

Міністерство освіти і науки України
Український державний університет науки і технологій

Навчально-науковий інститут
«Український державний хіміко-технологічний університет»
(назва навчально-наукового інституту)

Пояснювальна записка

до дипломного проекту (роботи)

бакалавр

(освітньо-кваліфікаційний рівень)

на тему: Розробка функціональної та технічної структур АСКТП
виготовлення сурлінової трубки

Виконав: студент IV курсу, групи 4-АВП-22

Спеціальності 151 Автоматизація та

комп'ютерно-інтегровані технології

(шифр і назва спеціальності)

Забара І.М.

(прізвище та ініціали)

Керівник: Тітова О.В.

(прізвище та ініціали)

Рецензент: Чернецький Є.В.

(прізвище та ініціали)

Дніпро – 2026 року

Український державний університет науки і технологій
(повне найменування вищого навчального закладу)

Навчально-науковий інститут
«Український державний хіміко-технологічний університет»

(назва навчально-наукового інституту)

Факультет, відділення Комп'ютерних наук та інженерії

Кафедра Комп'ютерно-інтегрованих технологій та автоматизації

Освітній рівень Бакалавр

Спеціальність 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

(код і назва)

Спеціалізація _____

(шифр і назва)

Освітня програма Інтелектуальна автоматизація та робототехніка

(назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри Левчук І.Л.

" ____ " _____ 2026 року

З А В Д А Н Н Я
НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ (РОБОТУ) СТУДЕНТУ

Забарі Івану Миколайовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) Розробка функціональної та технічної структур АСКТП виготовлення сурлінової трубки

керівник проекту (роботи) Тітова О.В., к.т.н., доц.

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

затверджені наказом вищого навчального закладу від " ____ " _____ 20__ року № ____

2. Строк подання студентом проекту (роботи) 01 червня 2026р.

3. Вихідні дані до проекту (роботи) Технологічний регламент виробництва, Літературні джерела

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Аналіз об'єкта керування, функціональна частина проекту АСКТП, технічне забезпечення АСКТП, розрахункова частина, економічна частина, охорона праці.

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

Схема функціональна автоматизації

Схема функціональної структури

Схема структурна комплексу технічних засобів

6. Консультанти розділів проєкту (роботи)

Розділ	Ініціали, прізвище та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

7. Дата видачі завдання Вересень 2026р.**КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН**

№ з/п	Назва етапів дипломного проєкту (роботи)	Строк виконання етапів проєкту (роботи)	Примітка
1	Аналіз об'єкта керування. Призначення процесу. Опис схеми. Вимоги до технологічного режиму. Задачі контролю та керування. Існуючі рішення з автоматизації. Постановка задачі на розробку АСКТП	тиждень	
2	Функціональна частина проєкту. Призначення, цілі та функції АСКТП. Характеристика комплексу задач. Технічне забезпечення АСКТП. Технічна структура.	тиждень	
3	Опис функціонування КТЗ	тиждень	
4	Розрахункова частина	тиждень	
5	Охорона праці та економічна частина	тиждень	

Студент

_____ **Іван ЗАБАРА**
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник проєкту (роботи)

_____ **Олена ТІТОВА**
(підпис) (прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Дипломний проект містить:

- Сторінок -76;
- Сторінок графічної частини -3;
- Таблиць - 8;
- Рисунків - 5;
- Літературних джерел -35.

Ключові слова:

Автоматизація, хвилевід, капсуль-детонатор (КД), ініціювання, активна речовина (АР), сурлін, октоген, екструдер, продукт 18, об'єкт керування, комплекс технічних засобів (КТЗ).

Основна частина:

У роботі здійснено дослідження динамічної характеристики об'єкту (крива розгону), виконано синтез АСР та отримано оптимальний перехідний процес для ПІ регулятора. У першій частині дипломного проекту проведено аналіз об'єкта керування: зроблено опис технологічного процесу, визначено завдання контролю та керування процесом, проведений аналіз існуючих рішень з автоматизації. У другій частині була розроблена схема функціональної структури і схема автоматизації. В третій частині дипломного проекту наведений опис схеми технічної структури АСКТП, проведено вибір КТЗ, описано функціонування комплексу технічних засобів. В останній частині розкриті питання економічної доцільності впровадження АСКТП та питання з приводу охорони праці і техніки безпеки.

					A26.15.АТХ.00.ПЗ			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Забара І.М.</i>			Розробка функціональної та технічної структур АСКТП виготовлення сурлінової трубки	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Тітова О.В.</i>					1	93
<i>Т. Контр.</i>		<i>Чернецький С.В.</i>				УДУНТ ННІ УДХТУ Кафедра КІТмаР зд. 4-АВП-22		
<i>Н. Контр.</i>		<i>Чернецький С.В.</i>						
<i>Затверд.</i>		<i>Левчук І.Л.</i>						

