

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

ЗАТВЕРДЖУЮ  
Зав. кафедри СІТ  
Худолей Г.М.  
“ ” \_\_\_\_\_ 2020 р.

## ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ

на тему:

"Система управління технологічним процесом виготовлення хвилеводів"

Керівник проекту

Г.М. Худолей

Проектант

студент групи СУ-61ш-7

Д.А.Коврик

Залікова книжка № 17080026



## РЕФЕРАТ

Коврик Дмитро Антонович. Система управління технологічним процесом виготовлення хвилеводів. Дипломний проект. Шосткинський інститут Сумського державного університету. Шостка, 2020 рік.

Дипломний проект містить 80 аркуші пояснювальної записки, з урахуванням 45 рисунків, 28 таблиці; конструкторську документацію, яка містить 2 креслення; 1 демонстраційні плакат.

Розроблено технічне завдання: система управління технологічним процесом виготовлення хвилеводів на базі програмованого логічного контролера ОВЕН 160.

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

## SUMMARY

Kovrik Dmitry Antonovich. Automation of the technological process of manufacture of waveguides. Diploma project. Shostka institute of the Sumy state University. Shostka, 2020 year.

A diploma project is contained by 80 leaves of explaining message, taking into account 45 pictures, 28 tables; designer document which contains 2 drafts; 1 demonstration posters.

The specification is developed. Automation of the technological process of waveguides, on the basis of the programmable logical controler OVEN 160 is developed.

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

ЗАТВЕРДЖУЮ  
Зав. кафедри СІТ  
Худолей Г.М.  
“ ” \_\_\_\_\_ 2020 р.

## **ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ**

на проектування система управління технологічним процесом виготовлення  
хвилеводів.

Проектував:

Студент групи СУ-61ш-7

Д.А.Коврик

Погоджено:

Керівник проекту

Г.М. Худолей

## ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

### 1. Назва і область застосування

Система управління технологічним процесом виготовлення хвилеводів.

Дана розробка призначена для управління процесом виготовлення хвилеводів, може бути використана на промислових підприємствах і виробництвах .

### 2. Підстави для розробки

Завдання на дипломне проектування, затверджене наказом № \_\_ від " \_27\_ " \_квітня\_ 2020 р.

### 3. Мета і призначення розробки

Метою даної розробки є автоматизація технологічного процесу виготовлення хвилеводу.

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.

### 4. Джерела для розробки

Джерелами для розробки є:

- опис технологічного процесу.

### 5. Умови експлуатації обладнання

Живлення технологічних установок здійснюється від цехової мережі змінного струму з напругою 380 В. Навколишнє середовище має бути не вибухонебезпечним, не містити пилу в концентраціях, що порушує роботу електрообладнання, а також не містити агресивних парів і газів, що руйнують метал і ізоляцію.

Умови експлуатації автоматизованого технологічного процесу виготовлення хвилеводу. Температура виробничого приміщення повинна бути 16..25<sup>0</sup>С, вологість 40...80%.

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 хвилеводів»*

Керівник проекту

Г.М. Худолей

Проектант:

студент групи СУ-61ш-7

Д.А. Коврик

Залікова книжка № 17080026

# ЗМІСТ

С.

СПИСОК СКОРОЧЕНЬ І ПОЗНАЧЕНЬ.....	3
ВСТУП.....	4
1 КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГІЧНИЙ АНАЛІЗ ОБ'ЄКТУ УПРАВЛІННЯ.....	6
2 ВИБІР КАНАЛІВ УПРАВЛІННЯ, СИГНАЛІЗАЦІЇ ТА БЛОКУВАННЯ.....	16
3 ВИБІР СУЧАСНИХ ЗАСОБІВ АВТОМАТИЗАЦІЇ, РОЗРОБКА СИСТЕМИ СИГНАЛІЗАЦІЇ ТА ЗАХИСТУ.....	23
4 АЛГОРИТМІВ РОБОТИ СИСТЕМИ.....	60
5 РОЗРАХУНКОВА ЧАСТИНА.....	66
ВИСНОВКИ.....	83
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ.....	84

					<b>СУ-61Ш.6.151.00.05.03.ПЗ</b>			
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>				
<i>Разраб.</i>		Коврик Д.А.			Система управління технологічним процесом виготовлення хвилеводів Пояснювальна записка	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Провер.</i>		Худолей Г.М.					2	85
<i>Реценз.</i>						ШІ СумДУ		
<i>Н. Контр.</i>								
<i>Утверд.</i>		Худолей Г.М.						

## СПИСОК СКОРОЧЕНЬ І ПОЗНАЧЕНЬ

ВР– вибухова речовина

ТП – технологічний процес.

ПЧ – перетворювач частоти.

ОУ – об'єкт управління.

АСУ ТП – автоматизована система управління технологічним процесом.

ПЛК – програмований логічний контролер.

ПК – персональний комп'ютер.

					СУ-61Ш.6.151.00.05.03.ПЗ	Лист
						3
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		





## СПИСОК СКОРОЧЕНЬ І ПОЗНАЧЕНЬ

ВР– вибухова речовина

ТП – технологічний процес.

ПЧ – перетворювач частоти.

ОУ – об'єкт управління.

АСУ ТП – автоматизована система управління технологічним процесом.

ПЛК – програмований логічний контролер.

ПК – персональний комп'ютер.

					СУ-61Ш.6.151.00.05.03.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		3

## ВСТУП

В даний час виробництво хвилеводів є важливою галуззю оборонної та гірничодобувної промисловості. Хвилевід у порівнянні з традиційними системами ініціювання (детонаційний шнур і електродетонатор) обумовлений більш високою надійністю, безпекою і перспективами щодо вдосконалення керування енергією вибуху.

Неелектричні системи ініціювання застосовуються для передачі ініціюючого імпульсу від первинного ініціатора (капсуля детонатора або електродетонатора) через хвилевід, вмонтовану в детонатор системи до проміжного детонатора (для свердловинних зарядів) або патрону-бойовику (для шпурових зарядів).

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

Підвищення ступеня автоматизації підприємства веде до покращення стабільності технологічного процесу, що в кінцевому підсумку позитивно позначається на якості готової продукції і веде до зниження її собівартості.

Використання автоматичних систем і механізмів при виготовленні хвилеводів дозволяє підвищити безпеку, знизити ймовірність травм, забезпечити високу продуктивність і звільнити людей від фізично важкої і трудомісткої роботи.

Існуюче виробництво хвилеводів складається з двох окремих ліній. У підсумку ми отримуємо гірші техніко-економічні показники, оскільки виробництво має підвищений рівень витрат електроенергії, а також даний спосіб сповільнює виробництво так як не є неперервним.

					СУ-61Ш.6.151.00.05.03.ПЗ	Арк.
						4
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Завданням роботи є вирішення питань, зв'язаних з побудовою системи автоматизованого керування, здатної забезпечити: потрібний рівень безпеки проходження технологічного процесу виготовлення хвилеводів, покращити техніко-економічні показники, забезпечити санітарно-гігієнічні норми і безпечні умови праці згідно європейських стандартів.

Робота виконується на основі завдання кафедри системотехніки і інформаційних технологій.

Основний зміст роботи викладено в п'яти розділах, де представлені конструктивно-технологічний аналіз об'єкта, вибір параметрів технологічного процесу, вибір каналів контролю і керування, вибір засобів автоматизації, розроблений алгоритм роботи системи, розроблена модель сушилки, розроблені функціональна схема та електрична принципова схема автоматизації.

					СУ-61Ш.6.151.00.05.03.ПЗ	Арк.
						5
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

# 1 КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГІЧНИЙ АНАЛІЗ ОБ'ЄКТА УПРАВЛІННЯ

## 1.1 Опис технологічного процесу

Хвилевід – один із елементів неелектричної системи ініціювання вибухів. Хвилевід виготовлюється на автоматизованій лінії методом екструзії і складається із трьох шарів пластику, котрі витримують високі механічні і теплові навантаження, стійкість до впливів агресивних середовищ. На внутрішній шар хвилеводу нанесена вибухова речовина, котра після ініціювання розвиває стійкий вибуховий процес, котрий поширюється всередині трубки зі швидкістю близько 2000м/с. Технологічна схема виготовлення хвилеводів представлена на рисунку 1.1.

Гранульований термопласт(Surlun8949-E) надходить із складу за допомогою конвеєра №1 в бункер екструдера основи хвилевода, де захоплюється шнеком і переміщується вздовж корпусу. В результаті теплового впливу електричнагрівачів зі встановленими режимами обігріву таблиця 1.1, розташованих в корпусі, механічного впливу шнека в корпусі екструдера і фактору часу термопласт пластифікується, ущільнюється і гомогенізується у міру просування до голівки, де відбувається процес екструдювання.

Таблиця 1.1 – Встановлені режими обігріву зон екструдера №1 основи хвилевода і голівки

Зона 1	Зона 2	Зона 3	Головка
185°C	185°C	190°C	185°C

Формування основи хвилеводу проводиться в формуючому зазорі екструзійної голівки. Вибухова речовина (ВР) надходить із вібробункера в канал фільтри

					СУ-61Ш.6.151.00.05.03.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		6

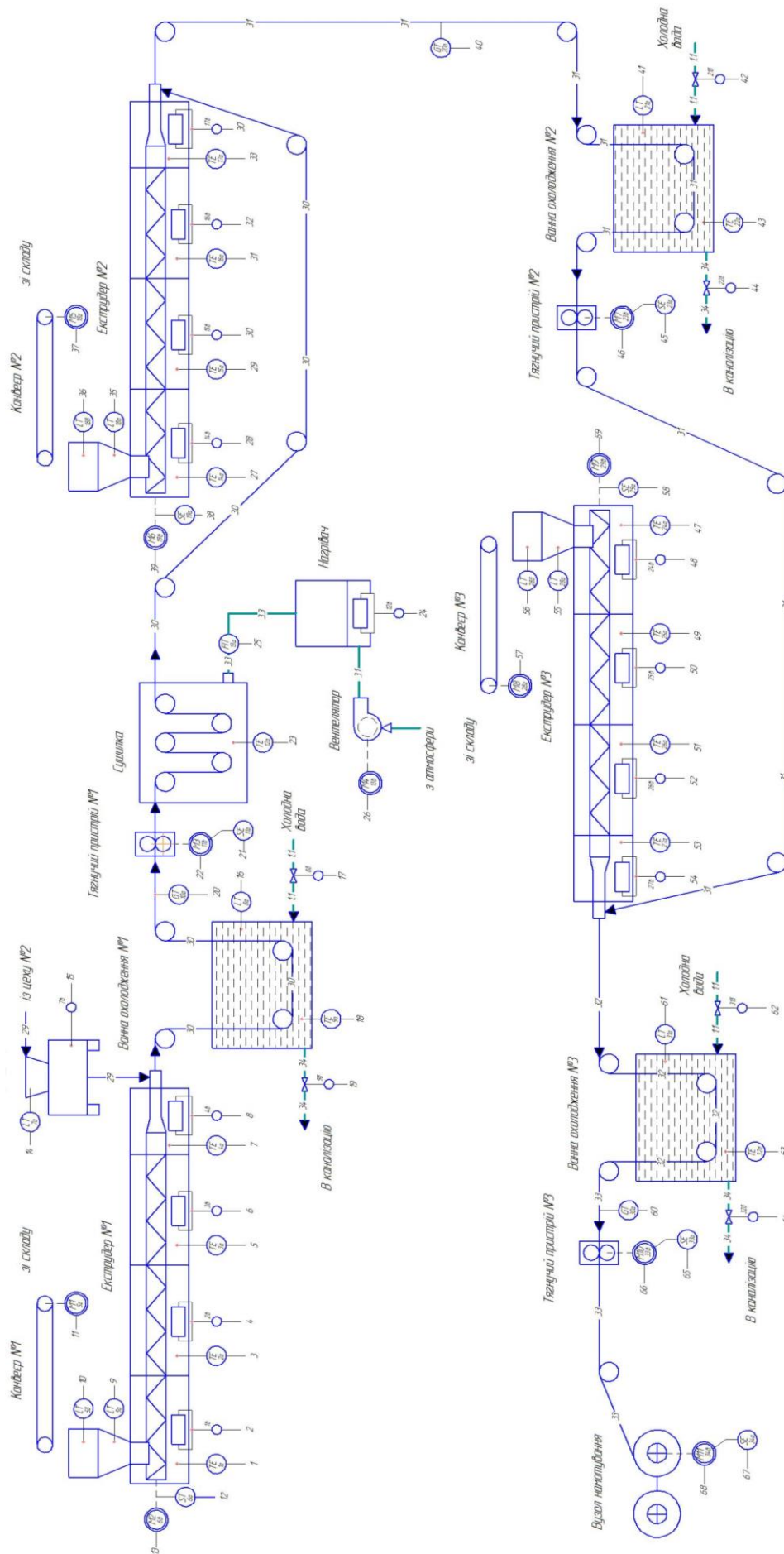


Рисунок 1.1 – Технологічна схема виготовлення хвилеводів.

Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата

СУ-61Ш.6.151.00.05.03.ПЗ

Арк.

7

екструзійної головки і з допомогою розпилювача напилюється на внутрішню стінку розплавленої трубки основи хвилеводу. Максимальна кількість ВР у вібробункері не більше 35г.

Остаточне формування основи хвилеводу відбувається при витягуванні його за допомогою тягнучого пристрою. Сформована основа хвилеводу охолоджується у ванні з водою, потім підсушується в сушилці.

Температура в сушилці  $+32+34$  °С, навішування з ДС повинна знаходитись в межах 20-30мг/м. Діаметр основи повинен знаходитись в межах  $2.2\pm 0.1$ мм.

Основа хвилеводу виробляється зі швидкістю 18 м/хв. Для нанесення двошарового покриття основу хвилеводу пропускають через тягнучий пристрій, після цього основу заправляють в головку екструдера через фторопластову трубку поки вона не буде схоплена плавом. В таблиці 1.2 наведені температурні режими для ПЕНТ. Після нанесення шару ПЕНТ виріб надходить до ванни охолодження.

Швидкість тягнучого пристрою основи хвилеводу (далі перший тягнучий пристрій) повинна бути трохи більшою за швидкість тягнучого пристрою хвилеводу (18 м/хв), для того щоб забезпечити виникнення петлі між екструзійною головкою і першим тягнучим пристроєм, довжиною приблизно (1,5-1,8)м.

Діаметр двошарової трубки повинен знаходитись в межах 2.8-2.9 мм.

Таблиця 1.2 – Встановлені режими обігріву зон екструдера №2 для нанесення ПЕНТ

Зона 1	Зона 2	Зона 3	Головка
175-196°С	185-210°С	200-220°С	200-220°С

Далі через тягнучий пристрій №2 основа надходить до зони нанесення шару ПЕВТ. В таблиці 1.3 наведені температурні режими для ПЕВТ. Після чого готовий хвилевід протягується тягнучим пристроєм через ванну охолодження, і намотується на намотувальний пристрій.

Таблиця 1.3 – Встановлені режими обігріву зон екструдера №3 для нанесення ПЕВТ

Зона 1	Зона 2	Зона 3	Головка
135-150°C	145-165°C	155-175°C	200-220°C

Діаметр готового виробу повинен знаходитися в межах  $3.2 \pm 0.2$  мм, довжина виробу не повинна перевищувати 1500 м.

Температура в екструдерах для нанесення ПЕНТ, ПЕВТ по зонам встановлюється з різницею  $(5-20) ^\circ\text{C}$ , при цьому в кожній наступній зоні повинна бути вище ніж в попередній ( $T_{\text{зона 3}} > T_{\text{зона 2}} > T_{\text{зона 1}}$ ).

					СУ-61Ш.6.151.00.05.03.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		9



## 1.2 Схема інформаційно-матеріальних потоків

Виконавши аналіз технологічного процесу виготовлення хвилеводів була схема руху матеріальних потоків, яка представлена на рисунку 1.2.

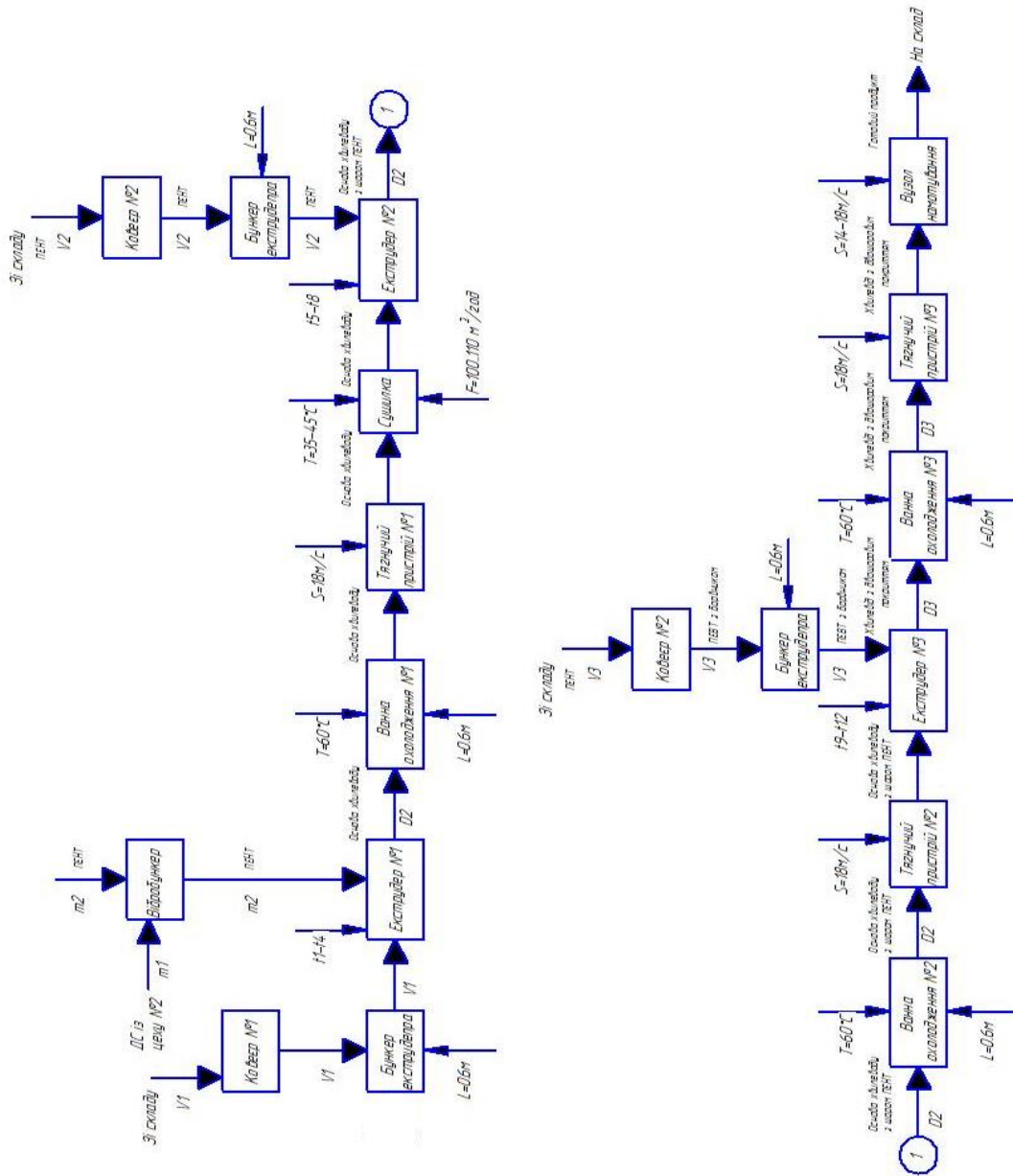


Рисунок 1.2 – Схема інформаційно-матеріальних потоків виготовлення хвилеводів

Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата

Кінці кожної котушки з хвилеводом загерметизувати будь-якою мастикою. На котушку прикріпити ярлик з вказанням: кількості продукту м, дату виготовлення хвилеводу, партію і навіску ДС, номер котушки, номер kabіни, прізвище оператора виготовлення хвилеводу, зміну майстра.

