$

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

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

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

$$\frac{S_{Y_{\text{Большая}}}}{S_{Y_{\text{Меньшая}}}} \quad (4-8)$$

$$\frac{S_{Y_{\text{Большая}}}}{S_{Y_{\text{Меньшая}}}} = \frac{0,109}{0,107} = 1,02$$

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 Дудникова)

Об'єкт являє собою послідовне з'єднання аперіодичної ланки першого порядку і ланки транспортного запізнювання, для яких відомі готові вираження

					СУ-61Ш 6.151.00.05 02 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		66

для розширеної частотної характеристики. Таким чином РЧХ об'єкта управління має вигляд

$$W_o(m, \omega) = \frac{K e^{m\omega\tau}}{\sqrt{(1-Tm\omega)^2 + (T\omega)^2}} e^{j(-\arctg \frac{T}{Tm\omega-1} - \omega\tau)}. \quad (4-9)$$

Вибираємо ПІ-регулятор, так як модель об'єкта управління є інерційною з чистим запізненням.

Розширена АФЧХ ПІ-регулятора з двома незалежними параметрами налаштування, яка описується передавальною функцією

$$W_{PI}(s) = k_1 + \frac{1}{T_u s} = k_1 + \frac{k_0}{s}, \quad (4-10a)$$

відома з літературних джерел Стефані

$$W_{PI}(k_0, k_1, m, \omega) = \frac{\sqrt{(k_0 - m\omega k_1)^2 + (\omega k_1)^2}}{\omega \sqrt{m^2 + 1}} e^{j(-\frac{\pi}{2} + \arctg \frac{\omega k_1}{k_0 - m\omega k_1} - \arctg m)} \quad (4-10b)$$

Складаємо рівняння балансу амплітуд і фаз

$$A_{PI}(k_0, k_1, m, \omega) = \frac{1}{A_0(m, \omega)} \quad (4-11a)$$

$$\Psi_{PI}(k_0, k_1, m, \omega) = \Psi_0(m, \omega) \quad (4-11b)$$

Для визначення параметрів настройки ПІ-регулятора використовуємо співвідношення

$$\operatorname{Re}(W_p(m, j\omega)) = \operatorname{Re}(W_0^*(m, j\omega)) \quad (4-12a)$$

$$\operatorname{Im}(W_p(m, j\omega)) = \operatorname{Im}(W_0^*(m, j\omega)) \quad (4-12b)$$

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

Таким чином, представивши вираз розширеної АФЧХ ПІ-регулятора $W_{PI}(k_0, k_1, \omega)$ в алгебраїчній формі і підставивши його в вищенаведений вираз, отримаємо параметричне вираз рівняння лінії рівного загасання (ЛРЗ) як функції частоти

$$k_0(\omega) = \omega(m^2 + 1) \operatorname{Im}(W_0^*(m, j\omega)) \quad (4-13a)$$

$$k_1(\omega) = m \operatorname{Im}(W_0^*(m, j\omega)) - \operatorname{Re}(W_0^*(m, j\omega)) \quad (4-13b)$$

Для оцінки діапазону робочих частот побудуємо розширену ФЧХ об'єкта управління в логарифмічному масштабі (рис. 4.8) і проведемо на ній лінії паралельні осі частот, відповідних виконання умови балансу фаз для П-регулятора і І-регулятора. Перетин цих прямих з кривою РФЧХ дає мінімальне і максимальне значення діапазону робочих частот.