ЗМІСТ

ВСТУП	7
1 АНАЛІЗ ОБ'ЄКТА КЕРУВАННЯ	11
1.1 Опис технологічного процесу як об'єкта керування	11
1.1.1 Призначення процесу	11
1.1.2 Фізико-хімічні основи процесу	14
1.1.3 Технологічна схема	14
1.1.4 Вимоги до технологічного режиму	18
1.1.5 Аналіз технологічних величин	20
1.2 Задачі контролю та керування процесом	21
1.3 Аналіз існуючих рішень з автоматизації	22
1.4 Постановка задачі на розробку системи	23
2 ФУНКЦІОНАЛЬНА ЧАСТИНА ПРОЕКТУ АСКТП	24
2.1 Призначення, цілі та автоматизовані функції АСКТП	24
2.2 Характеристика функціональної структури	25
2.3 Математичне забезпечення АСКТП.....	27
2.3.1. Розробка та опис алгоритмів інформаційної підсистеми .	27
2.3.2.Моделювання САР об'єкта автоматизації.....	28
3 ТЕХНІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ АСКТП	37
3.1 Технічна структура АСКТП	37
3.2 Вибір КТЗ	38
3.2.1 Методи і засоби вимірювання	38
3.2.2 Локальні засоби автоматизації	40
3.2.3 Засоби обчислювальної техніки	42
3.3 Опис функціонування КТЗ	45
4 ІНФОРМАЦІЙНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ АСКТП.....	47
5 ОХОРОНА ПРАЦІ	48
6 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНІ РОЗРАХУНКИ	61

ВИСНОВОК	72
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ.....	74

ВСТУП

Державне підприємство "Науково-виробниче об'єднання "Павлоградський хімічний завод" (ДП "НВО "ПХЗ") засновано в 1929 році, як підприємство по випуску вибухових матеріалів і спорядженню боєприпасів різного призначення (артилерійських, авіаційних, морських, інженерних та ін.). З 60-х років на підприємстві з'являються виробництва по виготовленню сумішевих твердих ракетних палив і виготовленню спорядження корпусів і ракетних двигунів масою від 1 кг до 50000 кг. На сьогодні ДП НВО "ПХЗ" - одне з провідних підприємств в Україні по:

- виробництву вибухових речовин, сумішевих твердих ракетних палив і виробів з ними;
- утилізації різних видів боєприпасів, непридатних для зберігання і використання, а також твердого ракетного палива;
- проведенню буро-підривних робіт;
- проведенню наукових досліджень в області: розробки нових технологічних процесів і вдосконалення існуючих процесів з видачею повного комплексу документів для проведення будівельно-монтажних робіт; різних розрахунків при створенні нових і вдосконаленні існуючих технологій; розробки конструкторської документації на не стандартизоване устаткування; проведення експертизи проектно-конструкторської, технологічної і нормативної документації у сфері хімії та спецхімії;
- проектуванню та конструюванню процесів і устаткування для виробництва і утилізації вибухових та пожежонебезпечних матеріалів і виробів; процесів і нестандартного устаткування для виробництва полімерних і композиційних матеріалів.

Продукція НВО «ПХЗ» використовується в проведенні буропідричних робіт на гранітних кар'єрах по усій Україні. Застосовуються системи ініціації неелектричні «Прима-ЕРА», що ініціюються електродетонаторами.

Метою даного проекту є вивчення процесу виробництва засобів ініціювання вибухівки, отримання практичних навичок стосовно самостійності рішення прикладних задач з автоматизації хіміко-технологічних процесів.

Система водостійка, підвищеної безпеки, призначена для ініціації проміжних детонаторів і патронів-бойовиків при веденні вибухових робіт на дні об'єкта, в забоях підземних вироблень (у копальнях і шахтах, небезпечних по газу і пилу), при тунелебудуванні, під водою, а також для дроблення негабаритів гірської маси в температурному діапазоні від мінус 30°С до плюс 50° С.

Система дозволяє створювати схеми миттєвого і уповільненого підривання з широким діапазоном інтервалів уповільнення. Вона складається з наступних елементів :

- одного, двох або трьох свердловинних елементів Прима-ЭРА-Д (детонатор), залежно від кількості проміжних детонаторів у свердловині з певним часом уповільнення і з довжиною хвилеводу відповідно до глибини свердловини та одного поверхневого елементу Прима-ЭРА-С (з'єднувач) з певним часом уповільнення і завдовжки хвилеводу, залежно від відстані між свердловинами;

- одного, двох або трьох елементів подвійної дії Прима-ЭРА-СД (з'єднувач-детонатор) - залежно від кількості проміжних детонаторів у свердловині, з певним часом уповільнення і завдовжки хвилеводу, залежно від глибини свердловини і відстані між свердловинами;

- одного або двох свердловинних (шпурових) елементів Прима-ЭРА-Т або Прима-ЭРА-Тм (тунельний) - залежно від кількості патронів-бойовиків в

шпурі (свердловині), з певним часом уповільнення і завдовжки хвилеводу, залежно від глибинні шпуру (свердловини).

Елементом системи є капсуль-детонатор з уповільненням, герметично сполучений з відрізком хвилеводу певної довжини і певного кольору.

Елемент Прима-ЭРА-С - поверхневий, є комплект, що складається з капсуля-детонатора (КД) № 6 з часом уповільнення від 0 мс до 176 мс, розміщеного в пластиковому з'єднувачі (коннекторі), такого, що має колір, що відповідає часу уповільнення КД, втулки ущільнювача і відрізка хвилеводу певної довжини (від 2 м і більше) блакитного кольору. Призначена для передачі і розподілу імпульсу, що ініціює, при веденні вибухових робіт.

Елемент Прима-ЭРА-Д - свердловинний, є комплект, що складається з КД № 8 з часом уповільнення від 400 мс до 500 мс, втулки ущільнювача і відрізка хвилеводу певної довжини (більше 2 м) жовтого кольору. Призначений для ініціації проміжних детонаторів і патронів-бойовиків при підриванні свердловинних зарядів і шпурів.