На основі аналізу технологічного процесу та схеми руху матеріальних потоків визначимо параметри для сигналізації контролю, управління, та зведемо їх до таблиці 1.4.

Таблиця 1. 4 - Перелік параметрів сигналізації, контролю та управління

№	Найменування параметр, місце відбору вимірюючого імпульсу	Задане значення параметру, допустимі відхилення	Відображення інформації					Найменування керуючого впливу, місце встановлення керуючого органу.	Характеристики середовища			
			Показання	Резстрація	Похибка	Сигналізація	Регулювання		Давачів		Керуючих органів	
									Агресивне	Пожежо і вибухонебезпе	Агресивне	Пожежо і вибухонебезпе
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	Температура зони 1 в екструдері №1 основи хвилеводу	185°C	+	+	± 5%	+	+	Зміна потужності нагрівача зони 1	-	+	-	-
2	Температура зони 2 в екструдері №1 основи хвилеводу	185°C	+	+	± 5%	+	+	Зміна потужності нагрівача зони 2	-	+	-	-
3	Температура зони 3 в екструдері №1 основи хвилеводу	190°C	+	+	± 5%	+	+	Зміна потужності нагрівача зони 3	-	+	-	-

Продовження таблиці 1.4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
4	Температура екструзійної головної в екструдері №1 основи хвилеводу	185°C	+	+	± 5%	+	+	Зміна потужності нагрівача головки екструдера	-	+	-	-
5	Рівень в бункері та воронці екструдера №1 основи хвиле-воду	0.3-0.6м	+	+	± 5%	+	+	Зміна подачі подачі гранульованого термопласту	-	+	-	-
6	Швидкість екструдера №1 основи хвилеводу	55м/с	+	+	± 5%	+	+	Зміна швидкості обертання шнека.	-	-	-	-
7	Рівень ДС в вібробункері	20-30мг/м	+	+	± 5%	+	+	Зміна подачі ДС	-	+	-	-
8	Рівень холодної води ванна охолодження №1	0.6м	+	+	± 5%	+	+	Відкриття клапану подачі холодної води	-	+	-	+
9	Температура води в ванні охолодження №1	60°C	+	+	± 5%	+	+	Відкриття клапану зливу води в каналізацію	-	+	-	+
10	Діаметр основи хвилеводу	2.2±0.1 мм	+	+	± 5%	+	-	-	-	+	-	-
11	Швидкість тягнучого пристрою №1	18м/с	+	+	± 5%	+	+	Зміна швидкості тягнучого пристрою	-	-	-	-

Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата

СУ-61Ш.6.151.00.05.03.ПЗ

Арк.

12

## Продовження таблиці 1.4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
12	Температура в сушилці	32-34°C	+	+	± 5%	+	+	Зміна потужності нагрівача	-	+	-	-
13	Витрата в трубопроводі подачі атмосферного повітря в сушилку	100-110 м <sup>3</sup> /час	+	+	± 5%	+	+	Частотою обертання валу двигуна вентилятора.	-	+	-	+
14	Температура зони 1 в екструдері №2 для ПЕНТ	175-195 °C	+	+	± 5%	+	+	Зміна потужності нагрівача зони 1 екструдера для ПЕНТ	-	+	-	-
15	Температура зони 2 в екструдері №2 для ПЕНТ	185-210 °C	+	+	± 5%	+	+	Зміна потужності нагрівача зони 2 екструдера для ПЕНТ	-	+	-	-
16	Температура зони 3 в екструдері №2 для ПЕНТ	200-220 °C	+	+	± 5%	+	+	Зміна потужності нагрівача зони 3 екструдера для ПЕНТ	-	+	-	-
17	Температура екструзійної головки в екструдері №2 для ПЕНТ	200-220 °C	+	+	± 5%	+	+	Зміна потужності нагрівача екструзійної головки екструдера для ПЕНТ	-	+	-	-
18	Рівень в бункері та воронці екструдера №2 для ПЕНТ	0.3-0.6м	+	+	± 5%	+	+	Зміна подачі подачі ПЕНТ	-	+	-	+
19	Швидкість екструдера №2 для ПЕНТ	55м/с	+	+	± 5%	+	+	Зміна швидкості обертання шнека.	-	-	-	-

Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата

СУ-61Ш.6.151.00.05.03.ПЗ

Арк.

13

Продовження таблиці 1.4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
20	Діаметр хвилеводу з ПЕНТ	2.9±0.1 мм	+	+	± 5%	+	-	Діаметр основи хвилеводу з ПЕНТ	-	+	-	-
21	Рівень холодної води ванна охолодження №2	0.6м	+	+	± 5%	+	+	Відкриття клапану подачі холодної води	-	+	-	+
22	Температура води в ванні охолодження №2	60°C	+	+	± 5%	+	+	Відкриття клапану зливу води в каналізацію	-	+	-	+
23	Швидкість тягнучого пристрою №2	18м/с	+	+	± 5%	+	+	Зміна швидкості тягнучого пристрою №2	-	-	-	-
24	Температура зони 1 в екструдері №3 для ПЕВТ	135-150 °C	+	+	± 5%	+	+	Зміна потужності нагрівача зони 1 екструдера для ПЕВТ	-	+	-	-
25	Температура зони 2 в екструдері №3 для ПЕВТ	145-165 °C	+	+	± 5%	-	-	Зміна потужності нагрівача зони 2 екструдера для ПЕВТ	-	+	-	-
26	Температура зони 3 в екструдері для ПЕВТ	155-175 °C	+		± 5%			Зміна потужності нагрівача зони 2 екструдера для ПЕВТ	-	+	-	-
27	Температура екструзійної головки в екструдері №2 для ПЕНТ	200-220 °C	+	+	± 5%	+	+	Зміна потужності нагрівача екструзійної головки екструдера для ПЕНТ	-	+	-	-

Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата

СУ-61Ш.6.151.00.05.03.ПЗ

Арк.

14

## Продовження таблиці 1.4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
28	Рівень в бункері та воронці екструдера №3 для ПЕВТ	0.3-0.6м	+	+	± 5%	+	+	Зміна подачі подачі ПЕВТ	-	+	-	-
29	Швидкість екструдера №3 для ПЕВТ	55м/с	+	+	± 5%	+	+	Зміна швидкості обертання шнека.	-	-	-	-
30	Діаметр хвилеводу з ПЕВТ	3.2±0.2 мм	+	+	± 5%	+	-	-	-	+	-	+
31	Рівень холодної води ванна охолодження №3	0.6м	+	+	± 5%	+	+	Відкриття клапану подачі холодної води	-	+	-	+
32	Температура води в ванні охолодження №3	60 °С	+	+	± 5%	+	+	Відкриття клапану зливу води в каналізацію	-	+	-	+
33	Швидкість тягнучого пристрою №3	17.5м/с	+	+	± 5%	+	+	Зміна швидкості тягнучого пристрою №3	-	-	-	-
34	Швидкість намоточного пристрою	14-18м/с	+	+	± 5%	+	+	Зміна швидкості двигунатнамот очного пристрою	-	-	-	-

Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата

СУ-61Ш.6.151.00.05.03.ПЗ

Арк.

15

## 2 ВИБІР КАНАЛІВ УПРАВЛІННЯ, СИГНАЛІЗАЦІЇ І БЛОКУВАННЯ

Вибір величин, що регулюють в процес мають цільове значення, зв'язок з наступними процесами, показники ефективності, а також має підтримуватись значення параметра. Далі йде аналіз того, який збурюючий вплив може надходити до об'єкту управління і шляхи подолання збурень.

Для забезпечення безпеки технологічного процесу є необхідність в контролі технологічного параметра та його сигналізації.

Аналізуючи схему руху матеріальних потоків було визначено наступні контури управління, контролю і сигналізації.

### 2.1 Управління температурою в зоні 1 екструдера №1 основи хвилеводу.

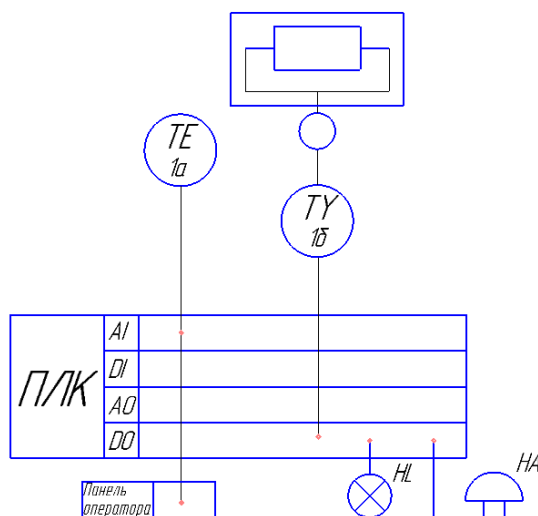


Рисунок 2.1 – Контур регулювання температури в зоні 1 екструдера №1 основи хвилеводу.

В якості датчика температури використовуємо термоперетворювач опору ОВЕН ДТС 045.И.ЕХІ (поз. 1а), сигнал зміни температури у вигляді 4-20 мА надходить на аналоговий вхід ПЛК 160 (програмний логічний

контролер) (поз. 35б), цей сигнал порівнюється з заданим значенням температури, якщо значення параметра не дорівнює заданому, то на контролері утворюється дискретний вихідний сигнал, який надійде на виконавчий механізм в якості якого виступає твердотільне реле HD-1025.LA (поз. 1б), який подасть напругу на ТЕН.

Дискретний сигнал з виходу контролера надходить до сигнальної лампи HL та до дзвоника HA, що сигналізує про те, що температура вийшла за межі заданого значення.

Наступні контури мають аналогічну структуру контуру екструдер 1 основи хвилевода зона 1 : екструдер 1 зона 2, екструдер 1 зона 3, екструдер 1 екструзійна головка, екструдер 2 зона 1, екструдер 2 зона 2, екструдер 2 зона 3, екструдер 2 екструзійна головка, екструдер 3 зона 1, екструдер 3 зона 2, екструдер 3 зона 2, екструдер 3 екструзійна головка, температура сушилки.

## 2.2 Управління рівнем в бункері і воронці екструдера №1 основи хвилевода.

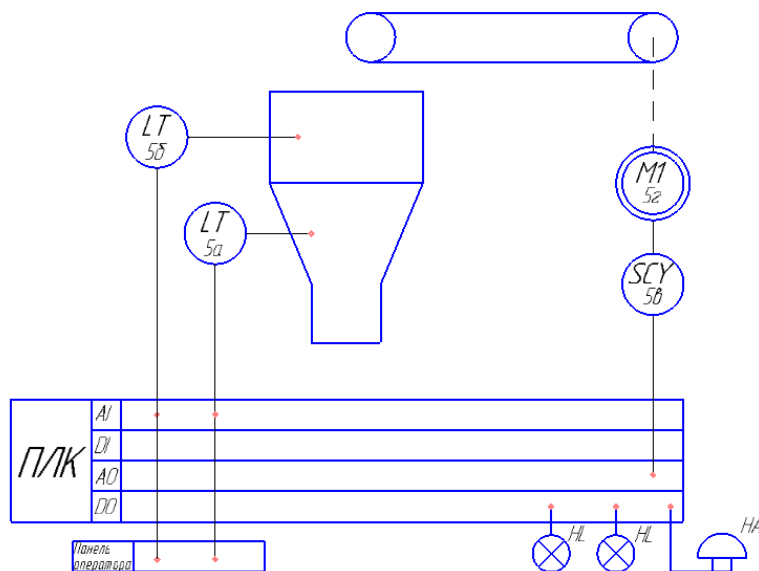


Рисунок 2.2 – Контур управління рівнем в бункері і воронці екструдера основи хвилевода.



В якості датчика рівнів в воронці та бункері використовуємо два ємнісних рівнеміра FineTek, SA 270 (поз. 5а,5б). Сигнали зміни рівня в бункері та воронці у вигляді 4-20 мА надходять на аналогові входи ПЛК 160 (програмний логічний контролер) (поз. 35б), ці сигнали порівнюються з заданими значеннями рівнів , якщо значення параметрів не дорівнює заданим, то на контролері утворюється аналоговий вихідний сигнал, який надійде частотний перетворювач (поз.5в) який здійснює управління електродвигуном конвеєра(поз.5г) .

Дискретні сигнали з виходу контролера надходить до сигнальних ламп НЛ, та до дзвоника НА , що сигналізує про те, що рівні вийшли за межі заданого значення.

Наступні контури мають аналогічну структуру контуру рівень в бункері і воронці екструдера №1 основи хвилевода : Рівень в бункері та воронці екструдера №2 для ПЕВТ, рівень в бункері та воронці екструдера №3 для ПЕВТ.

### 2.3 Контур контролю та управління швидкістю екструдера №1 основи хвилевода.

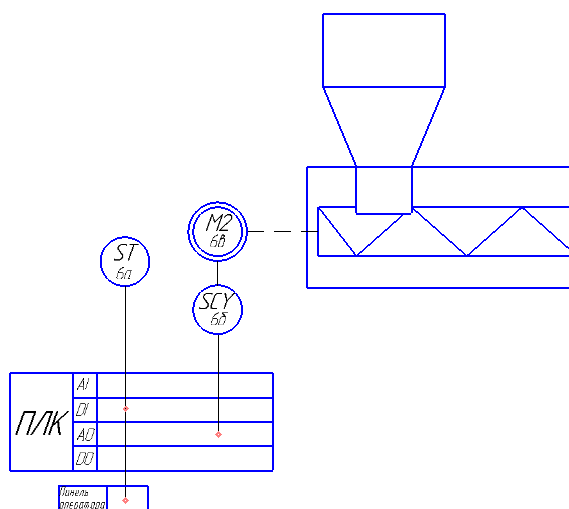


Рисунок 2.3– Контур контролю та управління швидкістю екструдера №1 основи хвилевода.

В якості датчика використовуємо інкрементальний енкодер E40S8-1-2-T-24 (поз. 6а), сигнал зміни швидкості у вигляді 0-5 В надходить на дискретний вхід ПЛК 160 (програмний логічний контролер) (поз. 35б), цей сигнал порівнюється з заданим значенням швидкості, якщо значення параметра не дорівнює заданому, то на контролері утворюється аналоговий вихідний сигнал, який надходить на частотний перетворювач (поз.6б) який здійснює управління електродвигуном екструдера.

Наступні контури мають аналогічну структуру контур контролю та управління швидкістю екструдера №1 основи хвилевода : швидкість екструдера №2 для ПЕНТ, швидкість екструдера №3 для ПЕВТ, швидкість тягнучого пристрою №1, швидкість тягнучого пристрою №2, швидкість тягнучого пристрою №3, вузол намотування.

#### 2.4 Управління рівнем в вібробункері.

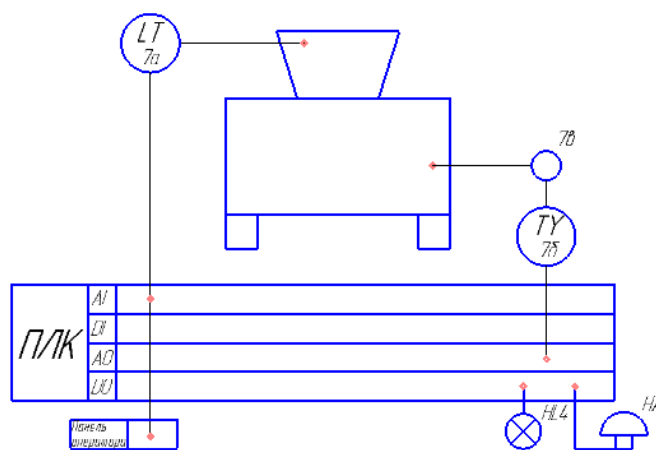


Рисунок 2.4 – Контур керування рівнем в вібробункері

В якості датчика рівня використовуємо ємнісний рівнемір FineTek, SA 270 (поз. 7а), сигнал зміни рівня у вигляді 4-20 мА надходить на аналоговий вхід ПЛК (програмний логічний контролер) (поз. 35б), цей сигнал

порівнюється з заданим значенням, якщо значення параметра не дорівнює заданому, то на контролері утворюється вихідний аналоговий сигнал, який надійде на виконавчий механізм в якості якого виступає твердотільне реле ND-1025.LA (поз.7б), який здійснює управління вібробункером.

Дискретний сигнал з виходу контролера надходить до сигнальної лампи HL та до дзвоника HA, що сигналізує про те, що рівень вийшов за межі заданого значення.