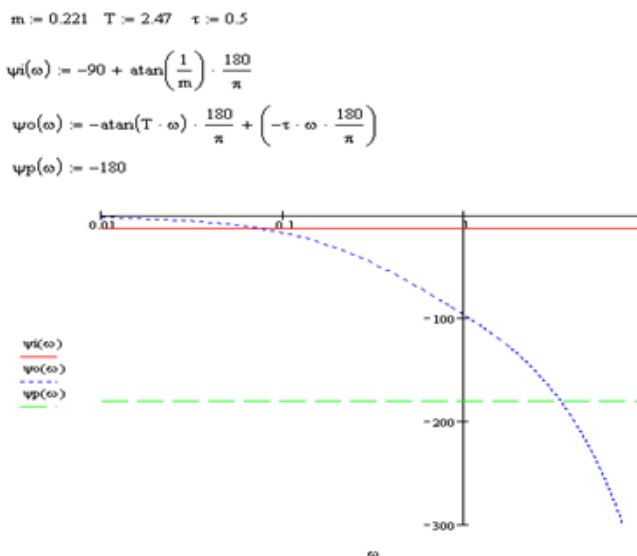


Рисунок 4.8 - Вибір діапазону робочих частот

У знайденому діапазоні робочих частот $\omega_p = 0,08 \dots 3$ Гц будемо відповідно до вираження (4-13) лінію рівного загасання для заданого значення $\psi = 0,75$, якому відповідає показник коливальності $m = 0,221$ (рис. 4.9).

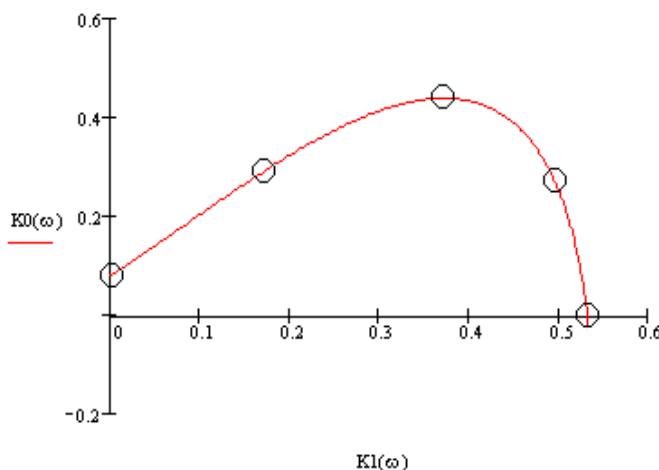


Рисунок 4.9 - Лінії рівного загасання в робочому діапазоні частот

Для визначення оптимальної настройки для п'яти точок, взятих на лінії рівного загасання, визначаємо значення налаштувань ПІ-регулятора, і для них проводимо моделювання. Результати моделювання (перехідні характеристики

замкнутої системи з регулятором) представлено на малюнку 4.10, а значення налаштувань і відповідні їм показники якості наведені в таблиці 4.1.

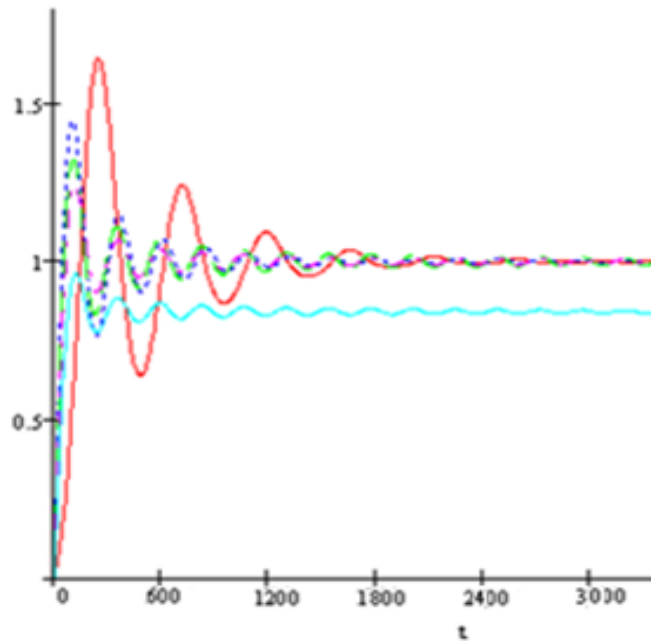


Рисунок 4.10 - Результати моделювання при налаштуваннях ПІ-регулятора, отриманих методом розширених АФЧХ

Таблиця 4.1 - Показники якості

№	k_0	k_1	t_p, c	$\sigma, \%$
1	0,08	0	1607	56
2	0,285	0,167	1556	49
3	0,437	0,374	1127	33
4	0,252	0,5	817	15
5	0	0,53	533	10

Можна помітити, що в разі застосування ПІ-регулятора (найнижча крива) для статичного об'єкта управління ми отримуємо статичну систему, має при заданому ступені загасання велику статичну помилку.