Прима-ЭРА-С і Прима-ЭРА-Д призначені для спільного використання при монтуванні схем підривання свердловинних зарядів на блоці з необхідними інтервалами уповільнення.

Елемент Прима-ЭРА-СД - подвійний, є комплект, що складається з КД № 6 з часом уповільнення від 0 мс до 176 мс, розміщеного в пластиковому з'єднувачі (коннекторі), такого, що має колір, що відповідає часу уповільнення КД, і втулки ущільнювача, закріплених на одному кінці хвилеводу, і КД № 8 з часом уповільнення від 400 мс до 500 мс, і втулки ущільнювача - на іншому кінці одного і того ж хвилеводу жовтого кольору. Кінець елементу системи з КД № 8 використовують усередині свердловини, а кінець елементу системи з КД № 6 підлягає з'єднанню, за допомогою з'єднувача (коннектора), з наступним хвилеводом системи.

Елемент Прима-ЭРА-Т, Прима-ЭРА-Тм - тунельний, є комплектом, що складається з КД № 8 з уповільненням від 100 мс до 400 мс, від 500 мс до 9000

мс, втулки ущільнювача і відрізка хвилеводу певної довжини (від 2 м і більше) помаранчевого кольору. Призначений для ведення вибухових робіт на підземних гірських виробленнях.

Прима-ЭРА-Тм (з використанням КД №8 посиленої дії) застосовується при веденні вибухових робіт для ініціації безпосередньо патронованих вибухових речовин (підклас 1.1) [1].

1 АНАЛІЗ ОБ'ЄКТА КЕРУВАННЯ

1.1 Опис технологічного процесу як об'єкта керування

1.1.1 Призначення процесу

Виробнича лінія виготовляє 2-во-шарові трубки, покриті усередині порошком «НМХ, Al і Si» (Рисунок 1.1).

- сердечник Surlyn: $\varnothing 1.2 / \varnothing 2.2$ мм;
- температура плавлення: 95°C ;
- витрата: 2.4 кг/год;
- властивості: прозорий;
- РЕ покриття трубки: $\varnothing 2.2 / \varnothing 3$ мм;
- температура плавлення: 160°C ;
- витрата: 2.75 кг/год;
- властивості: непрозорий;
- порошок усередині сердечника: Surlyn.

Основним енергетичним компонентом є октоген, з температурою займання 335°C (бета кристали). Інші компоненти незначні відносно дії температури займання.

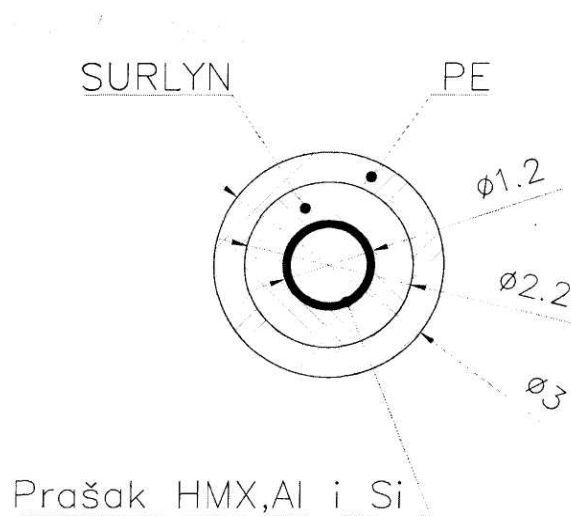


Рисунок 1.1 – Внутрішній вигляд хвилеводу

Усі дані вносяться або прочитуються з дисплея комп'ютера, який управляє всіма процесами на лінії виготовлення. Задаються дані на електродвигуни подання потоків сурліна (активної речовини, OKITEN 245A, суперконцентрати пігментів, швидкість простягання на протяжний пристрій), датчики термопари, тенти нагрівання, лазерні датчики речовини.

Починається усе з підготовки устаткування і речовини хвилеводу, що використовується у виготовленні. Екструдер №1 і №2 починають нагрівати близько години до робочої температури 120° С, після чого витримують цю температуру близько 2 годин, щоб остаточно прогрілася уся система. А також змішують октоген з алюмінієвим порошком в спеціальних термостатичних шафах.

Після чого електродвигуни починають подання сурліна, який проходить по поясковому нагрівачу розігрітому з поступовим і рівномірним збільшенням температури від 170° до 200°С. Поступове нагрівання забезпечується за допомогою 4 тентів, які рівномірно розташовані по усій довжині нагрівача. Кожен тент нагрівається до певної температури, перший 170° С, 2ий-180° С, 3тій-190° С і 4тий-200° С. Така температура підтримується за допомогою регуляторів і датчиків термопари. Чому зі збільшенням? Тому, що якщо нагріватимемо нагрівач по усій його довжині постійною температурою 200° С, то сурлін, що проходить по ньому, може спектися. Поступове нагрівання забезпечується за допомогою 4 тентів, які рівномірно розташовані по усій довжині нагрівача, а також датчиків термопари.

Розплавлений сурлін подається в дозатор АР, в якому відбувається наплення активної речовини на стінки сурлінової трубки, що утворилася. Так щоб маса навішування речовини активного в одному метрі хвилеводу складала 16-25 міліграм / м. Після наплення продукт потрапляє у вертикальну камеру водяного охолодження, де остаточно задається зовнішній діаметр трубки 2.5 ± 0.15 мм, за допомогою калібру. Де також охолоджується у воді.