## 2.5 Управління рівнем в ванні охолодження №1

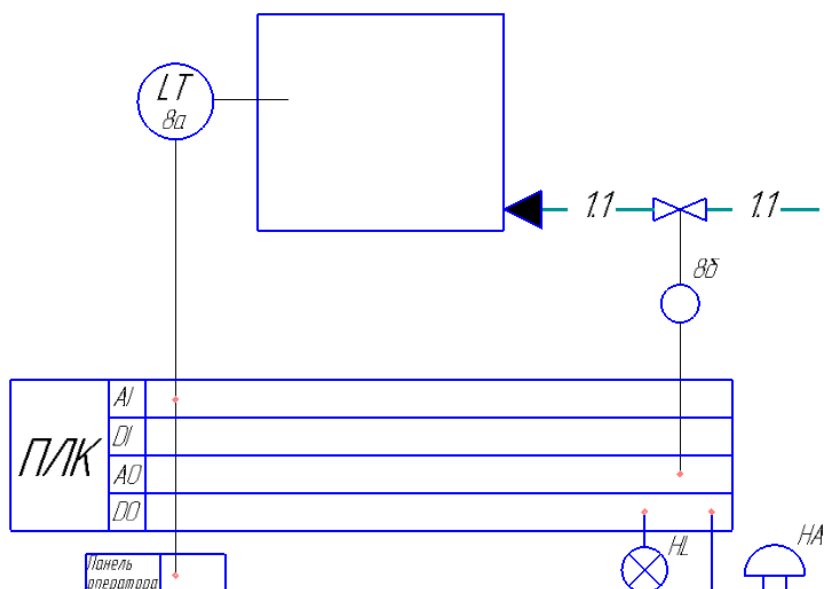


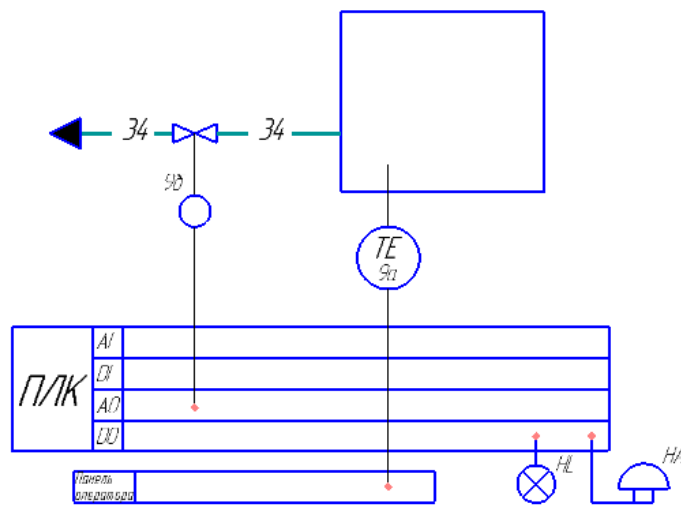
Рисунок 2.5 - Контур керування рівнем в ванні охолодження №1

В якості датчика рівня використовуємо рівнемір ОВЕН ПДУ-И.750-EXD (поз. 8а), сигнал зміни рівня у вигляді 4-20 мА надходить на аналоговий вхід ПЛК (програмний логічний контролер) (поз. 35б), цей сигнал порівнюється з заданим значенням, якщо значення параметра не дорівнює заданому, то на контролері утворюється вихідний аналоговий сигнал, який надійде на виконавчий механізм в якості якого виступає електропривід REGADA ST mini 472.0-0DFAG/00 (поз.8б), який здійснює управління.

Дискретний сигнал з виходу контролера надходить до сигнальної лампи HL та до дзвоника HA, що сигналізує про те, що рівень вийшов за межі заданого значення.

Наступні контури мають аналогічну структуру контур управління рівнем в ванні охолодження №1: Ванна охолодження №2, ванна охолодження №3.

## 2.6 Управління температурою в ванні охолодження №1



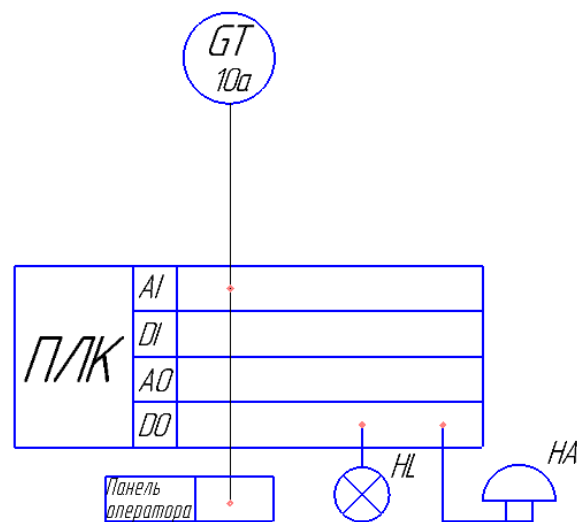
2.6 – Контур управління температурою в ванні охолодження №1

В якості датчика температури ОВЕН ДТС045.И.ЕХІ використовуємо (поз. 9а), сигнал зміни температури у вигляді 4-20 мА надходить на аналоговий вхід ПЛК (програмний логічний контролер) (поз. 34б), цей сигнал порівнюється з заданим значенням, якщо значення параметра не дорівнює заданому, то на контролері утворюється вихідний аналоговий сигнал, який надійде на виконавчий механізм в якості якого виступає електропривід REGADA ST mini 472.0-0DFAG/00 (поз.9б), який здійснює управління.

Дискретний сигнал з виходу контролера надходить до сигнальної лампи HL та до дзвоника HA , що сигналізує про те, що рівень вийшов за межі заданого значення.

Наступні контури мають аналогічну структуру контур управління температурою в ванні охолодження №1: Ванна охолодження №2 ,ванна охолодження №3.

### 2.7 Контур контролю діаметру основи хвилеводу



2.7 –Контур контролю діаметру основи хвилеводу.

В якості датчика використовуємо однокоординатний лазерний вимірювач діаметру ІД-30П (поз. 10а), сигнал зміни діаметру , у вигляді 4-20 мА, надходить на аналоговий вхід ПЛК (програмний логічний контролер) (поз. 356).

Інші контури мають аналогічні принципи роботи.

З виходу контролера дані надходять на ПК, де записуються і зберігаються у його пам'яті. Також у разі необхідності за допомогою ПК можна управляти параметрами і змінювати задані значення на контролері.

### **3 ВИБІР СУЧАСНИХ ЗАСОБІВ АВТОМАТИЗАЦІЇ, РОЗРОБКА СИСТЕМИ СИГНАЛІЗАЦІЇ І ЗАХИСТУ**

З урахуванням технологічних особливостей об'єкту керування виберемо засоби автоматизації за допомогою яких буде здійснюватися керування процесом. В першу чергу беруть до уваги такі фактори, як пожеже- та вибухонебезпечність, агресивність і токсичність середовищ, число параметрів, котрі приймають участь в керуванні, та їх фізико-хімічні властивості, також вимоги до якості контролю та регулювання.

Головною особливістю вибору засобів автоматизації для процесу виготовлення хвилеводів в першу чергу є: пожеже- та вибухонебезпечність, якість, надійність, точність, дешевизна. Також беруться до уваги, уніфікованість приладів під сучасні засоби прийому/передачі і обробки інформації, а також вибір засобів автоматизації від одного виробника для того щоб уникнути конфліктів у протоколі RS-485.

#### **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 датчика температури**

В даному ТП проводиться управління температурою у екструдерах та сушилці. Так як діапазон температури невеликий, для її вимірювання можливе застосування термометрів опору.

Можливе використання наступних термометрів опору:

- Термоперетворювач ОВЕН ДТС 045.И.ЕХІ;

					СУ-61Ш.6.151.00.05.03.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		23

- Термоперетворювач опору ДТС054-50П.Ех-Т4.

**а) Технічні характеристики термоперетворювача опору ОВЕН ДТС 045.И.ЕХІ**

Основні технічні характеристики даного термоперетворювача опору наведені у таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 - Технічні характеристики термоперетворювача опору ДТС 045.И.ЕХІ;

Найменування параметра	Значення
Робочий діапазон вимірюваних температур	-50...+300 °С
Номінальна статична характеристика (НСХ)	Pt100
Вихідний сигнал	4-20мА
Номінальне значення напруги живлення (постійного струму)	24 В
Умовний тиск	6,3 МПа
Показник теплової інерції	не більше 10...30 с
Опір ізоляції	не менше 100 МОм
Кількість чутливих елементів	1 або 2
Схема внутрішніх з'єднань провідників	4 – чотирьохдротова
Клас точності	0.5
Ступінь захисту корпусу датчика	IP65
Тип нарізного штуцера	метрична різь
Матеріал захисної арматури	сталь 12Х18Н10Т латунь
Вибухозахищеність	+
Вартість, грн	926, 00

Зовнішній вигляд термоперетворювача ДТС 045.И.ЕХІ зображено на рисунку 3.1.



Рисунок 3.1 - Термоперетворювач ДТС 045.И.ЕХІ

**б) Технічні характеристики термоперетворювача опору ДТС054-50П.Ех-Т4**

Основні технічні характеристики даного датчика температури приведені в таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 - Технічні характеристики термоперетворювача опору ОВЕН ДТС054-50П.Ех-Т4

Найменування параметру	Значення
Діапазон температури	-50...250°C
Діапазон допустимої напруги живлення (постійного струму)	12...36 В
Умовний тиск	0.1...6,3 МПа
Показник теплової інерції	не більше 10...30 с
Опір ізоляції	не менше 100 МОм
Кількість чутливих елементів	1 або 2
Схема внутрішніх з'єднань провідників	4 – чотирьохдротова
Виконання сенсора відносно корпусу	ізольований
Довжина кабельного виводу	5 м
Тип нарізного штуцера	метрична різь
Матеріал захисної арматури	сталь 12Х18Н10Т
Ступінь захисту корпусу датчика	IP65
Вибухозахищеність	+
Вартість, грн	1191,60



Зовнішній вигляд термоперетворювача опору ДТС054-50П.Ех-Т4 представлено на рисунку 3.2.

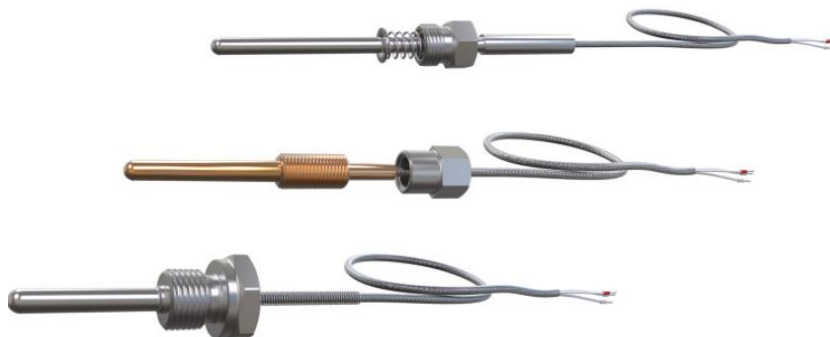


Рисунок 3.2 - Термоперетворювач опору ДТС054-50П.Ех-Т4

Порівнявши технічні характеристики ОВЕН ДТС045.И.ЕХІ і ДТС054-50П.Ех-Т4, можна зробити висновок, що ОВЕН ДТС045.И.ЕХІ має уніфікований сигнал 4-20 мА, що дає змогу підключати датчик до контролера без перетворювача, що є дешевше. Тому свій вибір зупиняємо на ньому.

### 3.1.2 Вибір датчика рівня

В даному ТП проводиться регулювання рівня в бункері та воронці екструдерів, вібробункері ,а також в ванні охолодження для вимірювання яких можливе використання наступних рівнемірів:

- ОВЕН ПДУ-И.750-EXD;
- Ємнісний рівнемір FineTek SA 277

**а) Технічні характеристики поплавкового датчика рівня ОВЕН ПДУ-И.750-EXD.**

					СУ-61Ш.6.151.00.05.03.ПЗ	Арк.
						26
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Основні технічні характеристики даного датчика рівня приведені в таблиці 3.3.

Таблиця 3.3 - Технічні характеристики рівнеміра ОВЕН ПДУ-И.750-EXD

Найменування параметра	Значення
Електричні параметри	
Схема підключення	4 – чотирьохдротова
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)·50, де U – напруга живлення, В
Метрологічні характеристики	
Найменування параметра	Значення
Діапазон вимірювань рівня, мм	0...4000
Дискретність вимірювання рівня (роздільна здатність), мм	10
Похибка вимірювання рівня, мм	±0,5
Конструктивні параметри	
Розташування осі кріплення отвору датчика у резервуарі	Вертикально
Типорозмір приєднувальної різьби	G2
Розмір «під ключ», мм	36
Діаметр зовнішньої оболонки з'єднувального кабелю, мм	4...8
Перетин з'єднувальних дротів, мм <sup>2</sup>	0,2...2
Матеріал робочої частини датчика	Сталь 12X18Н10Т
Ступінь захисту за ГОСТ 14254	IP67
Маса	3,1
Вибухозахищеність	+
Вартість, грн	4887

Зовнішній вигляд рівнеміра ОВЕН ПДУ-И.750-EXD представлено на рисунку 3.3.



Рисунок 3.3 - Рівнемір ОВЕН ПДУ-И.750-EXD

#### б) Технічні характеристики ємнісного рівнеміра FineTek SA 277

Основні технічні характеристики даного датчика рівня приведені в таблиці 3.4.

Таблиця 3.4 - Технічні характеристики ємнісного рівнеміра FineTek SA 277

Найменування параметра	Значення
Діапазон вимірювань, м	0,25...3
Напруга живлення, В	16...24
Вихідний сигнал, мА	4...20
Споживана потужність, Вт, не більше	2
Робоча температура	-50...200°C
Довжина чутливого елемента	150мм-5м
Похибка вимірювання рівня, мм	±1
Вага, кг	3,1
Матеріал робочої частини датчика	Тефлон
Ступінь захисту	IP65
Вибухозахищеність	+
Вартість, грн	7645,76

Зовнішній вигляд ємнісного рівнеміра FineTek SA 277 представлено на рисунку 3.4.



Рисунок 3.4 - Ємнісний рівнемір FineTek SA 277

Порівнявши технічні характеристики ОВЕН ПДУ-И.750-EXD і ємнісний рівнемір FineTekSA277, можна зробити висновок, що вони обидва нам підходять. Тому для вимірювання рівня в ваннах охолодження №1,2,3 обираємо ОВЕН ПДУ-И.750-EXD, для вимірювання рівня в бункері та воронці екструдерів та вібробункері обираємо ємнісний рівнемір FineTek SA 277.

### 3.1.3 Вибір датчиків витрати гарячого повітря

У даному ТП здійснюється регулювання витрат гарячого повітря в трубопроводі подачі його в сушку.

Можливе використання наступних витратомірів:

- Перетворювач диференціального тиску ОВЕН ПД-200ДД-EXD;
- Датчик витрати ЭМИС-Вихрь 200.

а) Технічні характеристики диференціального тиску ОВЕН ПД-200ДД-EXD Основні технічні характеристики даного перетворювача тиску приведено в таблиці 3.5.

					СУ-61Ш.6.151.00.05.03.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		29

Таблиця 3.5 - Технічні характеристики перетворювача диференціального тиску ОВЕН ПД-200ДД-EXD;

Найменування параметра	Значення
Діапазон вимірювання об'ємної витрати, Мпа	0.7
Вихідний сигнал	4...20 мА
Номінальна напруга живлення	18...42 V DC
Навантаження	Мін. 250 Ом
Похибка вимірювань	±0.5 %ДИ
Температура вимірюваного середовища	-40...100°C
Ступінь захисту корпусу	IP 65
Вибухозахищеність	+
Вартість, грн	17454

Зовнішній вигляд перетворювача диференціального тиску ОВЕН ПД-200ДД-EXD представлено на рисунку 3.5.



Рисунок 3.5 – Перетворювач диференціального тиску ОВЕН ПД-200ДД-EXD

б) Технічні характеристики датчика витрати ЭМИС-Вихрь 200

Основні технічні характеристики даного датчик витрати приведено в таблиці 3.6.

Таблиця 3.6 - Технічні характеристики витратоміра ЭМИС-Вихрь 200

Найменування параметра	Значення
Діапазон вимірювання об'ємної витрати, м <sup>3</sup> /год	0...10
Напруга живлення	10 ... 36В
Вихідний сигнал:	4 ... 20 мА
Похибка вимірювань	±1%
Час вимірювання	не більше 0,65 с
Ступінь захисту корпусу	IP 67
Вибухозахищеність	+
Вартість, грн	28,338

Зовнішній вигляд витратоміра ЭМИС-Вихрь 200 представлено на рисунку 3.6.



Рисунок 3.6 - Витратомір ЭМИС-Вихрь 200

Порівнявши технічні характеристики ОВЕН ПД-200ДД-EXD і витратомір ЭМИС-Вихрь 200, можна зробити висновок, що ЭМИС-Вихрь 200 має більшу ціну, до того ж він має більшу похибку вимірювань і тому він нас не задовольняє наших потреб. Тому ми обираємо перетворювача диференціального тиску ОВЕН ПД-200ДД-EXD так як прийнята ціна та незначна похибка.

### 3.1.4 Вибір датчика виміру діаметра хвилеводу.

У даному ТП здійснюється контроль діаметру основи хвилеводу, основи хвилеводу з ПЕНТ, та основи хвилеводу з ПЕВТ.

Можливе використання наступного вимірювача:

- Однокоординатний лазерний вимірювач діаметру ІД-30П;

#### **Технічні характеристики однокоординатного лазерного вимірювача діаметру ІД-30П**

Основні технічні характеристики однокоординатного лазерного вимірювача діаметру ІД-30П приведено в таблиці 3.7.

Таблиця 3.7 - Технічні характеристики однокоординатного лазерного вимірювача діаметру ІД-30П

Найменування	Значення
Діапазон вимірюваного діаметру кабелю	0.15 ... 42 мм
Число вимірювань в секунду, не менше	200

Швидкість лазерного променя при скануванні	166 м/сек
Похибка вимірювання, не більше	± 2 мкм - для мінімального діаметра ± 10 мкм - для максимального діаметра
Напруга живлення	24В
Інтерфейс	Modbus RS485
Вихідний сигнал	4-20мА
Вартість, грн	5.755

Зовнішній вигляд однокоординатного лазерного вимірювача діаметру ІД-30П представлено на рисунку 3.7.

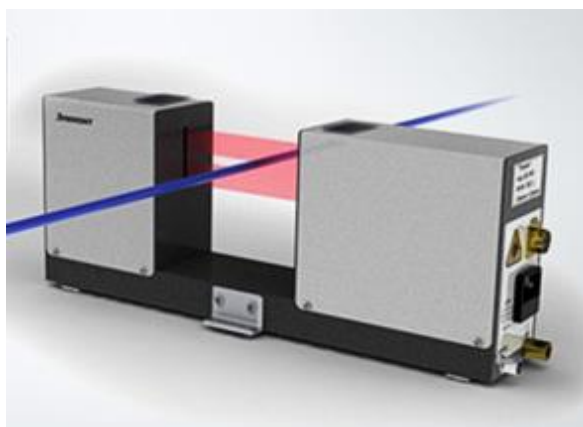


Рисунок 3.7 – Однокоординатний лазерний вимірювача діаметру ІД-30П

Вибираємо однокоординатний лазерний вимірювач діаметру ІД-30П тому, що він задовольняє наші потреби при вимірі діаметру.

### 3.1.6 Вибір датчиків швидкості

У даному ТП здійснюється управління швидкістю екструдера №1, №2, №3, а також тягнучих пристрої №1, №2, №3.

					СУ-61Ш.6.151.00.05.03.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		33



Можливе використання наступних датчиків (енкодерів):

- Енкодер марки Heidenhain ROD 420;
- Енкодер марки E40S8-1-2-T-24.

#### а) Технічні характеристики енкодера марки Heidenhain ROD 420

Основні технічні характеристики енкодера марки Heidenhain ROD 420 приведено в таблиці 3.8.

Таблиця 3.8 - Технічні характеристики енкодера марки Heidenhain ROD 420

Найменування	Значення
Максимальна швидкість обертання	12000 об/хв
Напруга живлення	5В
Вихідний сигнал	0-5В
Похибка	0,5 %
Ступінь захисту	IP64
Вибухозахищене виконання	-
Ціна	6870

Зовнішній вигляд енкодера марки Heidenhain ROD 420 представлено на рисунку 3.8.