Четверта крива задовольняє заданим показникам якості перехідного процесу, тому ми і вибираємо саме такі настройки регулятора - синтез виконаний успішно.

4.5 Моделювання системи управління в математичному пакеті MatLab (Simulink)

Схема моделювання системи управління в математичному пакеті MatLab (Simulink) представлена на малюнку 4.11.

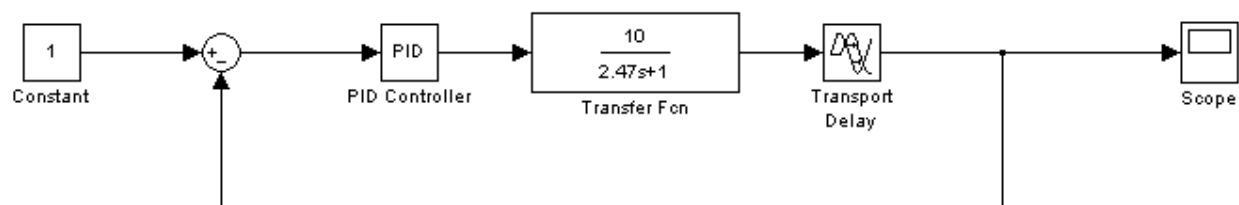


Рисунок 4.11 - Схема моделювання системи управління

Перехідний процес в даній системі має вигляд, зображений на малюнку 4.12.

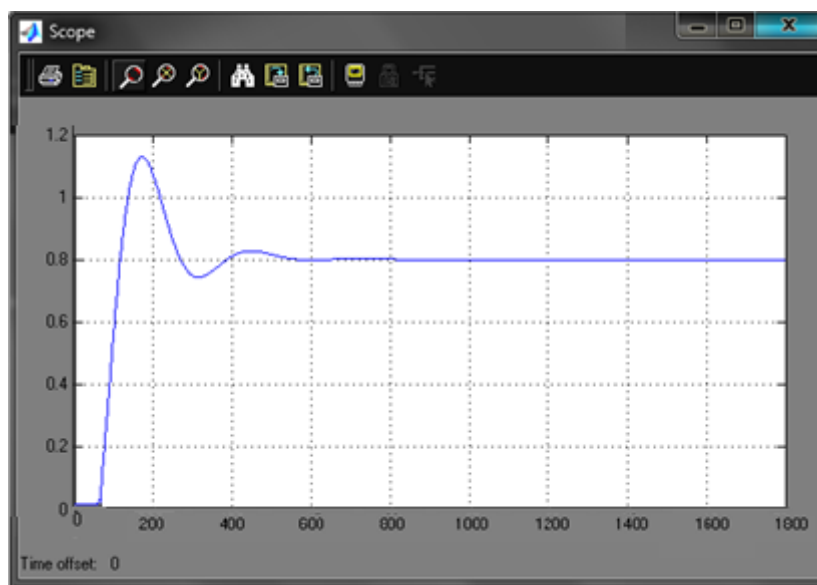


Рисунок 4.12 - Перехідний процес в системі

Аналізуючи перехідний процес, одержуємо такі показники якості:

а) час перехідного процесу:

$$t_p = 617 \text{ c};$$

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

б) перерегулювання:

$$\sigma = \frac{h_{max}(t) - h_{yсм}(t)}{h_{yсм}(t)} = \frac{1,16 - 1}{1} \cdot 100\% = 16\% .$$

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

					СУ-61Ш 6.151.00.05 02 ПЗ	Лист
						71
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

ВИСНОВКИ

На підставі Технічного завдання розроблено інформаційне та технічне забезпечення системи автоматизації.

Система являє собою 2-х рівневу АСУ ТП, до складу якої входять:

- датчики, встановлені безпосередньо на технологічному обладнанні;
- виконавчі органи, які відпрацьовують отримане від контролера вплив;
- контролер, який виконує первинну обробку даних отриманих від датчиків, видає керуючий вплив для регулюючих органів.

Використання сучасних методів управління технологічним процесом, а також сучасних технічних засобів автоматизації в подальшому забезпечить можливість реалізувати якісно нову технологію управління і підвищити ефективність виробництва, що призведе до:

- підвищення якості продукції, що виробляється;
- зниження витрат сировинних і енергетичних ресурсів за деякими статтями витрат на ТП;
- підвищення обсягу продукції, що виробляється;
- скорочення простоїв через несправності;
- збільшення міжремонтних термінів роботи обладнання;
- використовувати мінімальну кількість працівників, необхідних для підтримки ТП в робочому стані і ліквідації аварійних ситуацій.