Далі хвилевід проходить по двох облаштуваннях вакуумної сушки з вертикальними і горизонтальними лазерними датчиками АР. Алюміній для того і додавався, щоб за допомогою його датчики визначали наявність октогена в продукті. Якщо АР в трубці не було, датчики подавали сигнал на дисплей. Але якщо таке траплялося, процес не зупинявся із-за робочого персоналу, який робить постійну перевірку наявності АР і додавання його по потребі. Також із зовнішнього його боку відсмоктується уся вода, яка залишилася після охолодження, під тиском повітря 0.5 МПа.

Сурлінова трубка з АР простягається через камеру. У якій на неї буде наноситься поліетилен з барвником (змішані в поясковому нагрівачі, який працює точно також як і перший нагрівач, але температуру він дає іншу) зовнішнім діаметром 0.5 мм. Зміна кольору барвника робиться на прохання покупця хвилеводу.

Після цього хвилевід пропускається через горизонтальну охолоджувальну камеру, де тримається постійна температура води, що подається компресором. Він же нагріває або охолоджує воду до 15-18° С. Ця температура потрібна для хорошої якості, міцності і гнучкості хвилеводу. Якщо температуру підвищити, то хвилевід може розірватися в процесі його виготовлення, а занадто низька температура охолодження може викликати погану якість гнучкості, яка негативно відобразиться в експлуатації продукту.

Готовий продукт простягається через протяжний пристрій зі швидкістю 2 км/год.

1.1.2 Фізико-хімічні основи процесу

Сурлін є пакувальним полімером, виготовленим з сополімера етиленової кислоти, в якому кислотна група частково нейтралізована іонами цинку або натрію. Кислота в полімері дає полярність і знижує міру кристалічності. Іонний зв'язок між полімерними ланцюгами дає унікальну міцність розплаву, в'язкість і прозорість. Тому він і узятий у виробництво хвилеводів.

Хвилевід є двошаровою порожнистою пластиковою трубкою блакитного, жовтого або помаранчевого кольору з нанесеним на внутрішню поверхню сурлінової трубки активної речовини. Цей процес називають адгезією (взаємодія часток з твердою поверхнею).

Адгезію часто трактують як молекулярний зв'язок двох дотичних різнорідних тіл. Мікроскопічні частки в повітряному середовищі прилипають до твердої поверхні не лише за рахунок молекулярних сил, але і під дією подвійного електричного шару, що утворюється в зоні контакту, а також кулонівської дії і інших причин. Кулонівські сили виникають між зарядженими частками і можуть значно перевершувати молекулярні [2,3].

1.1.3 Технологічна схема

Основна конструкція збирається з квадратних трубок 50x50. Намотувальний пристрій встановлюється на незалежну основу.

Екструдер для Surlyn. Електродвигун (двигун змінного струму 2.2 кВт, передатне число $i=56$, із захистом ЕЕх) редуктора приводить в рух черв'ячний стержень в циліндрі. Циліндр і черв'як зроблені із сталі 34CrAlNi7.

Азотування поверхні дає твердість 66 ± 2 за шкалою С. Роквелла, яка дуже стійка до зносу і ерозії, і також збільшує опірність корозії.

Циліндр розділений на 4 температурних зони з поясами нагріву, охолоджувани повітрям. Максимальна температура поверхні циліндра 150°C . 70-літрова воронка (розтруб) встановлюється на вході в циліндр.

Технічна характеристика:

- потужність мотора : 2.2 кВт;
- потужність нагріву : 4.61 кВт;
- електроживлення: 3~380В/50Гц;
- розміри: 1275 x 885 x 654 мм.

Вертикальна траверса. Вертикальна траверса використовується для розподілу і зміни напрямку сурліна з екструдера на 90° . Жолоб, округлий по конструкції, забезпечує рівномірний круговий розподіл матеріалу і формування трубки з внутрішнім діаметром 2,6 мм, який забезпечує нанесення шару порошку на внутрішню поверхню трубки.

Основні деталі - це основа, розподільне облаштування матеріалу, випускний отвір(кран) і регульований вручну насадок. Ці деталі виготовлені із сталі 34CrAlNi7, нітрованою і відшліфованою, з твердістю поверхні $66\pm 2\text{HRC}$ (твердість за шкалою С. Роквелла). Основа оснащена поясами обігріву. Максимальна температура головної поверхні 150°C .

1,5-літрова воронка кріпиться на вході в голівку.

Технічна характеристика:

- потужність нагріву: 723 Вт;
- електроживлення: 380В / 50 Гц;
- розмір: 136 x 136 x 165 мм.

Дозатор для порошку. Привід - електродвигун (двигун змінного струму 0,25 кВт, передатне число $i=45$, захист ЕЕх) редуктора. Управління - перетворювач частоти Siemens в електрошафі, регульований вручну або за допомогою PLC (програмований логічний контролер).

Калібратор. Калібратор використовується для калібрування і охолодження трубки (зовнішній діаметр $\varnothing 2.2\text{мм}$). Основа зроблена з нержавіючої сталі з водяним охолодженням. Насадок і конус зроблені з бронзи. Він розміщується усередині вертикального охолоджувача, з регульованою висотою.

Вертикальна охолоджуюча камера. Камера, зроблена з нержавіючої сталі, використовується для охолодження трубки шляхом занурення після екструзії, вона збирає воду з калібратора і відводить надмірну воду. Вона спирається на дві рухливі (що ковзають) точки, з регульованою висотою (за допомогою шпинделя).

Вакуумний насадок. Насадок використовується для видалення води з трубки перед екструзією PE. Він розміщується на підставі оптичного детектора.