Рисунок 3.8 – Енкодера марки Heidenhain ROD 420

**б) Технічні характеристики енкодера марки E40S8-1-2-T-24**

Основні технічні характеристики енкодера марки E40S8-1-2-T-24 приведено в таблиці 3.9.

Таблиця 3.9 - Технічні характеристики енкодера марки E40S8-1-2-T-24

Найменування	Значення
Максимальна швидкість обертання	5000 об/хв
Напруга живлення	24В
Похибка	1,5 %
Ступінь захисту	IP50
Вибухозахищене виконання	-
Ціна	3770

Зовнішній вигляд енкодера марки E40S8-1-2-T-24 представлено на рисунку 3.9.



Рисунок 3.9 – Енкодера марки E40S8-1-2-T-24

З двох даних датчиків виберемо датчик Heidenhain ROD 420 оскільки він має більш високу точність та більшу швидкість обертання.

### 3.1.7 Вибір регулюючих клапанів

Для регулювання витрати холодної води, можливе використання такого виконавчого механізму, як запірно-регулюючий клапан, який задовольняв би умовам даного ТП.

Можливе використання наступних регулюючих клапанів:

- електропривід NA006;
- електропривід REGADA ST mini 472.0-0DFAG/00.

#### а) Технічні характеристики електропривода NA006

Електроприводи NA включають в себе лінійку електричних приводів, призначених для роботи в якості виконавчих органів в системах АСУТП і в ручному режимі

					СУ-61Ш.6.151.00.05.03.ПЗ	Арк.
						36
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Основні характеристики електропривід NA006 приведені в таблиці 3.10.

Таблиця 3.10 – Технічні характеристики електропривід NA006

Найменування параметра	Значення
Номінальна напруга живлення	220 В
Споживана потужність	28 Вт
Керуючий сигнал	4...20мА
Ступінь захисту корпусу	IP67
Вибухозахищеність	+
Вартість, грн	9677

Зовнішній вигляд електроприводу NA006 представлено на рисунку 3.10.



Рисунок 3.10 - Електропривід NA006

**б) Технічні характеристики електропривода REGADA ST mini 472.0-0DFAG/00**

					СУ-61Ш.6.151.00.05.03.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		37

Основні характеристики редукторного електропривода REGADA ST mini 472.0-0DFAG/00 приведені в таблиці 3.11.

Таблиця 3.11 - Технічні характеристики редукторного електропривода REGADA ST mini 472.0-0DFAG/00

Найменування параметра	Значення
Номінальна напруга живлення	24 В, 50-60 Гц
Споживана потужність	1,5 Вт
Керуючий сигнал	4...20мА
Ступінь захисту корпусу	IP67
Вибухозахищеність	+
Вартість, грн	8730

Зовнішній вигляд електроприводу REGADA ST mini 472.0-0DFAG/00 представлено на рисунку 3.11.



Рисунок 3.11 - Електропривід REGADA ST mini 472.0-0DFAG/00

					СУ-61Ш.6.151.00.05.03.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		38

Порівнявши технічні характеристики електропривода клапана NA006 і REGADA ST mini 472.0-0DFAG/00 можна зробити висновок, що оскільки електропривід REGADA ST mini 472.0-0DFAG/00 дешевший і менше споживає електроенергії, та живиться напругою 24В ,то вибираємо його.

### 3.1.8 Вибір твердотільного реле:

В процесі виготовлення хвилеводів температуру нагрівачів потрібно підтримувати на заданому рівні. Процес підтримки температури нагрівачів в здійснюється за допомогою твердотільного реле.

Можливе використання наступних твердотільного реле:

- Твердотільне реле HD-1022.10U;
- Твердотільне реле MD-1044.ZD3.

#### а) Технічні характеристики твердотільного реле HD-1022.10U

Основні характеристики твердотільного реле HD-1022.10U приведені в таблиці 3.12.

Таблиця 3.12 - Технічні характеристики твердотільного реле HD-1022.10U

Найменування параметра	Значення
Діапазон регулюючої напруги	24..250В
Сигнал управління	0...10В
Ступінь захисту корпусу	IP54
Вартість, грн	170.39

Зовнішній вигляд твердотільного реле HD-1022.10U представлено на рисунку 3.12.



Рисунок 3.12 - Твердотільного реле HD-1022.10U

#### б) Технічні характеристики твердотільного реле MD-1044.ZD3

Основні характеристики твердотільного реле MD-1044.ZD3 приведені в таблиці 3.13.

Таблиця 3.13 - Технічні характеристики твердотільного реле MD-1044.ZD3

Найменування параметра	Значення
Діапазон регулюючої напруги	24..440В
Сигнал управління	3...32В
Ступінь захисту корпусу	IP54
Вартість, грн	227,49

Зовнішній вигляд твердотільного реле MD-1044.ZD3 представлено на рисунку 3.13.



Рисунок 3.13 - Твердотільного реле MD-1044.ZD3

Порівнявши технічні характеристики твердотільних реле HD-1022.10U і MD-1044.ZD3 можна зробити висновок, що HD-1022.10U дешевше, але задовольняє наші потреби тому вибираємо HD-1022.10U.

### 3.1.9 Вибір перетворювачів частоти

В процесі виготовлення хвилеводу необхідно підтримувати постійну швидкість тягнучих пристроїв, та контролювати швидкість шнека екструдера та конвеєра. Процес підтримки постійної швидкості здійснюється за рахунок регулювання частоти обертання двигуна тягнучого пристрою засобами перетворювача частоти. Контроль швидкості обертання шнека екструдера здійснюється за рахунок регулювання частоти обертання двигуна шнека екструдера засобами перетворювача частоти.

Проведемо вибір перетворювачів частоти між:

- ОВЕН ПЧВ101;
- Schneider Electric Altivar Process ATV900.

#### а) Технічні характеристики перетворювача частоти ОВЕН ПЧВ101

					СУ-61Ш.6.151.00.05.03.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		41



Основні характеристики ОВЕН ПЧВ101 приведені в таблиці 3.14

Таблиця 3.14 - Технічні характеристики ОВЕН ПЧВ101

Найменування параметра	Значення
Мережа живлення, В	380...480В
Частота електроживлення, Гц	0.2.. 400
Керуючий сигнал	4-20мА
Ступінь захисту корпусу	IP20

Зовнішній вигляд ОВЕН ПЧВ101 представлений на рисунку 3.14



Рисунку 3.14 - Зовнішній вигляд ОВЕН ПЧВ101

### б) Технічні характеристики Schneider Electric Altivar Process ATV900

Основні характеристики перетворювача частоти приведені в таблиці 3.15.

					СУ-61Ш.6.151.00.05.03.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		42

Таблиця 3.15 - Технічні характеристики Schneider Electric Altivar Process ATV900

Найменування параметра	Значення
Мережа живлення, В	380...480В
Частота електроживлення, Гц	0.1.. 599
Керуючий сигнал	4-20мА
Ступінь захисту корпусу	IP20

Зовнішній вигляд Schneider Electric Altivar Process ATV900 представлений на рисунку 3.15



Рисунку 3.15 - Зовнішній вигляд Schneider Electric Altivar Process ATV900

Порівнявши технічні характеристики перетворювачів частоти

ОВЕН ПЧВ101 і Schneider Electric Altivar Process ATV900 можна зробити висновок, що обидва перетворювачі мають однакові технічні характеристики. Але ОВЕН ПЧВ101 виготовляє компанія ОВЕН то хотілося надати перевагу

одному виробку ,щоб небуло конфліктів з передачею даних .Тому будемо використовувати перетворювач частоти ОВЕН ПЧВ101.

1. Для двигуна, що приводить в рух привід шнека, виберемо ПЧВ101 на 0.75кВт, вартістю 5820 грн.

2. Роботою двигунів, що приводять в дію привід конвеєра, тяги та намотування, будемо керувати за допомогою ПЧВ101 на 0,37 кВт вартістю 4615 грн кожний.

### **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.

#### **3.1.10 Вибір контролера**

На основі таблиці переліку параметрів сигналізації, контролю та управління (таблиця 1.5), робимо висновок вимоги до портів контролера (табл. 3.16).

Таблиця 3.16 – Вхідні-вихідні сигнали

Сигнали	Кількість сигналів
Аналогові вхідні	30
Аналогові вихідні	17
Дискретні вхідні	7
Дискретні вихідні	14

Для реалізації управління даним процесом у якості контролера можуть бути використані:

- Програмований логічний контролер ОВЕН ПЛК 160
- Програмований логічний контролер VIPA System 200V

#### **а) Технічні характеристики програмованого логічного контролера 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 модеми.

#### **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 рисунку 3.23.

					СУ-61Ш.6.151.00.05.03.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		45



Рисунок 3.23 – 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 р-n-р.
- 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.

Основні характеристики програмованого логічного контролера ОВЕН ПЛК 160 представлено в таблиці 3.17.

Вартість ПЛК – 15000 грн.

					СУ-61Ш.6.151.00.05.03.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		46

## б) Технічні характеристики програмованого логічного контролера VIPA System 200V

VIPA System 200V - контролер для вирішення задач центральної і розподіленої системи автоматизації, де він може виступати у якості як "керуваних" 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).

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 таблиці 3.17.

Вартість ПЛК – 12696,52 грн.

Зовнішній вигляд ПЛК представлено на рисунку 3.24.



Рисунок 3.24 – ПЛК VIPA System 200V

					СУ-61Ш.6.151.00.05.03.ПЗ	Арк.
						47
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Таблиця 3.17 – Основні характеристики контролерів

Основні характеристики	ОВЕН ПЛК 160	VIPA System 200V
Кількість входів/виходів	Дискретні входи - 16 Дискретні виходи - 12 Аналогові входи - 8 Аналогові виходи - 4	Дискретні входи - 12 Дискретні виходи - 12 Аналогові входи - 8 Аналогові виходи - 8
Об'єм оперативної пам'яті	8 Мбайт	32 Кбайт
Час виконання операції	1 мс	з бітами — 0,25 мкс зі словами — 1,2 мкс
Таймери/Лічильники	Годинник реального часу з автономним акумуляторним живленням (точність ходу – не більше 3 хв на добу)	128/256
Програмування	ПЗ CoDeSys	WinPLC7 від VIPA / STEP7 від Siemens
Протоколи	ОВЕН, Modbus RTU Modbus ASCII, Modbus TCP, DCON, GateWay (протокол CODESYS), Mass Storage Device	ProfibusDP slave
Інтерфейс	RS-232, RS-485, Ethernet 10/100 Mbps, USB-Device	MP2I (MPI+PPI)

Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата

СУ-61Ш.6.151.00.05.03.ПЗ

Арк.

48

Всі вищезгадані контролери однаково добре підходять для поставлених завдань і вимог, але оскільки датчики були вибрані фірми ОВЕН, тому для уникнення конфліктів в протоколі RS 485 зупиняємо свій вибір на ОВЕН ПЛК 160.

Так як вбудованих аналогових та входів недостатня кількість, то існує необхідність використання додаткового модуля вводу аналогових сигналів. Також необхідними компонентами є панель оператора і блок живлення.

### 3.1.11 Модуль вводу аналогового сигналу

Прилад призначено для перетворення вимірюваних аналогових сигналів у цифровий код і передачі результатів вимірювання у мережу RS-485. Призначений для побудови автоматизованих систем збору даних у різноманітних областях промисловості, сільського і комунального господарства, на транспорті.

У якості модуля аналогового вводу обираємо ОВЕН МВ110-8А.

Основні характеристики модуля аналогового вводу ОВЕН МВ110-8А приведені в таблиці 3.18.

Таблиця 3.18– Основні характеристики ОВЕН МВ110-8А

Найменування	Позначення
Інтерфейс та протоколи	RS-485 ОВЕН, ModBus-RTU, ModBus-ASCII, DCON



Продовження таблиці 3.18

Аналогових входів	8
Типи вхідних сигналів:	уніфіковані сигнали струму (0-20 мА, 4-20 мА, 0-5 мА) і напруги (0-10 В)
Частота вимірів	до 200 вибірок в секунду
Напруга живлення	~ 220 В або 24 В (в залежності від модифікації)
Вбудований джерело живлення датчиків	24 В, 180 мА (для модифікації зі змінним напругою живлення).
Вартість, грн	3402

Зовнішній вигляд ОВЕН МВ110-8А представлено на рисунку 3.25.



Рисунок 3.25 – Модуль аналогового вводу ОВЕН МВ110-8А

### 3.1.12 Модуль виводу аналогового сигналу

Модуль аналогового вводу призначений для перетворення цифрових сигналів, що передаються мережею 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 приладам реєстрації і самописцям.

У якості модуля аналогового виводу обираємо ОВЕН МУ110-8И.

Основні характеристики модуля аналогового виводу ОВЕН МУ110-8И приведено в таблиці 3.19.

Таблиця 3.19 – Основні характеристики МУ110-8И

Найменування	Позначення
Інтерфейс та протоколи	RS-485, ОВЕН, ModBus-RTU, ModBus-ASCII, DCON
Аналогових виходів	8
Тип аналогових вихідних сигналів:	ЦАП «параметр – ток 4 ... 20мА»
Основна приведена похибка ЦАП,%	не більше $\pm 0,5$
Діапазон напруги живлення виходу, В	12 ... 36
Інтерфейс зв'язку з комп'ютером	RS-485
Вартість, грн	4200

Зовнішній вигляд ОВЕН МУ110-8И представлено на рисунку 3.26.



Рисунок 3.26 – Модуль аналогового виводу ОВЕН МУ110-8И

### 3.1.13 Модуль виводу дискретного сигналу

Прилад призначений для управління за сигналами з мережі RS-485 вбудованими дискретними ВЕ, використовуваними для підключення виконавчих механізмів з дискретним керуванням.

У якості модуля дискретного виводу обираємо ОВЕН МУ110-8Р.

Основні характеристики модуля дискретного виводу ОВЕН МУ110-8Р приведено в таблиці 3.20.

Найменування	Позначення
Інтерфейс та протоколи	RS-485, ОВЕН, ModBus-RTU, ModBus-ASCII, DCON
Дискретних виходів	8
Тип дискретних вихідних сигналів:	реле

Основна приведена похибка ЦАП,%	не більше $\pm 0,5$
Діапазон напруги живлення виходу, В	24
Інтерфейс зв'язку з комп'ютером	RS-485
Вартість, грн	2290

Зовнішній вигляд ОВЕН МУ110-8Р представлено на рисунку 3.27.



Рисунок 3.27 – Модуль дискретного виводу ОВЕН МУ110-8Р

### 3.1.14 Панель оператора

Для візуалізації проходження ТП, відображення поточних параметрів, завдання вхідних величин та індикації каналу аварії застосуємо сенсорну графічну панель оператора ОВЕН СП310-Р (рис. 3.28), 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 ОВЕН СП310-Р приведено в таблиці 3.21.

Таблиця 3.21 – Основні характеристики ОВЕН СП310-Р

Найменування	Позначення
Процесор	AT91SAM9G35-CU
Частота, МГц	400
Тип дисплея, діагональ, мм (в дюймах)	16,7 млн кольорів TFT (10,1)
Роздільна здатність дисплея, піксель	800 × 480
Вбудований годинник реального часу	присутнє
Пам'ять програм (Flash-RAM), Мб	128
Тип напруги живлення	постійне
Номінальна напруга живлення, В	24
Споживана потужність, Вт	не більше 10
Вартість, грн	15300

Зовнішній вигляд ОВЕН СП310-Р представлено на рисунку 3.28.

					СУ-61Ш.6.151.00.05.03.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		54

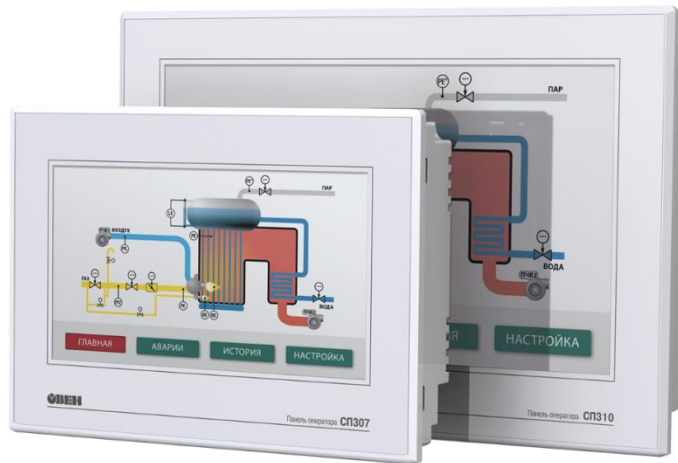


Рисунок 3.28 – Панель оператора ОВЕН СП310-Р

### 3.1.15 Блок живлення

Для живлення модулів вводу, виводу, ПЛК і панелі оператора оберемо блок живлення ОВЕН БП60.

Блок живлення ОВЕН БП60 оптимальний для серії контролерів ОВЕН за дизайном і функціональністю та забезпечує зовнішнє живлення входів і виходів, коли потужності, вбудованого в ЦПУ джерела живлення, недостатньо.

Основні функції:

- перетворення змінного (постійного) напруги в постійне стабілізоване у двох або чотирьох незалежних каналах
- обмеження пускового струму
- захисту від перенапруги й імпульсних завад на вході
- захист від перегрузки, короткого замикання і перегріву

- регулювання вихідного напруги за допомогою внутрішнього підлаштування резистора в діапазоні  $\pm 8\%$  від номінального вихідного напруги зі збереженням потужності

- індикація про наявність напруги на виході кожного каналу

Основні характеристики блоку живлення ОВЕН БП60 представлено в таблиці 3.22.

Таблиця 3.22 – Основні характеристики ОВЕН БП60

Найменування	Позначення
Частота вхідної змінної напруги	47...63 Гц
Поріг спрацьовування захисту по струму	не більше 1,5 I <sub>max</sub>
Максимальна вихідна потужність	60 Вт
Нестабільність вих. напруги при зміні напруги живлення	$\pm 0,2\%$
Нестабільність вих. напр. при зміні струму навантаження від 0,1 I <sub>max</sub> до I <sub>max</sub>	$\pm 0,25\%$
Робочий діапазон температур	-20...+50 °C
Коефіцієнт температурної нестабільності вихідної напруги в робочому діапазоні температур	$\pm 0,025\% / ^\circ\text{C}$
Рівень радіоперешкод по ГОСТ Р 51527	група С
Ступінь захисту	IP20
Вихідна напруга	$24 \pm 1\% \text{ В}$
Амплітуда пульсації вихідної напруги	120мВ
Вартість, грн	2655

Зовнішній вигляд ОВЕН БП60 представлено на рисунку 3.29.



Рисунок 3.29 – Блок живлення РМ1207

### 3.1.16 Вибір ARM

Модель AdvantiX IPC-SYS1-3-A9 поєднує в собі невисоку вартість станції оператора АСУ з усім необхідним для відмовостійкої роботи, властивість серверного рішення.

Основні характеристики станції оператора AdvantiX IPC-SYS1-3-A9 3.23.