					СУ-61Ш 6.151.00.05 02 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		72

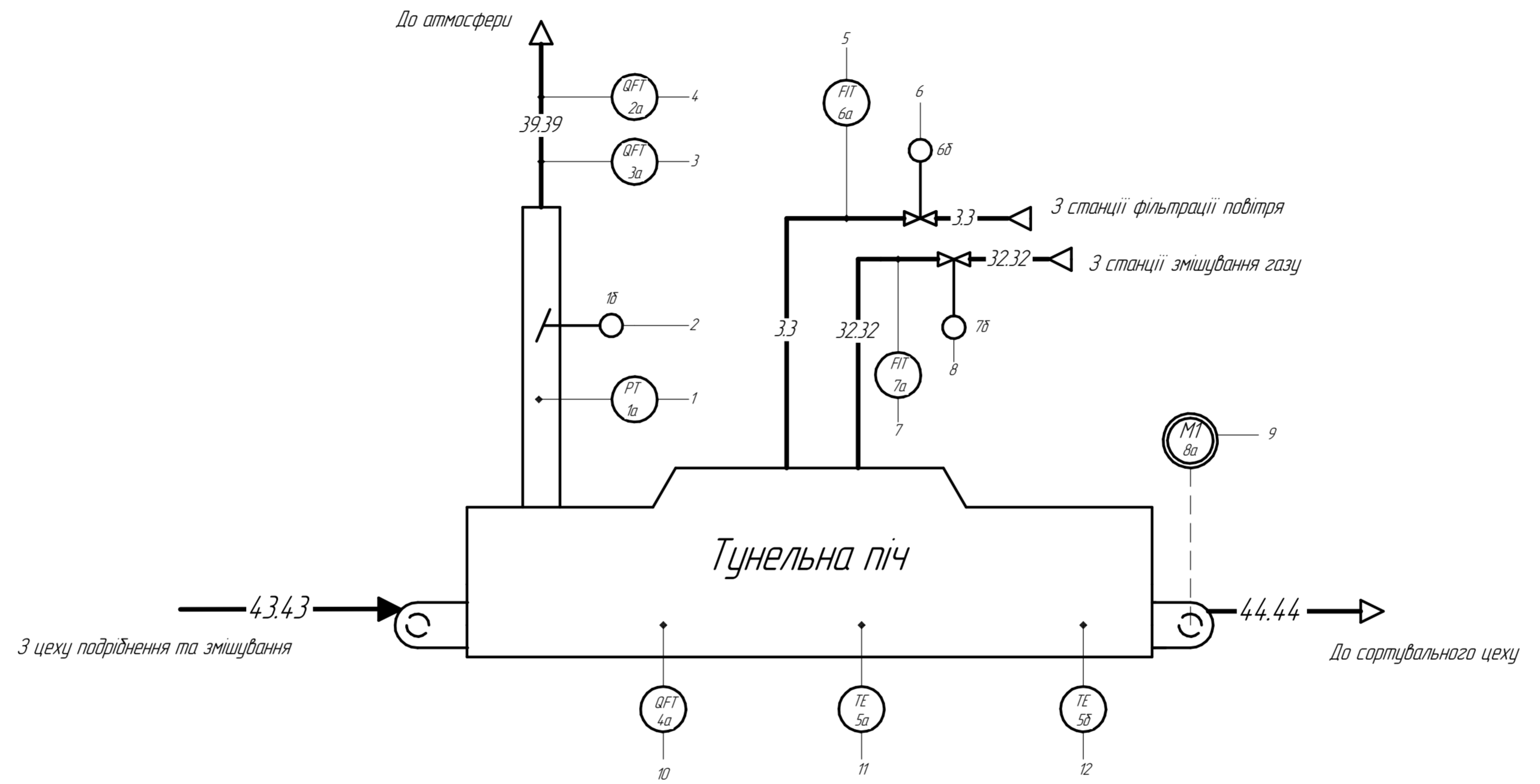
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. 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.
2. Методические указания по оформлению курсовых и дипломных проектов. Инструктивные материалы. Для студентов специальности 7.091401 "Компьютеризованные системы управления и автоматизики". - Сумы.: СумГУ, 1998. - 77 с.
3. Средства инициирования, П.П. Карпов: Высшая школа., 1981. - 285 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. Типовое положение по планированию, учету и калькулированию себестоимости продукции. Утверждено КМ Украины от 26 апреля 1996 № 473.
6. Сайт компании «Овен»: www.owen.ru.
7. Сайт компании SIEMENS: www.simens.com.
8. Теорія автоматичного керування. Попович М.Г., Ковальчук О.Б. Підручник для вузів. – К.: Либідь, 1997. – 542 с.
9. Волошенко А.В., Горбунов Д.Б., Проектирование функциональных схем систем автоматического контроля и регулирования.-Томск.: Изд-во Томского политехнического университета, 2008. – 109 с.
10. Сольнищев Р.И., Автоматизация проектирования систем автоматического управления —М: Высш. шк., 1991. — 335 с.
11. Методичні вказівки з оформлення графічної частини конструкторської документації проектів автоматизації. Структурні, функціональні та принципові схеми / укладач О.Ю. Журавльов. – Суми: Вид-во СумДУ, 2006. – 48с.