Оптичний зчитуючий пристрій. Основні частини підтримують виконавчий елемент і оптоелектрический датчик. Є два оптичні зчитуючі пристрої, у вертикальній і горизонтальній площині. Вони розташовані перед екструдером для PE.

Екструдер для PE. Електродвигун (двигун змінного струму 2.2 кВт, передатне число $i=30$, із захистом EEх) редуктора приводить в рух черв'ячний стержень в циліндрі. Циліндр і черв'як виготовлені із сталі 34CrAlNi7 з нітрованним твердим поверхневим шаром ($66\pm 2\text{HRC}$ твердість за шкалою С. Роквелла), який дуже стійкий до зносу і ерозії, а також збільшує опірність корозії.

Циліндр розділений на 4 температурних зони з поясами нагріву, охолоджувани повітрям.

Температура поверхні циліндра не перевищує 150°C .

70 – літрова воронка (розтруб), закріплена на вході в циліндр. Є точка з'єднання під розтрубом (воронкою), яка включає добавку до основної дози, якщо необхідно забарвити поліетиленовий шар.

Технічна характеристика:

- потужність мотора: 2.2 кВт;
- потужність нагріву: 4.61 кВт;
- електроживлення: 3~380В/50Гц;
- розміри: 1275 x 885 x 654 мм.

Горизонтальна траверса. Горизонтальна траверса використовується для розподілу і зміни напрямку поліетилену з екструдера для РЕ на 90° . Жолоб, округлий по конструкції, забезпечує рівномірний круговий розподіл матеріалу і формування трубки з внутрішнім діаметром 2,2 мм. Поліетиленова трубка покриває сурлінову трубку. Поліетиленова трубка має зовнішній діаметр 3 мм.

Основні деталі - це основа, розподільне облаштування матеріалу, випускний отвір(кран) і регульований вручну насадок. Ці деталі виготовлені із сталі 34CrAlNi7, нітрованої і відшліфованої, з твердістю поверхні 66±2HRC (твердість за шкалою С. Роквелла). Основа оснащена зонами нагріву.

Технічна характеристика:

- потужність нагріву: 850 Вт;
- електроживлення: 380В / 50 Гц.

Горизонтальна охолоджуюча камера. Камера, зроблена з нержавіючої сталі, використовується для охолодження РЕ трубки шляхом занурення після екструзії. Вступ свіжої води відбувається на лінії основного водопостачання.

Екстрактор (відведення виробу з екструдера). Привід - електродвигун (двигун змінного струму 0.55 кВт, передатне число $i=10$, із захистом ЕЕх) редуктора приводить в рух синхронні шків дві зубчатими і ременями приводу. Приводні ремені переміщують трубку із швидкістю 500-900 м/год. Зубчастий ремінь приводу - 16Т10/1250, захищений 3-мм шаром гуми.

Система управління - перетворювач частоти Сименс в електрошафі, регулювання вручну або за допомогою програмованого логічного контролера (PLC).

Лічильник. Лічильник використовується для виміру довжини трубки. Після того, як необхідна довжина досягнута, лічильник посилає сигнал на виконавчий елемент (сигнал замінити котушку). Основні частини процесу - PLC блок управління Simatic QP 17, мірний ролик Ø63.66 мм і інкрементний кодуєчий пристрій - Incremental Encoder GI55.

1.1.4 Вимоги до технологічного режиму

Система ініціювання вибухових речовин неелектрична «Прима-ЕРА» повинна відповідати вимогам справжніх технічних умов і бути виготовлена по технічній документації, затвердженій в установленому порядку.

Матеріали, використовувані для виготовлення системи, повинні мати супровідну документацію (паспорт, сертифікат), що засвідчують їх якість і бути допущені у виробництво на підставі укладення бюро зовнішнього приймання підприємства.

Для виготовлення системи використовують наступні матеріали і комплектуючі:

- полімерний матеріал «сурлін» імпорнтний;
- поліетилен високого тиску ГОСТ 16337 або імпорнтний;
- поліетилен низького тиску ГОСТ 16338 або імпорнтний;
- концентрати для поліолефінів ТУ 24.1-22629342-003;
- продукт 18 ОСТУ В. 84-2151;
- порошок алюмінієвий імпорнтний СВ-400;
- капсулі-детонатори імпорнтні КД №6, КД №8;

- втулки гумові ущільнювачі імпорнтні для КД №6, КД №8;
- з'єднувачі (коннектори) імпорнтні для КД №6.

Сам процес повинен проходити з дотриманням наступних технологічних вимог:

Екструдер №1 і №2 необхідно заздалегідь розігріти до температури 120° С, потім ведеться поступове збільшення температури в поясковому нагрівачі від 170° до 200° С в екструдері №1 і від 140° С до 150° С в екструдері №2. Поступове нагрівання забезпечується за допомогою 4 тентів, які рівномірно розташовані по усій довжині нагрівача. Це необхідно для того, щоб сурлін і поліетилен що проходять по нагрівачу не спеклися.

Маса навішування речовини активного в одному метрі хвилеводу повинна складати 16-25 мг/м.

Алюміній додавався для того, щоб за допомогою нього датчики визначали наявність октогена в продукті та діаметр виготовленої трубки. Якщо АР в трубці немає, датчики подають світловий сигнал.