Таблиця 3.23 – Основні характеристики AdvantiX IPC-SYS1-3-A9

Найменування	AdvantiX IPC-SYS1-3-A9
Процесор	Core i7-6700 (4 ядра, HT)
Пам'ять	до 64Гб, 4 x DIMM DDR4-2133
Відеосистема	Інтегрований графічний адаптер Intel HD Graphics 510/530, DX 12
Відеосистема	Інтегрований графічний адаптер Intel HD Graphics 510/530, DX 12



Мережа	2 x контролера Ethernet 10/100/1000 Intel i219LM, i210AT, підтримується WoL (Wake-on-Lan), PXE, Teaming, iAMT 11
Порти	7 x USB 2.0 4 x USB 3.0 2 x LAN (RJ-45) 2 x PS / 2 2 x COM (RS-485), 1 x LPT Line In, Line Out, Mic
Живлення	2 x 400W або 2 x 450W RPS з Гаряча заміною
Операційна система	Microsoft Windows 7 32/64, Windows 8.1 x64, Windows 10 x64, Win Server 2012 Linux

Зовнішній вигляд AdvantiX IPC-SYS1-3-A9 представлено на рисунку 3.21.



Рисунку 3.21-Зовнішній вигляд AdvantiX IPC-SYS1-3-A9

### 3.16 Вибір інтерфейсу зв'язку

Для передачі даних з великою точністю і при великій дистанції використовуємо уніфікований інтерфейс RS485. Тому для зв'язку модулів

розширення з промисловим контролером, будемо використовувати вказаний інтерфейс з відповідними протоколами.

Інформаційні мережі, засновані на даному інтерфейсі, набули найбільшого поширення при проектуванні промислових мереж автоматизації. Це високошвидкісний і перешкодостійкий послідовний інтерфейс, який дозволяє створювати мережі шляхом паралельного підключення до 32 пристроїв до однієї фізич-ної лінії. По інтерфейсу RS485 Дані передаються за допомогою «симетричного» диференціального сигналу по двох лініях (А і В). Максимальна довжина лінії зв'язку між крайніми пристроями може становити до 1200 м (і більше з використанням повторювачів). Швидкість передачі становить 115200 біт / с. Для зв'язку промислового контролера ОВЕН ПЛК160. Із промисловим комп'ютером буде використовувати інтерфейс RS485.

					СУ-61Ш.6.151.00.05.03.ПЗ	Арк.
						59
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

## 4 АЛГОРИТМ РАБОТИ СИСТЕМИ

У загальному вигляді система працює за алгоритмом, представленим на рисунку 4.1, 4.2.

Після включення живлення система перевіряє працездатність всіх пристроїв, і потім, в разі несправності система видає повідомлення про несправність, після чого буде очікувати подальших дій від оператора. У разі вдалої перевірки система робить ініціалізацію всіх пристроїв і чекатиме команди старту роботи. Після надходження команди старту запускається програма запуску управління температурою екструдерів. Дана програма необхідна для того щоб уникнути аварійних ситуацій під час пуску, але у разі виникнення аварії під час роботи, буде виконані заходи вимкнення двигунів, передача аварійного сигналу до панелі оператора, де оператор може вимкнути звукове оповіщення.

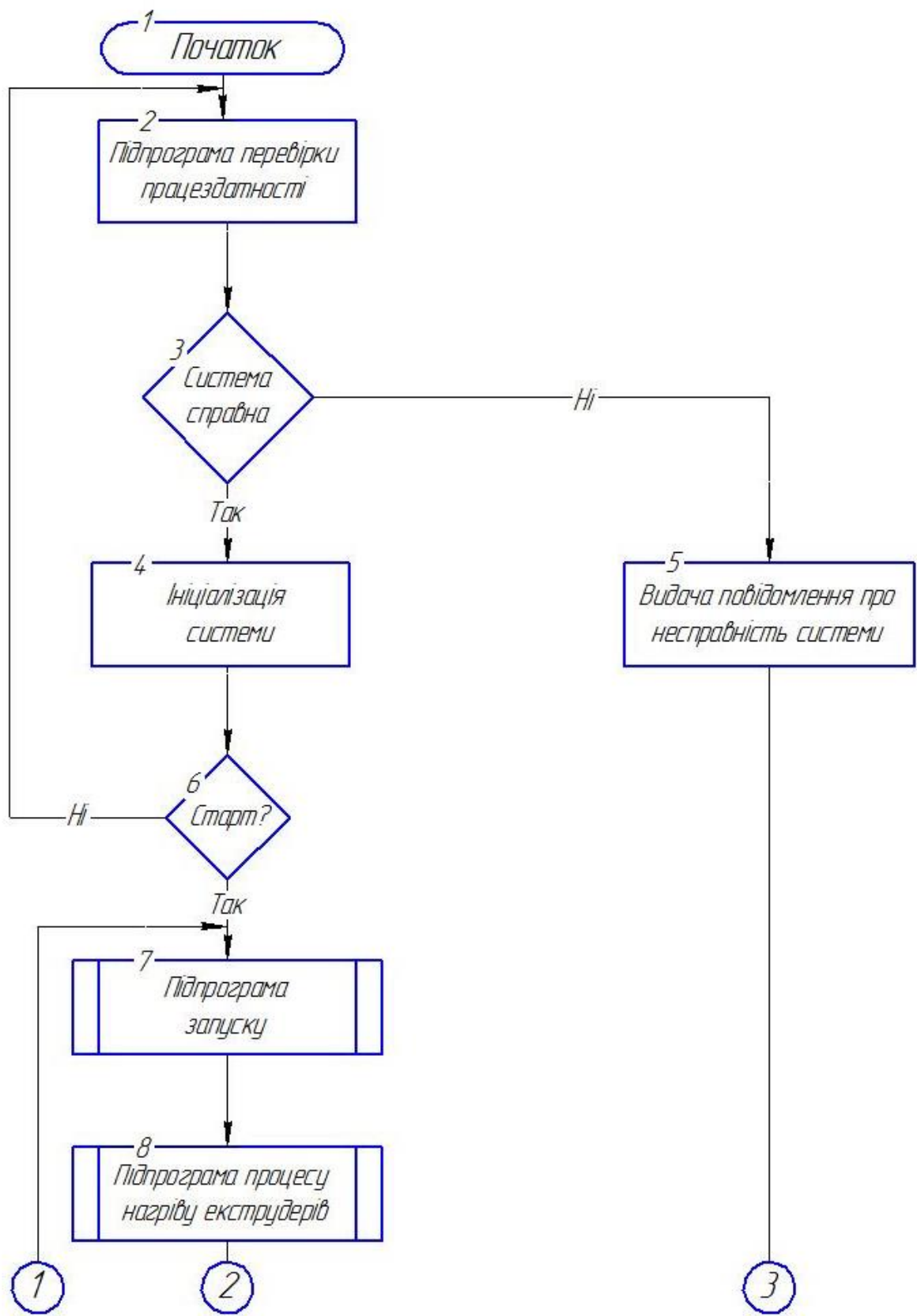
### Програма перевірки працездатності

Алгоритм перевірки працездатності є такий порядок дій:

Спочатку система подає запит до контролера, проводиться його ініціалізація та проходить перевірка з'єднання з панеллю оператора, після цього йде перевірка готовності контролера, який повинен подати відповідний сигнал протягом деякого часу, до спрацьовування сторожового таймера. Якщо контролер не подає сигнал протягом цього часу, то робиться висновок, що система несправна, якщо все ж таки контролер відповідає на запит готовності, то система переходить до перевірки датчиків програми, послідовно відправляючи запити кожному з них і чекаючи відповіді. Якщо хоча б один датчик не відповідає, система робить висновок про несправність.

У разі якщо всі пристрої і датчики справні, система виходить з програми.

					СУ-61Ш.6.151.00.05.03.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		60



Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата

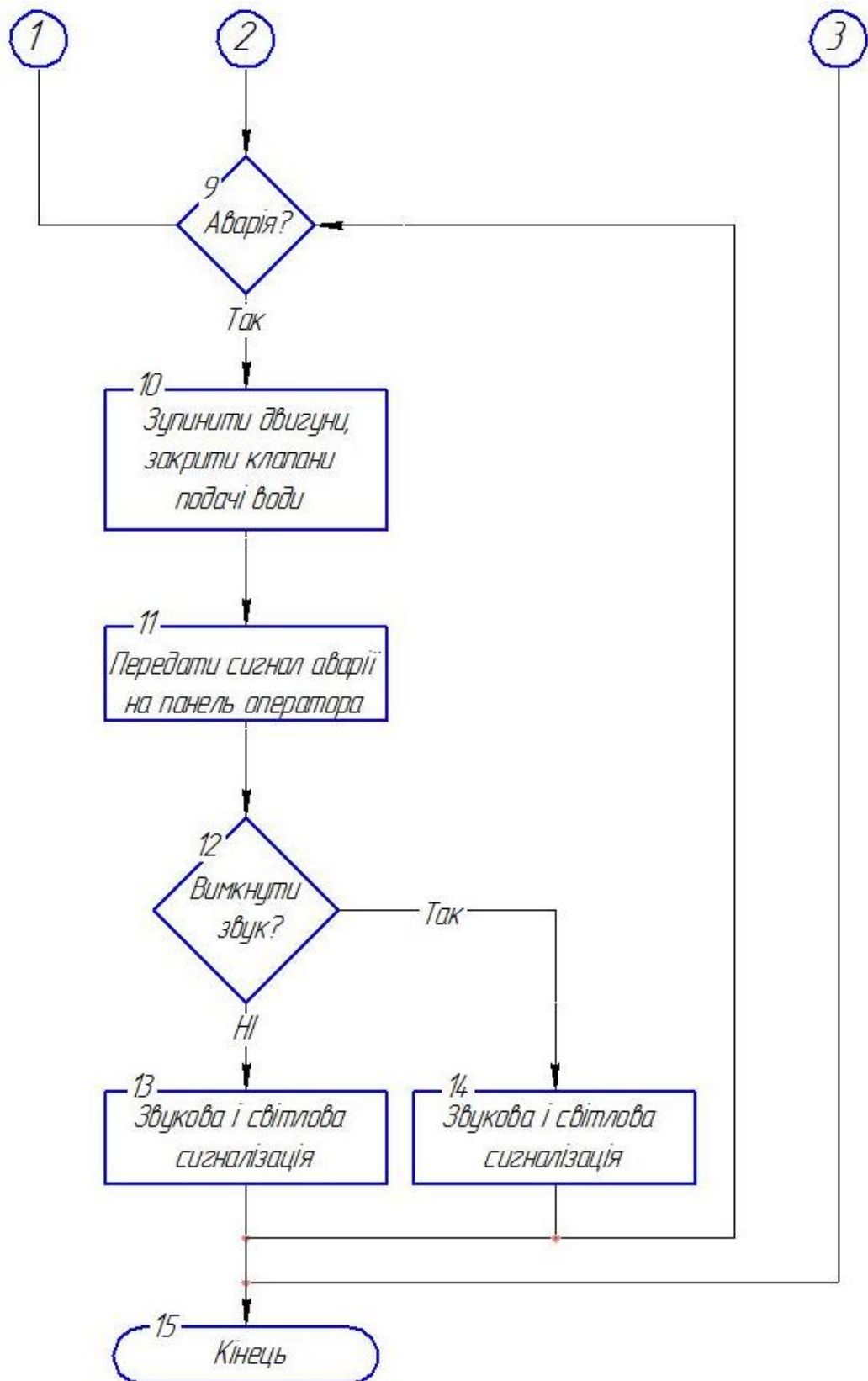


Рисунок 4.1 – Загальний алгоритм роботи системи

Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата

Алгоритми підпрограми працездатності системи приведені на  
 рисунку 4.2

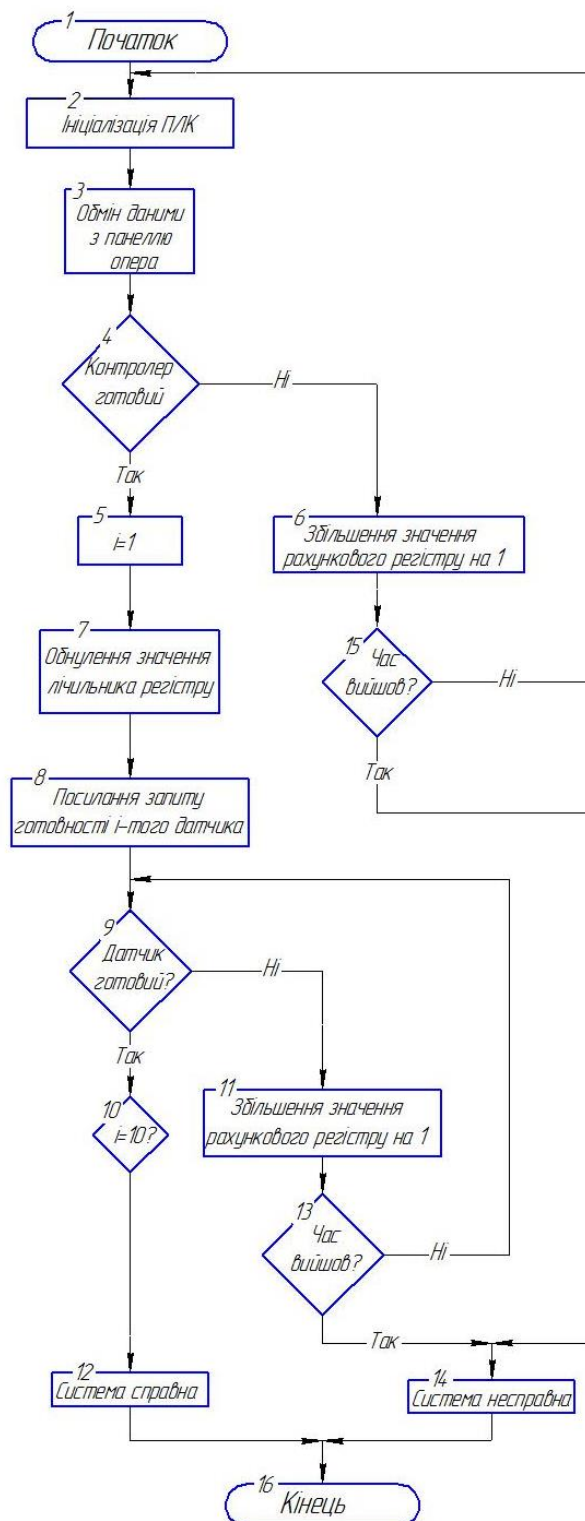


Рисунок 4.2 – Підпрограма працездатності системи

Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата

Алгоритми окремих підпрограм управління приведені на рисунках 4.3-4.4.

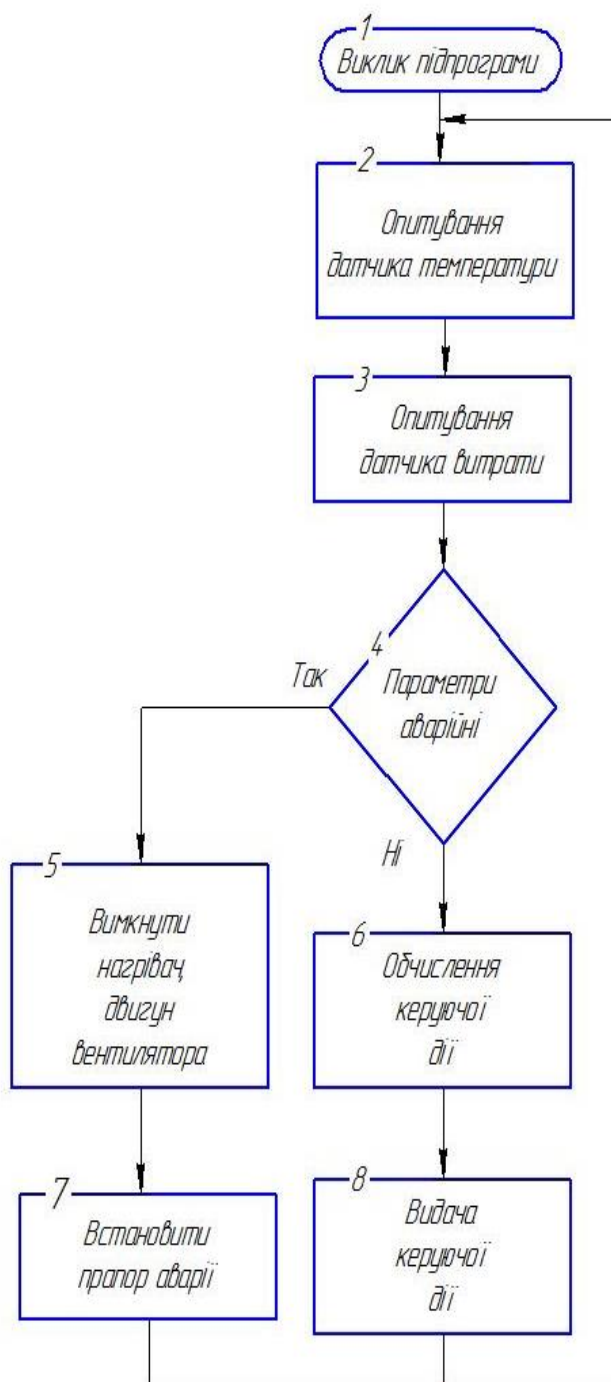


Рисунок 4.3 – Підпрограма управління сушилкою

Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата

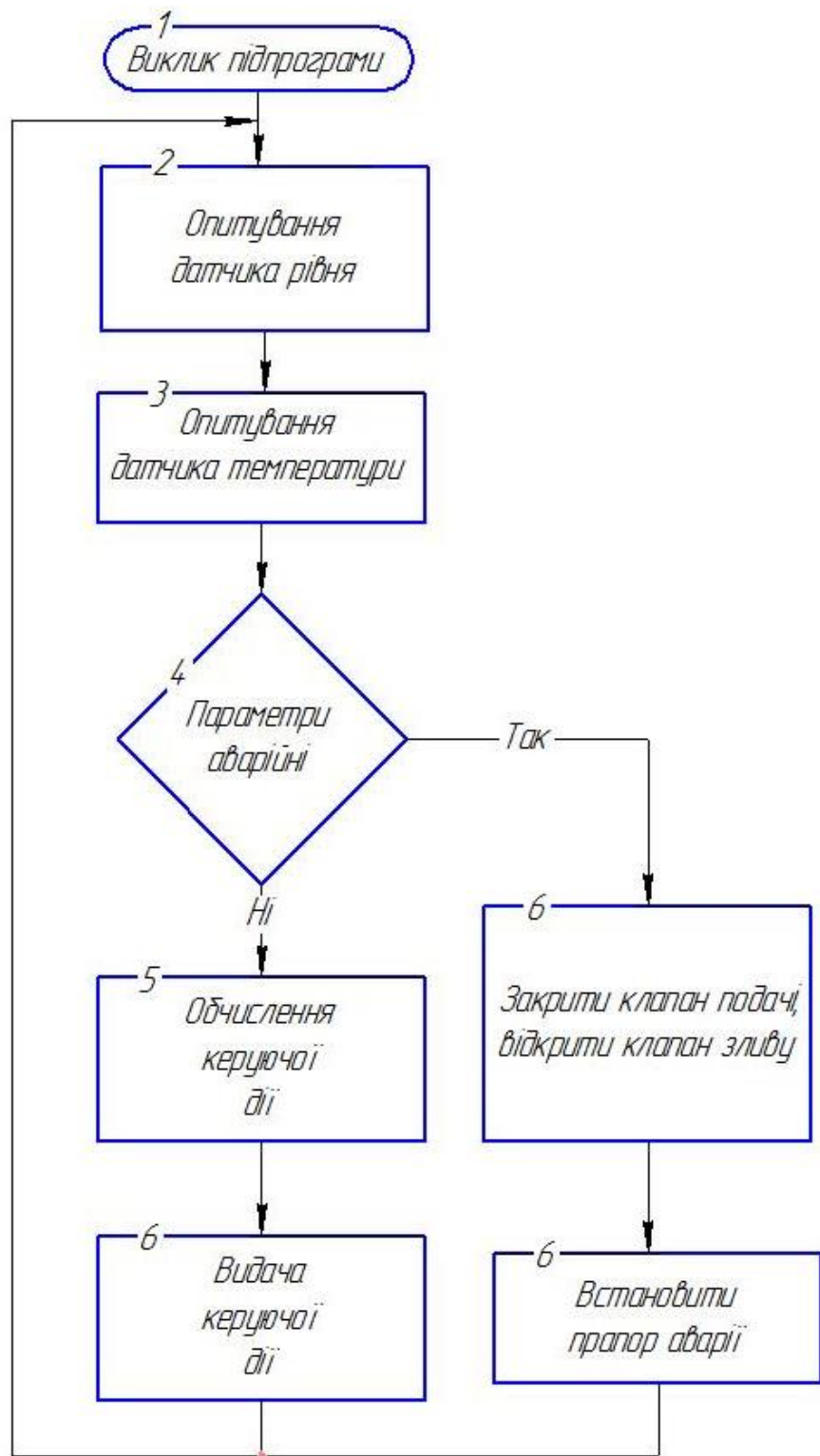


Рисунок 4.4 – Підпрограма управління ванною охолодження

Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата



## 5 РОЗРАХУНКОВА ЧАСТИНА

### 5.1 Постановка задачі

Згідно з завданням кафедри необхідно спроектувати систему стабілізації температури в сушилці креслення СУ-61Ш 6.151.00.03.А2 поз. 12а див рис.5.1.