					СУ-61Ш 6.151.00.05 02 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		73

12. Технично-економическое обоснование дипломных проектов / под ред. В.К. Беклешова. – М.: Высш.шк., 1991. – 247 с.
13. Экономика и организация производства в дипломных проектах : учебное пособие / К. М. Великанов и др. ; под ред. К.М. Великанова. – 4-е изд., перераб. И доп. – Л.: Машиностроение. Ленингр. отд-ние, 1986, - 288 с.
14. Методичні вказівки до виконання організаційно-економічної частини дипломних проектів / укладачі: О. М. Тур, І. В. Новикова. – Шостка : Сумський державний університет, 2014. – 42 с.
15. Коротков Е.А., Иванов К.С. Пеностекло в дорожном строительстве - новое направление для применения материалов. Вестник МАДИ. 2016; 1 (44): 4-6.
16. Мелконян Р.Г., Казьмина О.В. Использование шахтных отходов для изготовления пеностекла и пенопласта. Горный информационный аналитический бюллетень. 2014; 547-570.
17. Местников А.Е., Павлов Д.Г. Возможности для производство гранулированного пеностекла в условия Якутии. Современные тенденции развития науки и техники. 2016; 1 (8): 32-35.
18. Кениг Й., Петерсен Р.Р., Суворов Д. Газоразделительные реакции при образовании пеностекла, углерод и $MnхOу$ как пенообразователь. Керамика 2017; 43 (5): 4638-4646.
19. Rivard P., Saint-Pierre F. Assessing alkalisilica reaction damage to concrete with non-destructive methods: From the lab to the field. Construction and Building Materials. 2009; 23(2):902-909.
20. Mugoni C., Montorsi M., Siligard iC., Andreola F., Lancellotti I., Bernardo E. et al. Design of glass foams with low environmental impact. Ceramics International. 2015; 41(3):3400-3408.

					СУ-61Ш 6.151.00.05 02 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		74

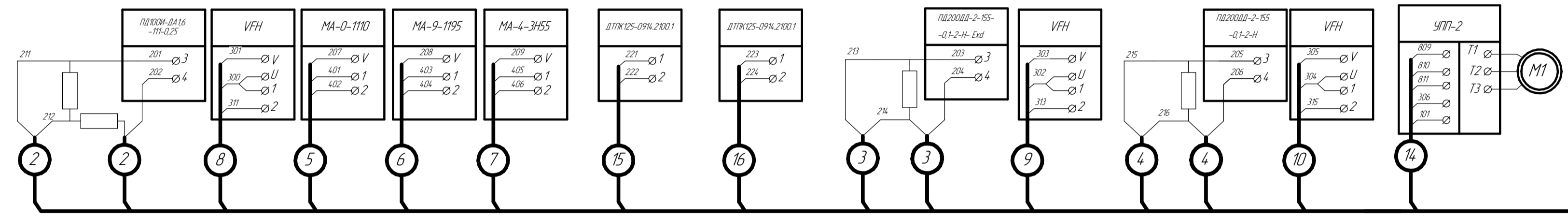


Інв. №	Взам. інв. №	Інв. № дубл.	Підп. і дата
Спроб. №	Підп. і дата		
Перв. примен.			