При охолодженні хвилеводу в горизонтальній охолоджувальній камері необхідно підтримувати постійну температуру води (15-18°С). Ця температура потрібна для хорошої якості міцності і гнучкості хвилеводу. Якщо температуру підвищити, то хвилевід може розірватися в процесі його виготовлення, а занадто низька температура охолодження може викликати погану якість гнучкості, яка негативно відобразиться в експлуатації продукту [4].

1.1.5 Аналіз технологічних величин

Враховуючи призначення екструдерів, основним показником роботи агрегату є швидкість обертання електродвигунів і температура пояскових нагрівачів.

Вхідні величини:

- Частота обертання електродвигуна дозатора сурліна $n_{\text{дв.сур.}}$, об/хв.
- Частота обертання електродвигуна дозатора активної речовини $n_{\text{дв. AP}}$, об/хв.
- Частота обертання електродвигуна дозатора барвника $n_{\text{дв. барв.}}$, об/хв.
- Частота обертання електродвигуна дозатора ОКІТЕН 245А $n_{\text{дв. ОКІТН}}$, об/хв.
- Частота обертання електродвигуна протяжного приладу $n_{\text{дв. пр.пр.}}$, об/хв.
- Температура в пояскових нагрівачах $t_{\text{п.нагр.}}$, °С.
- Температура води в горизонтальній охолоджуючій камері $t_{\text{в.}}$, °С.

Вихідні величини:

- Діаметр отриманої трубки з сурліном $d_{\text{с.т.}}$, мм.
- Довжина виготовленого хвилеводу $l_{\text{хв.}}$, м.

Керованими величинами є: $n_{\text{дв.сур.}}$, $n_{\text{дв. AP}}$, $n_{\text{дв. барв.}}$, $n_{\text{дв. ОКІТН}}$, $n_{\text{дв. пр.пр.}}$, $t_{\text{п.нагр.}}$, $t_{\text{в.}}$.

1.2 Задачі контролю та керування процесом

Таблиця 1.2.1 - Задачі контролю та керування процесом

Назва технологічних величин	Межі вимірювання	Одиниці вимірювання	Інформаційні функції			Керуючі функції		
			Відображення	Сигналізація	Регістрація	Регулювання	Логічне кер-ня	Ручне кер-ня
Частота обертання електродвигу на дозатора для АР	7-7,5	об/хв	+	-	-	-	+	+
Частота обертання електродвигу на дозатора для барвника	2-3	об/хв	+	-	-	-	+	+
Частота обертання електродвигу на дозатора для ОКІТЕН 245А	43-44	об/хв	+	-	-	-	+	+
Частота обертання електродвигу на дозатора для сурлін	20-21	об/хв	+	-	-	-	+	+
Частота обертання електродвигу на протяжного пристрою	40-41	об/хв	+	-	-	-	+	+
Температура в поясковому нагрівачі №1	170-200	°С	+	+	-	-	+	+

Продовження таблиці 1.2.1

Назва технологічних величин	Межі вимірювання	Одиниці вимірювання	Інформаційні функції			Керуючі функції		
			Відображення	Сигналізація	Регістрація	Регулювання	Логічне керування	Ручне керування
Температура в поясковому нагрівачі №2	140-150	°C	+	+	-	-	+	+
Температура в змішувальному поясковому нагрівачі	150	°C	+	+	-	-	+	+
Температура в горизонтальній охолоджувальній камері	15-18	°C	+	-	-	+	-	+
Діаметр сурлінової трубки	2-2,2	мм	-	+	-	-	-	-
Довжина готового хвилеводу	0-18	м	+	-	+	-	-	-

1.3 Аналіз існуючих рішень з автоматизації

Розглянута система виробництва засобів ініціювання вибухівки, розроблена для ДП НВО «ПХЗ», не є оптимальною виходячи з вимог до задач контролю і керування технологічним процесом. Система побудована на старій елементній базі. Наявні засоби автоматизації в цій виробничій установці є застарілими і не забезпечують належне функціонування усієї системи.

Усі ці фактори не дають змоги забезпечити ефективне, безперебійне ведення технологічного процесу. Тому прийнято рішення про застосування PLC Simatic S7-300 і модулів УСО, що дає змогу:

- ефективно керувати технологічним процесом;
- зменшити кількість обслуговуючого персоналу та забезпечити їм нормальні умови праці;
- забезпечити надійну та безаварійну роботу виробництва;
- збільшити вихід товарної продукції;
- запобігти виникненню аварійних ситуацій.

1.4 Постановка задачі на розробку системи

В процесі реконструкції існуючої АСКТП необхідно замінити деякі наявні засоби автоматизації новішими і оптимальнішими з точки зору контролю і управління технологічним процесом.

Також необхідно вирішити питання сигналізації у випадках відхилення від технологічних норм та автоматизувати подачу температури у горизонтальну охолоджуючу камеру, що дозволить нам отримати якісніший продукт і привести автоматизовану систему до заданих вимог.

2 ФУНКЦІОНАЛЬНА ЧАСТИНА ПРОЕКТУ АСКТП

2.1 Призначення, цілі та автоматизовані функції АСКТП

АСКТП виробництва засобів ініціювання вибухівки повинна забезпечувати:

- протікання процесу виробництва у встановленому режимі;
- підвищення надійності функціонування процесу виробництва хвилеводу;
- підтримку високопродуктивної роботи технологічного устаткування;
- стабілізацію заданих режимів технологічного процесу шляхом виміру значень технологічних величин і видачу керуючих дій у режимі реального часу на виконавчі механізми;
- оперативне отримання інформації про хід технологічного процесу і прийняття на його основі обґрунтованих рішень по управлінню;
- ведення технологічного процесу в режимі близькому до оптимального.