В результаті синтезу ми повинні отримати перехідний процес з такими показниками якості:

- Час перехідного процесу –  $t_p \leq 20$  хв
- Перерегулювання –  $\sigma \leq 25\%$

Для отримання математичного опису об'єкту регулювання було проведено експеримент на об'єкті, в результаті якого було отримано криву розгону представлена на рис 5.2.

При подачі вхідного ступінчато впливу (зміна інтенсивності нагріву) величиною  $\Delta U=1$

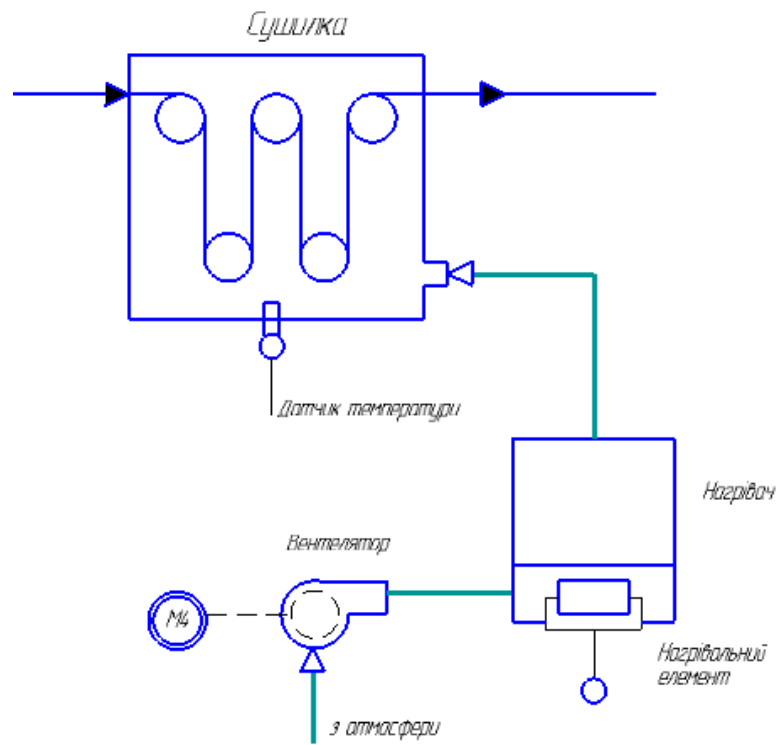
Шляхом зміни інтенсивності нагріву повітря, що подається в сушилку вдалось досягти температури з 20 °С до 34 °С, крива розгону цього об'єкта представлена на рисунку 5.2

### 5.2 Отримання математичного опису об'єкта управління

Об'єкт регулювання температури в сушилці зображений на рис. 5.1.

Повітря з атмосфери за допомогою вентилятора постачається у нагрівач, де прогрівається до потрібної температури нагрівальним елементом, в якості якого виступає ТЕН номінальною потужністю 1 кВт. Потім трубопроводом це повітря підіймається у нижній відсік сушилки.

					СУ-61Ш.6.151.00.05.03.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		66



Рисунку 5.1- Об'єкт регулювання температури в сушильці

Математична модель об'єкта управління у вигляді кривої розгону представлена на рисунку 5.2.

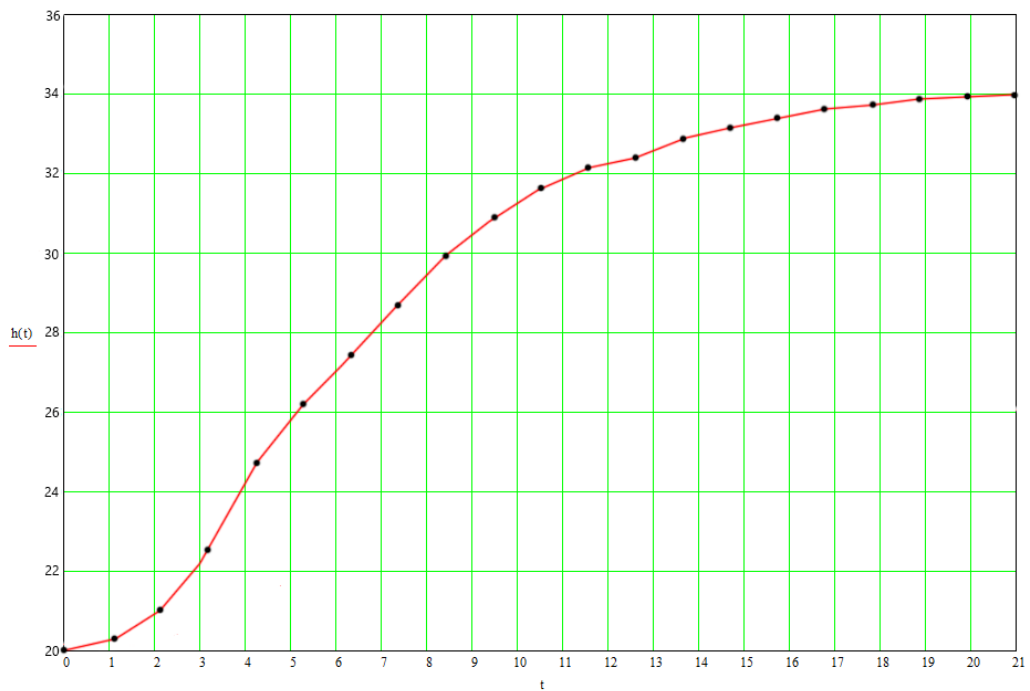


Рисунок 5.2 - Крива розгону об'єкта управління.

Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата

### 5.2.1 Отримаємо передаточну функцію об'єкту управління на основі апроксимації “кривої розгону” з використанням методу Сімою.

Нормування кривої розгону

Із ординат кривої розгону формуємо вектор-строку даних  
 $y(t) := (20.0 \ 20.2 \ 21.1 \ 22.5 \ 24.8 \ 26.2 \ 27.5 \ 28,8 \ 30,0 \ 31.0 \ 31.9$   
 $32.2 \ 32.5 \ 33.0 \ 33.2 \ 33.6 \ 33.8 \ 33.9 \ 33.95 \ 34 \ 34.1) .$

Пронормуємо вектор-рядок  $Y(t)$ . Для цього від отриманих значень віднімемо 20

$Y(t) = (0 \ 0.2 \ 1.1 \ 2.5 \ 4.8 \ 6.2 \ 7.5 \ 8.8 \ 10.0 \ 11.0 \ 11.9 \ 12.2 \ 12.5 \ 13.0 \ 13.2$   
 $13.6 \ 13.8 \ 13.9 \ 13.95 \ 14.0 \ 14.)$

Транспонуємо вектор-строку в вектор-стовпець, нормуємо криву розгону (ділимо все значення на  $y_{y_{cm}} = 14,1$ ) і визначаємо розмірність вектора  $N$ , результати заносимо до таблиці 1.

$$h = \left( \frac{y}{14,1} \right)^T \quad N = \text{length}(h) - 1;$$

$$N = 20.$$

Крок розрахунку по часу  $\Delta t = 1,25\text{с}$ . Встановлюємо значення коефіцієнту  $S_0 = 0$  для забезпечення можливості автоматизації розрахунків. Записуємо функцію в MathCad, яка описує підінтегральний вираз рівняння для знаходження коефіцієнтів  $S_k$  в загальному вигляді в дискретній формі

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

де:  $k$  – номер обчислюваного коефіцієнта  $S_k$ ;  $i$  – номер кроку розрахунку за часом.

За допомогою пакета MathCad проводимо розрахунок перших 5-ти коефіцієнтів  $S$  (рисунок 5.3).

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

$$S_k := \Delta t \cdot \left( \sum_{i=1}^{N-1} U(S,i,k) + \frac{U(S,0,k) + U(S,N,k)}{2} \right) ;$$

Рисунок 5.3 – Розрахунок коефіцієнтів S допомогою пакета MathCad  
Згідно розрахунків, отримали 5 перших коефіцієнтів:

$$S_1 = 8.21;$$

$$S_2 = 20.153;$$

$$S_3 = 14.462;$$

$$S_4 = -1.211;$$

$$S_5 = 94.883.$$

Оскільки коефіцієнт  $S_4$  від'ємний, то для розрахунку обмежимося першими трьома коефіцієнтами.

$$\alpha_1 = S_1 = 8.21; \alpha_2 = S_2 = 20.153; \alpha_3 = S_3 = 14.462.$$

Коефіцієнт розраховується за формулою:  $K = \frac{y_{\max}}{u_{\max}}$

$$W(s) = \frac{K}{a_3 s^3 + a_2 s^2 + a_1 s + 1} = \frac{14.1}{14,462 \cdot s^3 + 20,153 \cdot s^2 + 8,21s + 1} \quad (5-1)$$

Перехідна характеристика побудована по передаточній функції (5-1), та крива розгону об'єкта зображена на рисунку 5.4 .



Рисунок 5.4 – Перехідна характеристика

З рисунку 5.4 видно, що крива розгону отримана експериментально і аналітично співпадають, це означає, що їх можна вважати однаковими.

### 5.3 Розрахунок параметрів настроювання стандартного регулятора

Визначимо параметри типового регулятора за методом незатухаючих коливань (Циглера-Ніколса).

Проведемо розрахунок параметрів регулятора, що забезпечують оптимальне, за будь-яким критерієм якості, протікання перехідного процесу в системі. Структурна схема імітаційної моделі представлена на рисунку 5.5.

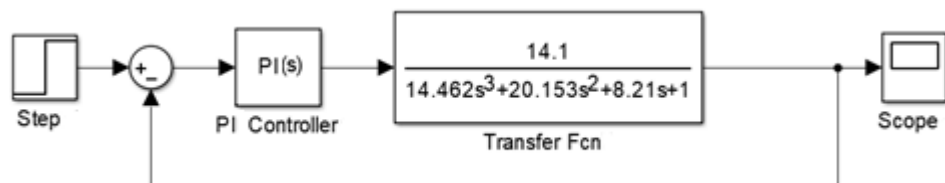


Рисунок 5.5 – Структурна схема моделювання з ПІ- регулятором

Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата

При  $k_0^* = 0.74$  отримали незатухаючий перехідний процес, представлений на рисунку 5.6.

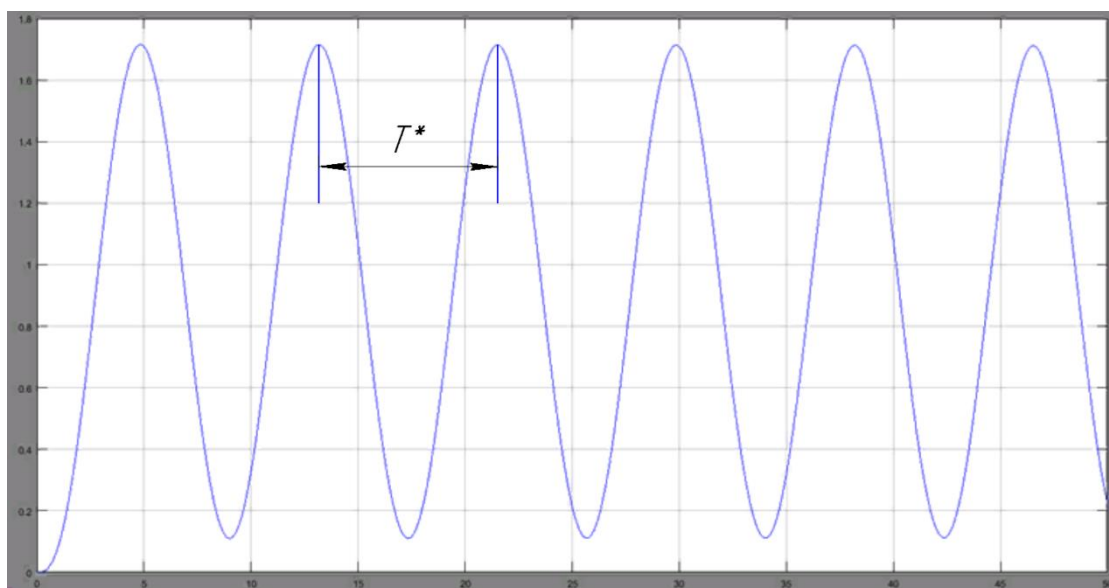


Рисунок 5.6 – Незатухаючі коливання при  $k_0^* = 0.74$

Критичне значення періоду коливань  $T^* = 8,3$  с

Для розрахунку ПІ-регулятора використаємо формули:

- коефіцієнт при пропорційній складовій  $k_0 = 0.45k_0^* * 0.74 = 0.333$ ;

- коефіцієнт при інтегральній складовій  $k_1$  отримаємо зі співвідношення

$$k_1 = \frac{k_0 * 1,12}{T^*} = \frac{0,74 * 1,12}{8,3} = 0,099; \quad \frac{k_0}{k_1} = T^* / 1,12, \quad \text{звідки}$$

Перевіримо розрахунок за допомогою імітаційного моделювання.

Структурна схема моделювання в середовищі MatLab (Simulink) системи управління з ПІ-регулятором, настроєним методом незатухаючих коливань (Циглера-Ніколса) [17] представлена на рисунку 5.7.

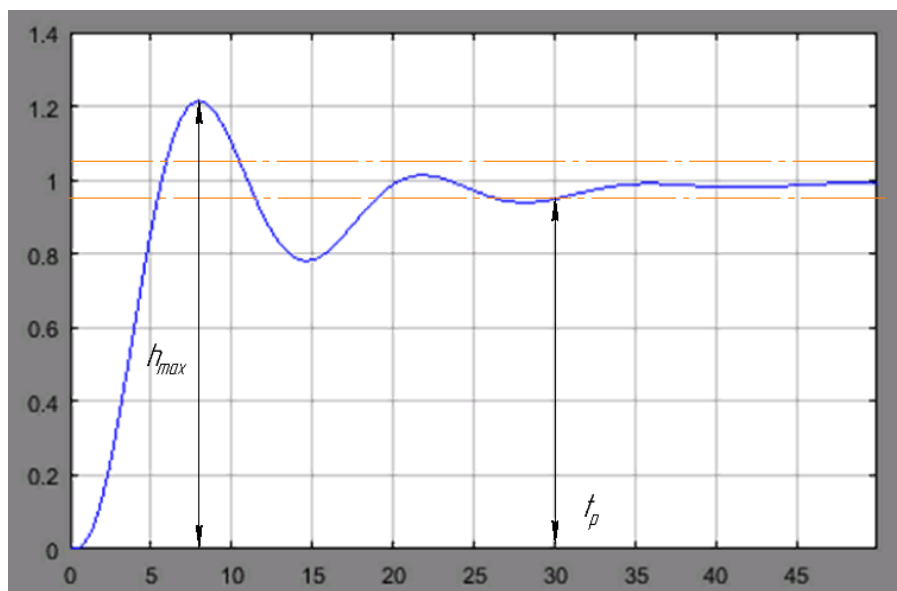


Рисунок 5.7 – Перехідний процес при розрахункових настройках

Аналізуючи перехідний процес, одержуємо такі показники якості:

а) час перехідного процесу:

$$t_p = 30 \text{ хв};$$

б) перерегулювання:

$$\sigma = 21 \%$$

Оскільки час перехідного процесу не задовольняє заданим критеріям якості технологічного процесу, що в пожеже-вибухонебезпечному виробництві може призвести до виникнення аварійної ситуації. Розрахуємо регулятор методом Солодовнікова

#### 5.4 Синтез системи управління по каналу завдання методом логарифмічних частотних характеристик (методом Солодовнікова)[18]

Побудова асимптотичної ЛАЧХ незмінної частини системи  $L_n(\omega)$  з передатною функцією об'єкта управління (5-1).

Використовуючи математичний пакет MathCad знаходимо корінь полінома знаменника передатної функції (5-1)

$$14.462 \cdot s^3 + 20.153 \cdot s^2 + 8.21 \cdot s + 1 \text{ solve} \rightarrow \begin{pmatrix} -0.778 \\ -0.384 \\ -0.232 \end{pmatrix}$$

Попередньо проводимо аналіз передаточної функції об'єкта управління (5-1) у наступному порядку:

1) Поліном знаменника має три від'ємних кореня, кожний з яких відповідає співмножнику виду  $(s+s_i)$ ,

де:  $s_i$  -значення кореня.