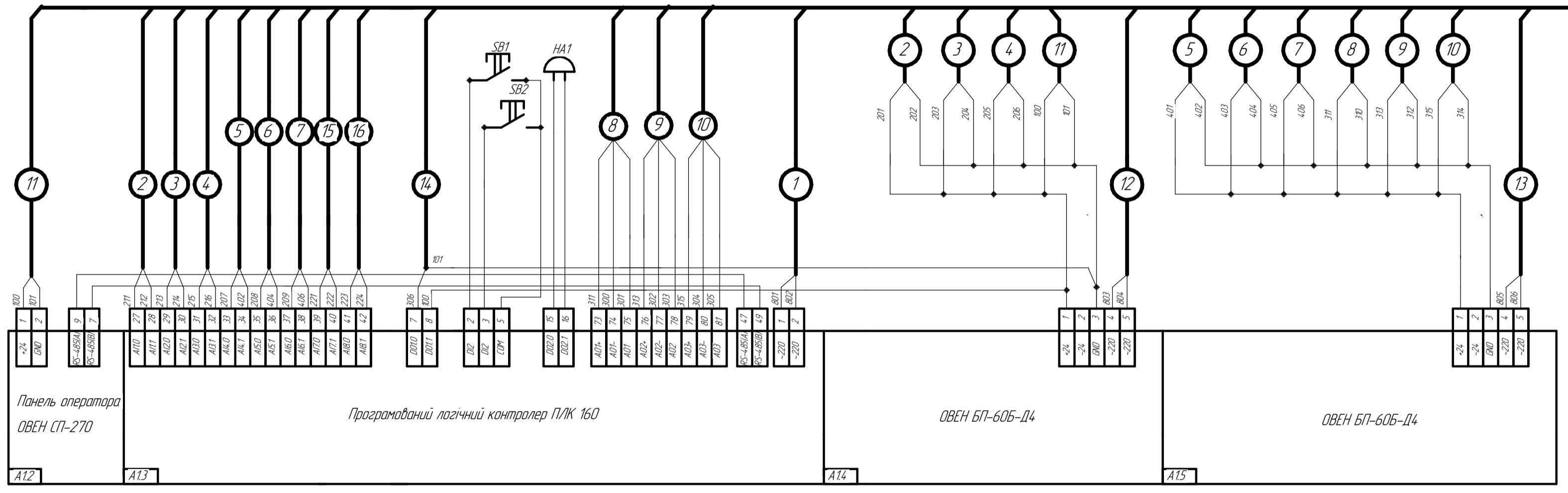
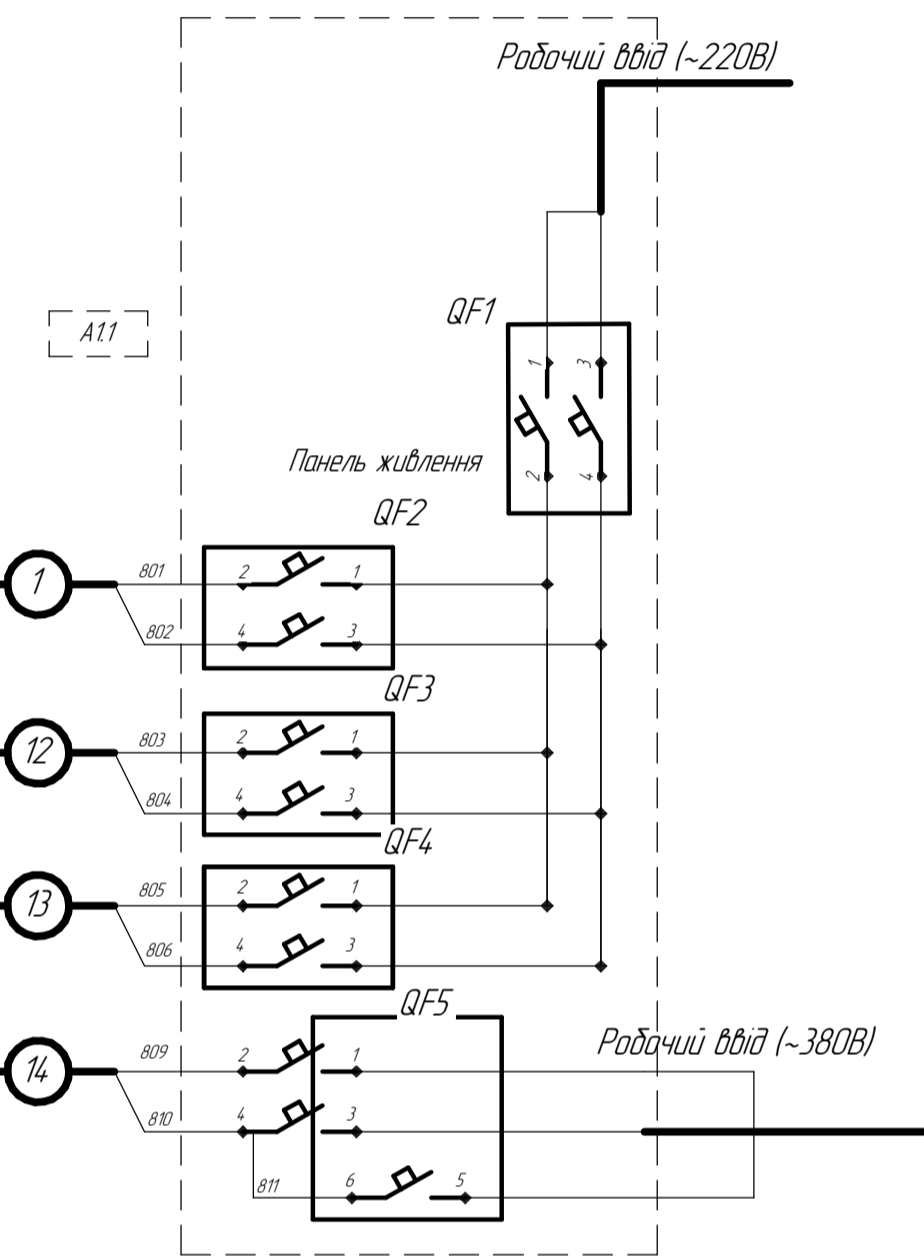
Прилади на щиті	Прилади за місцем	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Панель оператора	МК	AI	DI	AO	DO								
Сигналізація	Контр.												
	Упр.												
	I												
	R												