До цілей створення АСКТП виробництва хвилеводу відносять:

- зниження зношування і підвищення надійності роботи технологічного устаткування;
- зменшення матеріальних і енергетичних витрат;
- підвищення якості продукції.

Для досягнення поставлених цілей АСКТП повинна виконувати наступні функції:

а) керуючі функції :

- 1) автоматичне регулювання і стабілізація параметрів технологічного процесу;
- 2) ручне дистанційне керування;

б) інформаційні функції:

- 1) збір та первинна обробка інформації;

2) оперативний контроль за технологічним процесом і роботою технологічного обладнання;

Вказані функції реалізуються відповідними функціональними підсистемами.

2.2 Характеристика функціональної структури

Розроблена схема функціональної структури представлена на кресленні А26.15.АТХ.01.С2.

Кожна підсистема виділена пунктирним контуром.

Розроблена АСКТП має дворівневу структуру. На верхньому рівні реалізуються функції централізованого контролю, обміну інформацією з АСКТП виробництва і діагностики несправностей.

На нижньому рівні реалізовані задачі вимірювання та отримання сигналів вимірювальної інформації, задачі реалізації керуючих впливів, задачі локального автоматизованого керування і ручного дистанційного керування.

Верхній рівень системи включає: підсистему контролю за станом об'єкта, збір та первинну обробку інформації, підсистему діагностики несправностей, а також блок організації обміну з підсистемою локального регулювання.

Система складається з декількох функціональних підсистем.

Підсистема контролю за станом об'єкта відноситься до верхнього рівня і включає наступні задачі:

- контроль і облік сировинних та продуктових потоків;
- контроль та облік ТЕП;
- формування режимного листа;
- контроль та облік стану обладнання.

Підсистема збору та первинної обробки інформації відноситься до верхнього рівня і включає наступні задачі:

- введення історії миттєвих значень змінних;
- контроль та формування вірогідної інформації;
- фільтрація;
- розрахунок дійсних значень змінних;
- інтегрування значень змінних;
- усереднення значень змінних;
- ручний ввід інформації;
- опитування датчиків аналогових та дискретних сигналів.

Підсистема діагностики відноситься до верхнього рівня і включає наступні задачі:

- контроль працездатності технічних та програмних засобів верхнього рівня;
- контроль справності каналів вводу аналогової інформації;
- контроль працездатності технічних засобів локального керування.

Підсистеми локального регулювання відноситься до нижнього рівня і включає наступні задачі:

а) аналогове одноконтурне регулювання:

1) температура води, що надходить до горизонтальної охолоджуючої камери;

2) частота обертання електродвигунів дозаторів та протяжного приладу;

3) температура в поясах нагрівача;

б) вибір режиму функціонування: автоматичний або ручний;

в) забезпечення обміну інформацією з верхнім рівнем;

г) визначення та вивід керуючих сигналів;

д) ввід аналогового та дискретного сигналу.

Підсистема ручного дистанційного керування відноситься до нижнього рівня і включає наступні задачі:

- ввід команд керування включення та відключення нагріву по зонам нагрівача;
- видача команд на включення або відключення двигунів.

2.3 Математичне забезпечення АСКТП

2.3.1 Опис схеми алгоритму виробництва ударної трубки

В блоці (1) оператор вводить початкові параметри процесу, такими параметрами є:

- $n_{\text{экс}}$ - частота обертів шнекових живильників екструдера №1 и 2;
- $t_{\text{пн}}$ - температура пояскових нагрівачів;
- $t_{\text{в}}$ - температура в горизонтальній охолоджуючій камері;
- $n_{\text{пп}}$, $n_{\text{ар}}$, $n_{\text{кр}}$ - частота шнекових живильників активної речовини, поліетилену та барвника .

Після чого переходимо до наступного блока, в блоці (2) опитуються датчики температури та тахометри двигунів, звідки інформація потрапляє до блока (3), де перевіряються умови процесу, і якщо ці умови виконуються, то програма переходить до наступного блока (4). Якщо умови не виконуються то переходимо до блоку (5), в якому відбувається сигналізація про відхилення від початкових значень. Після цього блок (6) автоматично регулює температуру та частоту обертів і програма переходить до наступного блока (7), де знову перевіряється умови процесу. І якщо умови виконуються, то переходимо до блока (8), в якому відбувається опитування датчиків наявності активної речовини, якщо речовини немає спрацьовує блок (9) сигналізація. В блоці (10) перевіряються параметри температури в горизонтальній ванні, якщо вони

відповідають нормі програма переходить до блоку(15). Але якщо умови не виконуються то переходимо до блоку (13), який автоматично відкриває кран, через який потрапляє підігріта вода, і програма переходить до блоку (14), де знову перевіряється умови процесу. Якщо умови виконуються, то переходимо до блоку (15). В блоці (15) відбувається опитування лічильника довжини продукту. В блоці (16) виконується реєстрація отриманих параметрів. Кінець.

2.3.2 Моделювання САР об'єкта автоматизації

Технічне завдання

1. Регульований об'єкт являє собою поясковий нагрівач №1.

Регульованою величиною (вихідною) Y_1 є температура четвертої зони нагрівача. Збуренням g_1 виступає збільшення подачі теплоносія.

2. Скласти структурну схему САР температури в поясковому нагрівачі №1.

3. Побудувати динамічну характеристику об'єкту регулювання (криву розгону). Зробити обробку кривої розгону за допомогою графоаналітичного методу (метод дотичної).