Таким чином, знаменник можна представити у вигляді  $(s+0.778) \cdot (s+0.384) \cdot (s+0.232)$  і після перетворення з метою одержання вільних членів, рівних одиниці остаточно одержимо:

$$(1,3 \cdot s + 1) \cdot (2,6 \cdot s + 1) \cdot (4,31 \cdot s + 1).$$

2) Остаточно передатна функція об'єкта прийме вид:

$$W_n(s) = \frac{14.1}{(1.3 \cdot s + 1) \cdot (2.6 \cdot s + 1) \cdot (4.31 \cdot s + 1)} = \frac{k}{(T_1 \cdot s + 1) \cdot (T_2 \cdot s + 1) \cdot (T_3 \cdot s + 1)} \quad (5-3)$$

З виразу (3) знаходимо й запишемо постійні часу елементарних ланок  $T_1=1.3, T_2=2.6, T_3=4.31$  по них визначаємо частоти сполучення й розташовуємо їх в порядку зростання :

$$\begin{aligned} \omega_1 &= \frac{1}{T_3} = \frac{1}{4.31} = 0.232 \text{ хв}^{-1}; \\ \omega_2 &= \frac{1}{T_2} = \frac{1}{2.6} = 0.38 \text{ хв}^{-1}; \\ \omega_3 &= \frac{1}{T_1} = \frac{1}{1.3} = 0.78 \text{ хв}^{-1}. \end{aligned} \quad (5-3)$$

1) Оскільки у складі передаточної функції об'єкта управління (5-3) відсутні інтегруючі ланки, низькочастотна асимптота ЛАЧХ буде мати початковий нахил 0 дБ/дек;

2) фіксація низькочастотної асимптоту ЛАЧХ знаходиться на частоті  $\omega=1$  на рівні, що визначається з наступного виразу

$$20 \lg k = 20 \cdot \lg(14.1) = 23.$$

де  $k$  – коефіцієнт підсилення незмінної частини САУ.

					СУ-61Ш.6.151.00.05.03.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		73



Застосовуючи правила побудови асимптот, будуємо ЛАЧХ у наступному порядку:

1) від частоти сполучення  $\omega_1$  до частоти  $\omega_2$  будуємо асимптоту з нахилом, збільшеним у порівнянні з попереднім на 20 дБ/дек, тобто з нахилом  $0-20=-20$  дБ/дек, так як частота  $\omega_1$  пов'язана зі співмножником вигляду  $(Ts+1)^\alpha$  ( $\alpha=1$ ) у знаменнику передаточної функції;

2) від частоти сполучення  $\omega_2$  до частоти  $\omega_3$  будуємо асимптоту з нахилом, збільшеним у порівнянні з попереднім на 20 дБ/дек, тобто з нахилом  $-20-20=-40$  дБ/дек, так як частота  $\omega_2$  пов'язана зі співмножником вигляду  $(Ts+1)^\alpha$  ( $\alpha=1$ ) у знаменнику передаточної функції;

3) від частоти сполучення  $\omega_3$  і до кінця будуємо асимптоту з нахилом, збільшеним у порівнянні з попереднім на 20 дБ/дек, тобто з нахилом  $-40-20=-60$  дБ/дек, так як частота  $\omega_3$  пов'язана зі співмножником вигляду  $(Ts+1)^\alpha$  ( $\alpha=1$ ) у знаменнику передаточної функції.

Будуємо асимптотичну ЛАЧХ незмінної частини системи по частотах (4) (рис.5.10, крива  $L_n(\omega)$ ).

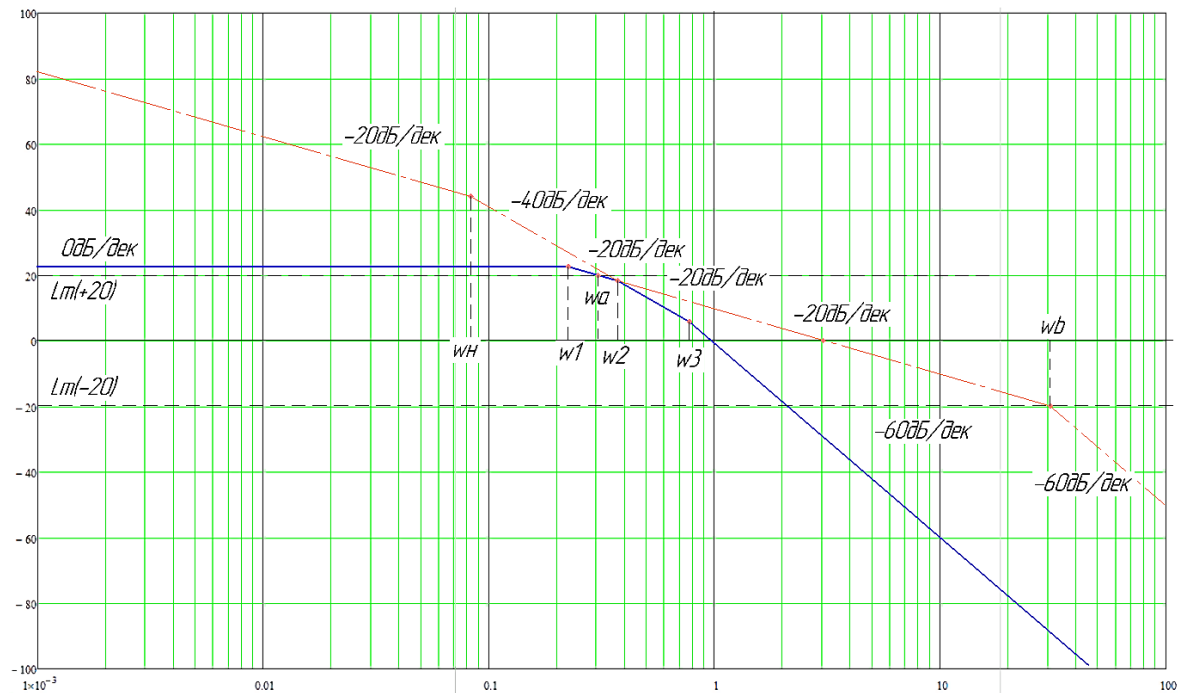


Рисунок 5.10 – Бажана і незмінна асимптотичні ЛАЧХ аналогової системи

Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата

## Побудова низькочастотної частини бажаної асимптотичної ЛАЧХ

Нахил і положення низькочастотної асимптоти ЛАЧХ  $L_{ж}(\omega)$  залежить від вимог, висунутих до статичної точності.

За завданням ніяких вимог до коефіцієнта  $k$  не пред'являється, тому низькочастотна частина бажаної ЛАЧХ так ж сама як і ЛАЧХ не змінна  $k = 14,1$ .

Вихідна незмінна система статична, а бажана повинна мати астатизм першого порядку, тоді початкова асимптота придбає нахил, що відповідає астатизму першого порядку  $-20$  Дб/дек.

Фіксація низькочастотної асимптоти ЛАЧХ знаходиться на  $\omega = 1$  на рівні обумовленому з виразу.

$$20 \lg k = 20 \cdot \lg(14.1) = 23.$$

Через точку  $L(1) = 23$  проведемо асимптоту з нахилом  $-20$  Дб/дек.

Побудова середньочастотної частини бажаної асимптотичної ЛАЧХ.

Визначення частоти зрізу  $\omega_3$  та побудова середньо частотної асимптоти бажаної ЛАЧХ.

Для визначення мінімально допустимого значення частоти зрізу  $\omega_3$  ЛАЧХ бажаної системи використаємо одну з номограм Солодовнікова для статичних систем, яка встановлює відповідність між величиною максимального значення частотної характеристики  $P_{\max}$  і величинами перерегулювання  $\sigma$  і часу перехідного процесу  $t_p$ .

За заданим значенням перерегулювання  $\sigma=20\%$  за допомогою кривої  $\sigma(P_{\max})$  номограми (рис.5.8) знаходимо відповідне йому значення  $P_{\max}=1,08$ , за яким за допомогою другої кривої  $t_p(P_{\max})$  (рис.5.9) визначаємо значення часу перехідного процесу  $t_p=20$  хв, виражене через частоту зрізу  $\omega_3$  співвідношенням  $2,8\pi/\omega_3$ .

Частоту зрізу  $\omega_3$  визначаємо з наступного рівняння

					СУ-61Ш.6.151.00.05.03.ПЗ	Арк.
						75
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

$$\omega_3 = \frac{2,8 \cdot \pi}{t_p} = \frac{2,8 \cdot \pi}{2} = 3 \text{ хв}^{-1}$$

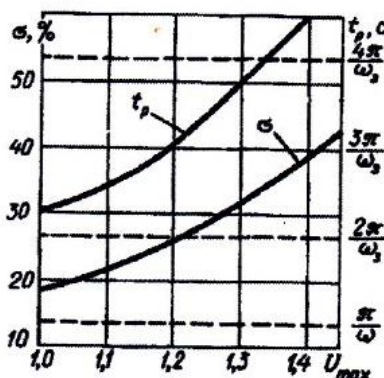


Рисунок 5.8 – Номограма якості Солодовнікова для астатичних систем

Проводимо через точку  $\omega_3=3 \text{ хв}^{-1}$  на осі частот середньо частотну асимптоту з нахилом  $-20 \text{ дБ/дек}$  (рис.5.10).

Визначення діапазону частот середньочастотної частини ЛАЧХ

За номограмою (рис.5.9) та знайденим раніше значенням  $P_{\max}=1,08$  знаходимо необхідний запас по фазі  $\gamma_{\min}=55^\circ$  й відповідні йому ординати середньочастотної частини ЛАЧХ  $L_m=\pm 20 \text{ дБ}$ .

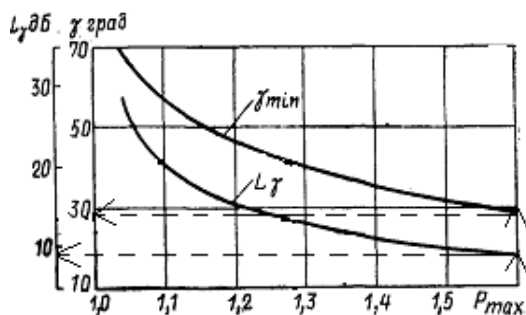


Рисунок 5.9 – Графік для визначення ширини середньочастотної асимптоти й необхідного надлишку фази

Лінії, проведені паралельно осі частот на рівні  $L_m=\pm 20 \text{ дБ}$ , дають у точках перетину із середньочастотною асимптотою частоти сполучення  $\omega_a=0,3 \text{ хв}^{-1}$  у

Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата

низькочастотній частині бажаної ЛАЧХ і  $\omega_b=30 \text{ хв}^{-1}$  у високочастотній (рис.5.10).

в) Спряження низькочастотної і середньочастотної частин бажаної ЛАЧХ зробимо в точці  $\omega_a$ . Через цю точку проводимо асимптоту з нахилом  $-40 \text{ дБ/дек}$  і в точці перетину низькочастотної асимптоти з нахилом  $-20 \text{ дБ/дек}$  одержимо точку сполучення  $\omega_{н1} = 0,06 \text{ хв}^{-1}$

г) Побудова високочастотної частини бажаної ЛАЧХ і спряження її із середньочастотною асимптотою

Побудова високочастотної частини бажаної ЛАЧХ виконується таким чином, щоб вигляд бажаної ЛАЧХ у цій області якомога менше відрізнявся від вигляду незмінної ЛАЧХ.

Високочастотну частину сполучаємо в точці  $\omega_b$ , через яку проводимо асимптоту за нахилом  $-60 \text{ дБ/дек}$ , такий же нахил має і високочастотна частина незмінної ЛАЧХ об'єкта керування.

Побудована у такий спосіб бажана ЛАЧХ розімкнутої системи управління  $L_{ж}(\omega)$  представлена на рис.5.10.

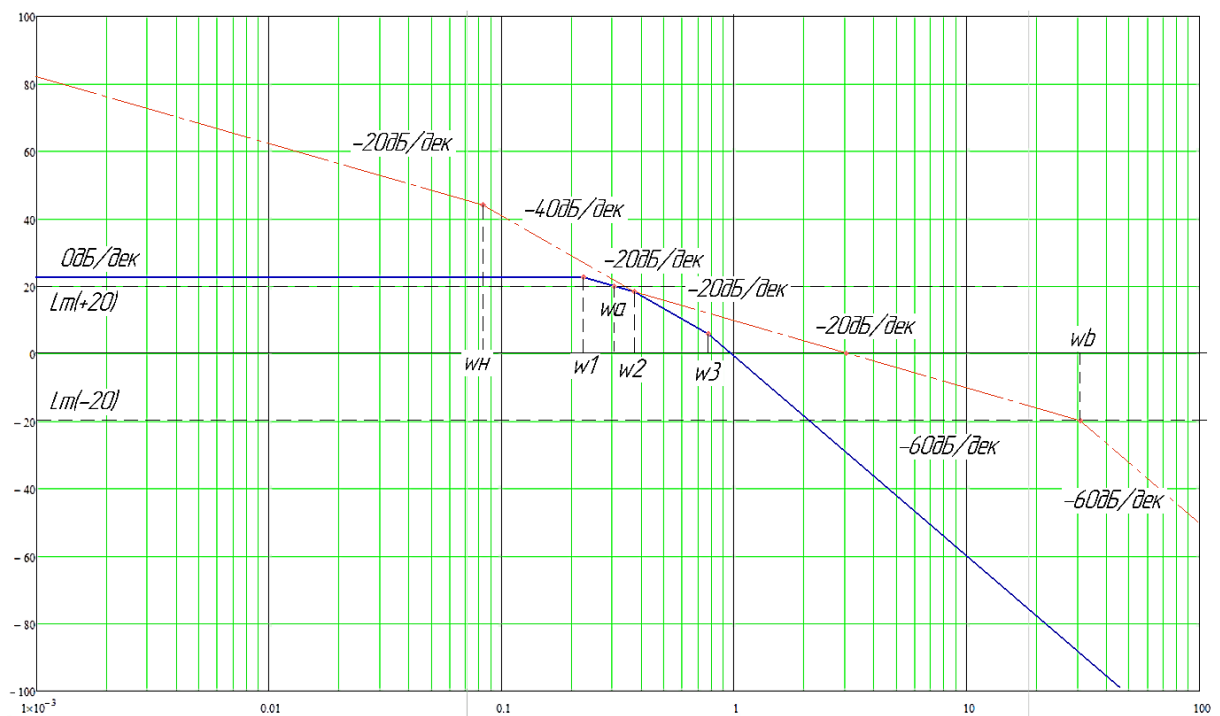


Рисунок 5.10 – Бажана і незмінна асимптотичні ЛАЧХ аналогової системи

#### 5.4.4 Одержання передаточної функції розімкненого ланцюга бажаної системи

Для одержання передаточної функції розімкненого ланцюга бажаної системи  $W_{ж}(\omega)$  за видом отриманої бажаної асимптотичної ЛАЧХ  $L_{ж}(\omega)$  застосуємо методику, що впливає з методики побудови асимптотичної ЛАЧХ за видом її передаточної функції:

1) визначаємо частоти сполучення  $\omega_i$  побудованої бажаної ЛАЧХ  $L_{ж}(\omega)$  і розташовуємо їх у порядку зростання:  $\omega_{н1} = 0,06 \text{ хв}^{-1}$ ;  $\omega_a = 0,3 \text{ хв}^{-1}$ ;  $\omega_b = 30 \text{ хв}^{-1}$ ;

2) визначаємо порядок астатизму бажаної системи за першим нахилом

низькочастотної асимптоти бажаної ЛАЧХ. Так як перший нахил становить - 20 дБ/дек, дана система має астатизм першого порядку. Що відповідає появі співмножника  $\frac{1}{s}$  у передатній функції бажаної ЛАЧХ;

3) визначаємо коефіцієнт підсилення розімкнутої системи, вимірявши ординату низькочастотної асимптоти  $L_{ж}(\omega)$  на частоті  $1 \text{ с}^{-1}$ , із подальшим використанням формули

$$k = 23 \frac{L_{ж}(1)}{20} = 23 \frac{22}{20} = 14 .$$

3) знаходимо вирази для співмножників чисельника і знаменника передаточної функції розімкнутої системи, послідовно аналізуючи

4) поводження асимптотичної ЛАЧХ:

а) після частоти сполучення  $\omega_{н1} = 0,07 \text{ хв}^{-1}$  нахил асимптоти збільшується на 20 дБ/дек і став -40 дБ/дек, що відповідає наявності у знаменнику співмножника

$$\frac{1}{\omega_{н1}} s + 1 = \frac{1}{0,06} s + 1 = 16.67s + 1; \quad (3-6)$$

					СУ-61Ш.6.151.00.05.03.ПЗ	Арк.
						78
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

б) після частоти сполучення  $\omega_a=0,3 \text{ хв}^{-1}$  нахил асимптоти зменшився на 20дБ/дек, що відповідає наявності у чисельнику співмножника

$$\frac{1}{\omega_a} s + 1 = \frac{1}{0,3} s + 1 = 3,33s + 1; \quad (3-7)$$

в) після частоти сполучення  $\omega_b=30 \text{ хв}^{-1}$  нахил асимптоти збільшився на 20дБ/дек, що відповідає наявності у знаменнику співмножника

$$\frac{1}{\omega_b} s + 1 = \frac{1}{30} s + 1 = 0,03s + 1; \quad (3-8)$$

Таким чином, передаточна функція бажаної розімкненої системи матиме вигляд

$$W_{\text{ж}}(s) = \frac{14 \cdot (3,33s + 1)}{s \cdot (16,67s + 1) \cdot (0,03s + 1)^2} \cdot \quad (3-9)$$

Визначення фактичного надлишку фази в області значущих частот бажаної ЛАЧХ

Для перевірки відповідності запасу стійкості тому, що вимагається, будуюмо у діапазоні  $\omega_a < \omega < \omega_b$  одним з відомих способів (з використанням математичного пакету MatLab) логарифмічну фазочастотну характеристику бажаної розімкненої системи (рис.5.11). Як видно з побудови (запас по фазі визначається на частоті зрізу системи) отриманий фактичний надлишок фази складає  $\gamma=73^\circ$ , що цілком достатньо.

```
>> sys=tf([46.953 14.1],[0.018 1.1 16.736 1 0]);
>> w=0:.1:10;
>> H=freqresp(sys,w);
>> F=angle(H(:));
>> bode(sys)
```

					СУ-61Ш.6.151.00.05.03.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		79

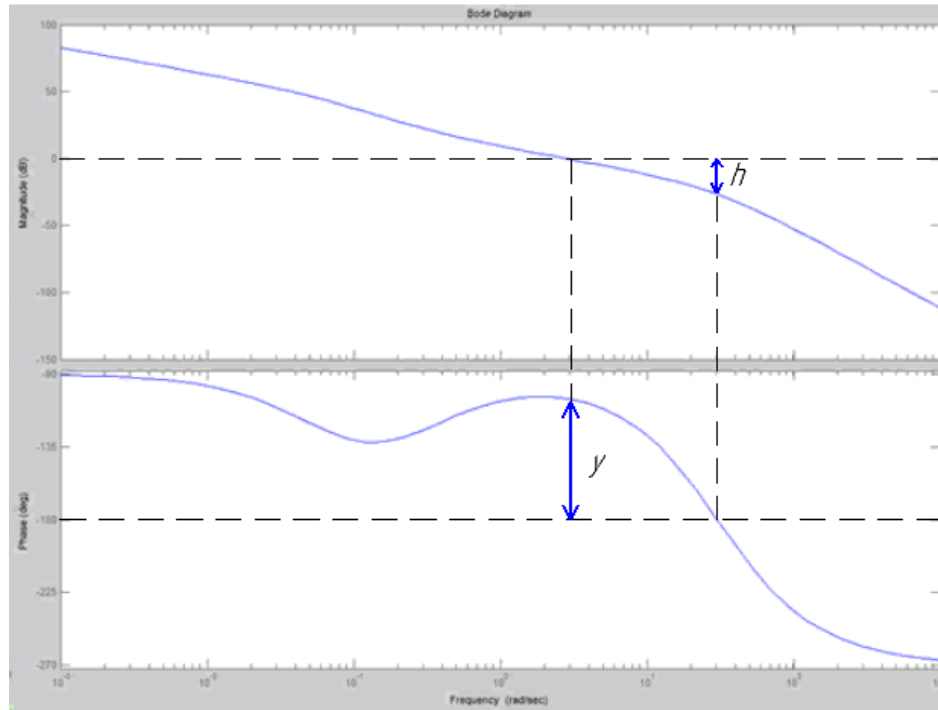


Рисунок 5.11 – ЛАФЧХ бажаної розімкненої САУ

Моделювання синтезованої системи і визначення показників якості перехідного процесу.