Позиція	Найменування					
-3.3-	Підготовлене повітря					
-32.32-	Природний газ					
-39.39-	Димові гази					
-43.43-	Сировина					
-44.44-	Формоване піноскло					
СЧ-61Ш 6.151.00.05 02 С1						
Ізм. Лист	№ докум.	Підп.	Дата	Функціональна схема автоматизації	Лист	Масштаб
Разраб.	Іванов С.В.				1:1	
Проб.	Серяков А.Г.				Лист	Листов
І.контр.						1
Н.контр.						
Чтв.	Хидолеу Г.М.					

Місце установки	Тунельна піч для термічної обробки												
Найменування параметра	Тиск димових газів	Клапан регулювання	Вміст CO	Вміст O ₂	Вміст CH ₄	Температура робочої зони		Розхід природного газу	Клапан регулювання	Розхід повітря	Клапан регулювання	Прилад Плавного Пуску	Електро двигун
Позиція	1а	1б	2а	3а	4а	5а	5б	6а	6б	7а	7б	8б	8а



Місце установки	Електрощитова
Найменування параметру	Шкаф управління
Позиція	A11 A12 A13 A14 A15



Лист № 1
Лист № 2
Лист № 3
Лист № 4
Лист № 5
Лист № 6
Лист № 7
Лист № 8
Лист № 9
Лист № 10
Лист № 11
Лист № 12
Лист № 13
Лист № 14
Лист № 15

СЧ-61Ш 6.151.00.05 02 33			
Изм. Лист	№ док.м.	Подп.	Дата
Разраб.	Иванов С.В.		
Пров.	Серяков А.Г.		
Т.контр.			
Исполн.			
Утв.	Хидалеу Г.М.		
Принципова електрична СХЕМА			
Копіював			
Формат А1			