Використовуючи вираз передаточної функції бажаної (скоригованої) розімкненої системи, одержуємо перехідну характеристику замкненої системи, яка представлена на рис.5.12. Для цього використаємо математичний пакет MathCad.

$$W(s) := \frac{14.1 \cdot (3.33 \cdot s + 1) \cdot 1}{s \cdot (16.67 \cdot s + 1) \cdot (0.033 \cdot s + 1)^2} \quad Wz(s) := \frac{W(s)}{1 + W(s)}$$

$$h(t) := 0.119 \cdot e^{-0.332 \cdot t} + -1.48 \cdot e^{-3.27 \cdot t} + -0.000641 \cdot e^{-30.3 \cdot t} + 0.000275 \cdot e^{-0.06 \cdot t} + 0.459 \cdot e^{-18.6 \cdot t} + -0.0973 \cdot e^{-38.4 \cdot t} + -0.0184 \cdot t \cdot e^{-30.3 \cdot t} + 1.0$$

Данна функція можливо буде переведена в цифровий фільтр, після цього дану програму можна використовувати під час програмування ПЛК 160.

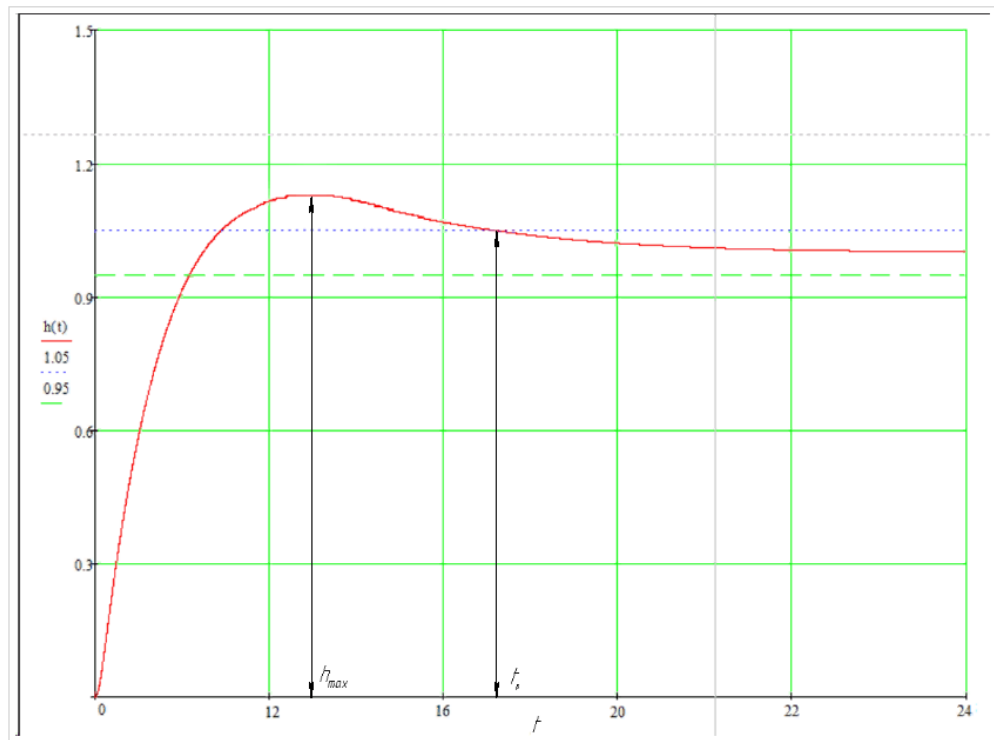


Рисунок 5.12 – Перехідний процес у скоригованій системі

Аналізуючи перехідний процес, одержуємо такі показники якості:

а) час перехідного процесу:

$$t_p = 17 \text{ хв};$$

б) перерегулювання:

$$\sigma = \frac{h_{max} - h_{yst}}{h_{yst}} = \frac{1.13 - 1}{1} = 13 \% .$$

Висновок: отримані показники якості перехідного процесу задовольняють заданим показникам, а значить, синтез виконано успішно.

Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата



## 5.5 Висновок

Порівнявши характеристики показників якості наведених в таблиці 5.1 можна зробити висновок, що параметри регулятора розраховані методом Солодовнікова, на відмінну від розрахунку методом незатухаючих коливань має показники котрі задовольняють якість перехідного процесу. Тому в якості регулятора виберемо передаточну функцію регулятора отриману методом Логарифмічно-амплітудо-частотних характеристик.

Таблиця 5.1 – Порівняльні характеристики показників якості системи

Метод синтезу	Показник якості	Одиниця виміру	Чисельне значення
Солодовнікова	Перерегулювання	$\sigma, \%$	13
	Час перехідного процесу	$t_p, \text{хв}$	17
Незатухаючих коливань	Перерегулювання	$\sigma, \%$	21
	Час перехідного процесу	$t_p, \text{хв}$	30

## 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 і встановленим програмним комплексом TRACE MODE 6.

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.

					СУ-61Ш.6.151.00.05.03.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		83

## СИСОК 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 автоматика". - 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. Клюев, Б.В. Глазов, А.Х. Дубровский, С.А. Клюев. -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»: <https://owen.ua/>.
8. Сайт компании SIEMENS: [www.siemens.com](http://www.siemens.com).
9. Электронный каталог промышленных роботов: [www.robotics.com.ua](http://www.robotics.com.ua).
10. Теорія автоматичного керування. Попович М.Г., Ковальчук О.Б. Підручник для вузів. – К.: Либідь, 1997. – 542 с.
11. Волошенко А.В., Горбунов Д.Б., Проектирование функциональных схем систем автоматического контроля и регулирования.-Томск.: Изд-во Томского политехнического университета, 2008. – 109 с.
12. Сольнищев Р.И., Автоматизация проектирования систем автоматического управления —М: Высш. шк., 1991. — 335 с.

					СУ-61Ш.6.151.00.05.03.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		84

13. 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

14. Техничко-экономическое обоснование дипломных проектов / под ред. В.К. Беклешова. – М.: Высш.шк., 1991. – 247 с.

15. 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.

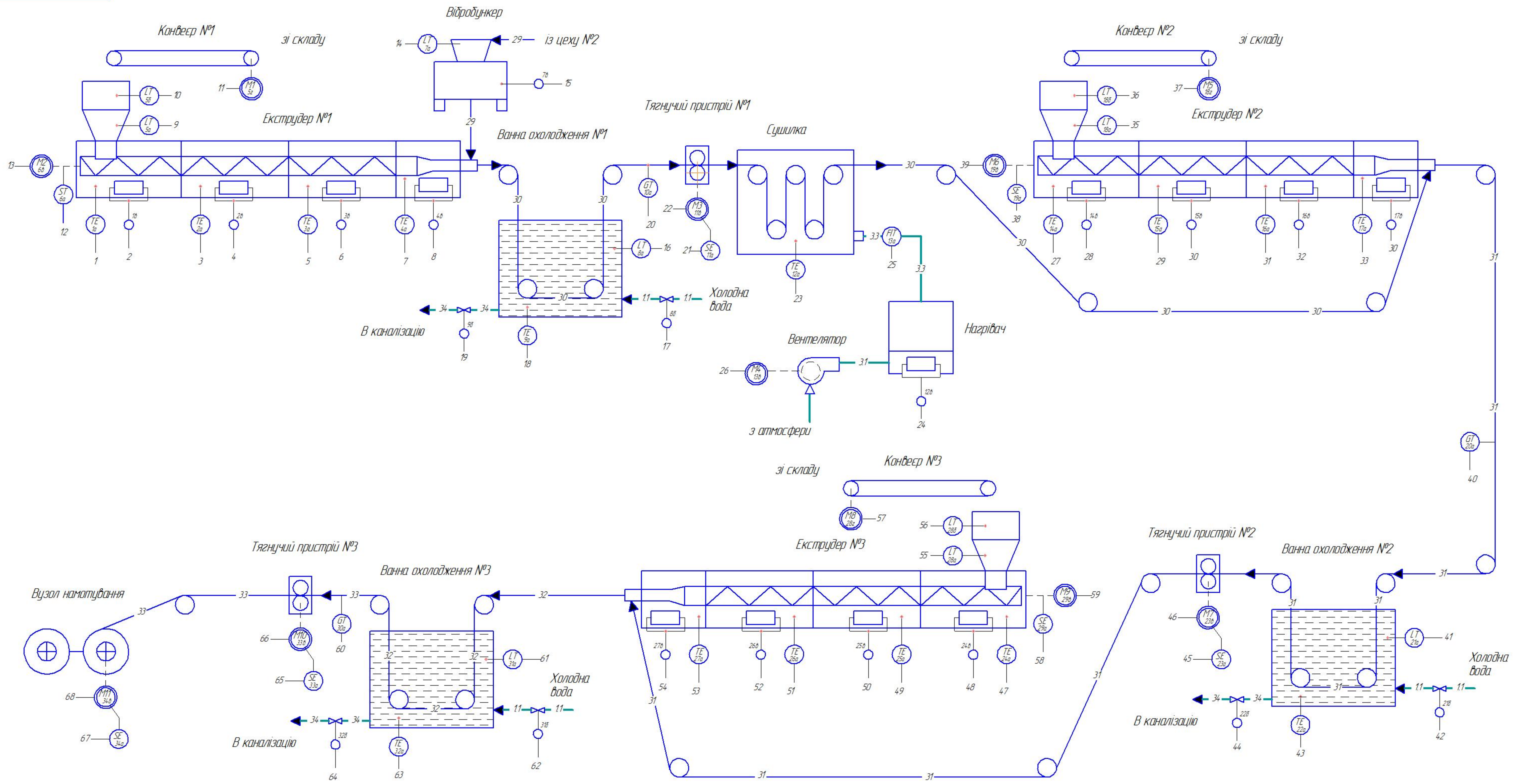
16. Методичні вказівки до виконання організаційно-економічної частини дипломних проектів / укладачі: О. М. Тур, І. В. Новикова. – Шостка : Сумський державний університет, 2014. – 42 с.

17. Теорія автоматичного управління: конспект лекцій: ч.2 Синтез лінійних систем автоматичного управління / укладачі: Г. М. Худолей. – Суми: Сумський державний університет, 2012. – 87 с.

18. <https://studfile.net/preview/6754266/page:2/>

					СУ-61Ш.6.151.00.05.03.ПЗ	Арк.
						85
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		





Позиція	Найменування
-11-	Вода
-31-	Повітря
-33-	Гаряче повітря
-29-	Детонуючий склад
-30-	Основа хвильоводу
-31-	Основа хвильоводу з шаром ПЕНТ
-32-	Основа хвильоводу з шаром ПЕВТ
-33-	Готовий продукт
-34-	Стоки

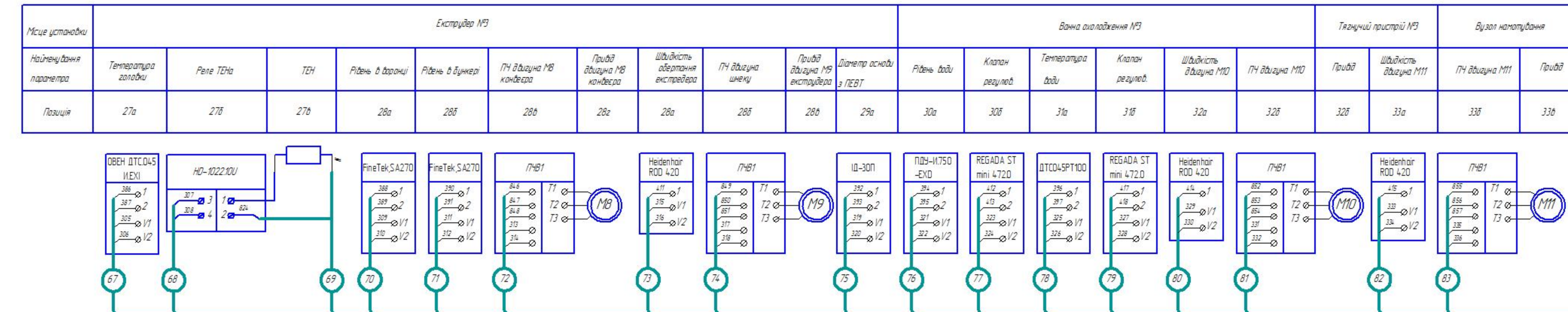
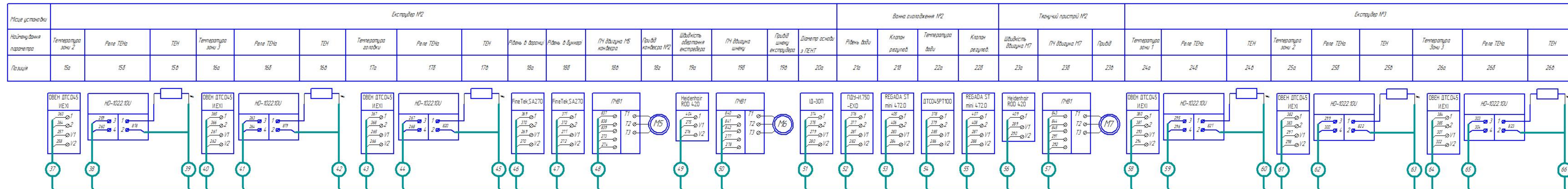
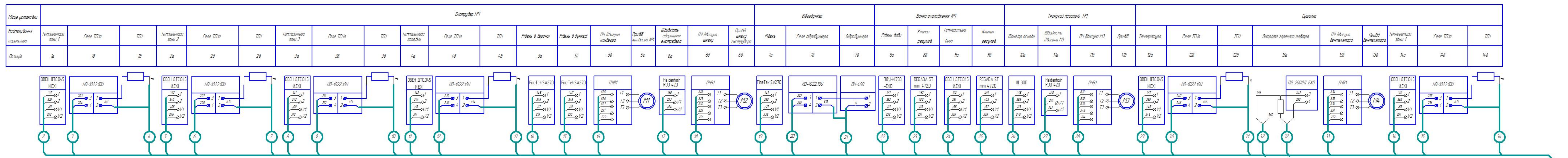
  

<b>СУ-61Ш 6.151.00.03.А2</b>			
Система управління технологічним процесом виготовлення хвильоводів.			
Лист	Масштаб	Масштаб	1:1
Лист	Листів	1	
III СумДУ гр. СУ-61-7			
Формат А1			

Інв. № проєкту: \_\_\_\_\_  
 Підп. і дата: \_\_\_\_\_  
 Взам. №: \_\_\_\_\_  
 Стор. №: \_\_\_\_\_  
 Лист №: \_\_\_\_\_  
 Листів: \_\_\_\_\_  
 Назва: \_\_\_\_\_  
 Матеріал: \_\_\_\_\_  
 Примітка: \_\_\_\_\_

№	Символ	Назва	Тип	Сигналізація	Дія
1	PI	Управління	PI	✓	
2	PI	Управління	PI	✓	
3	PI	Управління	PI	✓	
4	PI	Управління	PI	✓	
5	PI	Управління	PI	✓	
6	PI	Управління	PI	✓	
7	PI	Управління	PI	✓	
8	PI	Управління	PI	✓	
9	PI	Управління	PI	✓	
10	PI	Управління	PI	✓	
11	PI	Управління	PI	✓	
12	PI	Управління	PI	✓	
13	PI	Управління	PI	✓	
14	PI	Управління	PI	✓	
15	PI	Управління	PI	✓	
16	PI	Управління	PI	✓	
17	PI	Управління	PI	✓	
18	PI	Управління	PI	✓	
19	PI	Управління	PI	✓	
20	PI	Управління	PI	✓	
21	PI	Управління	PI	✓	
22	PI	Управління	PI	✓	
23	PI	Управління	PI	✓	
24	PI	Управління	PI	✓	
25	PI	Управління	PI	✓	
26	PI	Управління	PI	✓	
27	PI	Управління	PI	✓	
28	PI	Управління	PI	✓	
29	PI	Управління	PI	✓	
30	PI	Управління	PI	✓	
31	PI	Управління	PI	✓	
32	PI	Управління	PI	✓	
33	PI	Управління	PI	✓	
34	PI	Управління	PI	✓	
35	PI	Управління	PI	✓	
36	PI	Управління	PI	✓	
37	PI	Управління	PI	✓	
38	PI	Управління	PI	✓	
39	PI	Управління	PI	✓	
40	PI	Управління	PI	✓	
41	PI	Управління	PI	✓	
42	PI	Управління	PI	✓	
43	PI	Управління	PI	✓	
44	PI	Управління	PI	✓	
45	PI	Управління	PI	✓	
46	PI	Управління	PI	✓	
47	PI	Управління	PI	✓	
48	PI	Управління	PI	✓	
49	PI	Управління	PI	✓	
50	PI	Управління	PI	✓	
51	PI	Управління	PI	✓	
52	PI	Управління	PI	✓	
53	PI	Управління	PI	✓	
54	PI	Управління	PI	✓	
55	PI	Управління	PI	✓	
56	PI	Управління	PI	✓	
57	PI	Управління	PI	✓	
58	PI	Управління	PI	✓	
59	PI	Управління	PI	✓	
60	PI	Управління	PI	✓	
61	PI	Управління	PI	✓	
62	PI	Управління	PI	✓	
63	PI	Управління	PI	✓	
64	PI	Управління	PI	✓	
65	PI	Управління	PI	✓	
66	PI	Управління	PI	✓	
67	PI	Управління	PI	✓	
68	PI	Управління	PI	✓	





Имя установки	Электросхема												Класс кабели	
наименование	Ввод питания												АРН	
Позиция	А11 А12 А13 А14 А15 А16 А17 А18 А19 А20 А21 А22 А23												А1%	