4. Знайти диференціальне рівняння та передаточну функцію з урахуванням запізнювання.

5. Визначити параметрів настройки ПІ – регулятора за формулами Копеловича для типового перехідного процесу з 20 % пере регулюванням.

6. Побудувати перехідний процес та оцінити якість.

Формальну модель об'єкта моделювання можна представити у вигляді безлічі величин, що описують процес функціонування реального об'єкта і утворюють в загальному випадку наступні підмножини.

–Сукупність вхідних впливів на об'єкт:

$$g_i \in G, \quad i = 1, \dots, p;$$

–Сукупність впливів зовнішнього середовища:

$$v_i \in V, \quad i = 1, \dots, q;$$

–Сукупність внутрішніх (власних) параметрів об'єкта:

$$h_i \in H, \quad i = 1, \dots, k;$$

–Сукупність вихідних характеристик об'єкта:

$$y_i \in Y, \quad i = 1, \dots, r.$$

У даному проекті ми будемо регулювати температуру в поясковому нагрівачі, змінюючи кількість теплоносія (збільшимо на 10%).

Проектована САР температури в поясковому нагрівачі має структуру, зображену на рисунку 2.3.1, яка реалізує принцип управління за відхиленням. Дана система є замкнутою. Алгоритм роботи системи укладено в прагненні звести помилку управління до нуля.

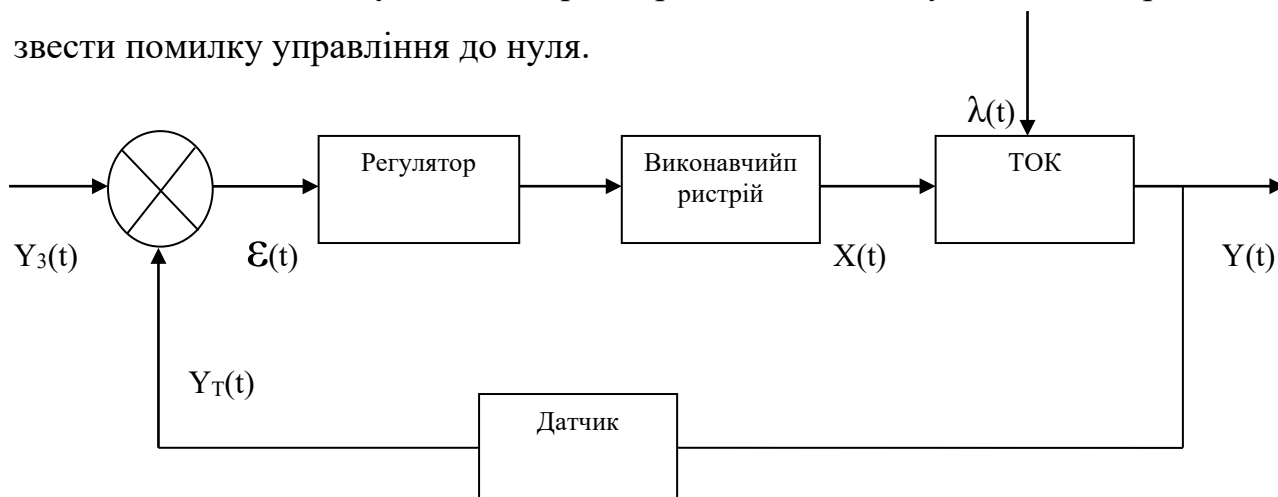


Рисунок 2.3.1 - Структура САР температури в поясковому нагрівачі

Регульований параметр $Y_T(t)$ порівнюється із заданим значенням $Y_3(t)$. На підставі різниці цих двох величин $\varepsilon(t) = Y_3(t) - Y_T(t)$ виробляється розузгодження, що надходить на ВП (виконуючий пристрій). На ОУ також діє і збурення $Q(t)$.

Величина $\varepsilon(t)$, звана розузгодженням або помилкою системи регулювання, не повинна перевищувати певного значення. Тоді між регульованим параметром $Y_T(t)$ і її заданим значенням $Y_3(t)$ встановлюється

цілком певна відповідність, і, змінюючи величину $Y_3(t)$, можна керувати регульованим параметром $Y_T(t)$.

Для порівняння фактичного значення регульованого параметра з його заданим значенням цей параметр подається з виходу об'єкта регулювання на вхід регулятора, в результаті чого утворюється замкнений контур передачі збурень. Регульований параметр через головний зворотній зв'язок подається на вхід регулятора зі знаком зворотнім по відношенню до заданого значення $Y_3(t)$. Тому головний зворотній зв'язок вважається негативним.

Переваги:

- зворотній зв'язок призводить до зменшення помилки не залежно від факторів, що її викликали (змін параметрів регульованого об'єкта або зовнішніх умов).

Недоліки:

- у системах зі зворотним зв'язком виникає проблема стійкості;
- у системах принципово неможливо досягти абсолютної інваріантності до збурень. Прагнення домогтися часткової інваріантності призводить до ускладнення системи і погіршення стійкості.

Досвід, накопичений при проектуванні систем управління, вказує про те, що не можна побудувати математичну модель, адекватну реальній системі тільки на основі теоретичних досліджень фізичних процесів у системі. Тому одночасно з теоретичними дослідженнями проводяться експерименти з визначення та уточнення математичної моделі системи (ідентифікації).

Для розглянутого об'єкта отримана перехідна характеристика, зображена на рисунку 2.3.2.

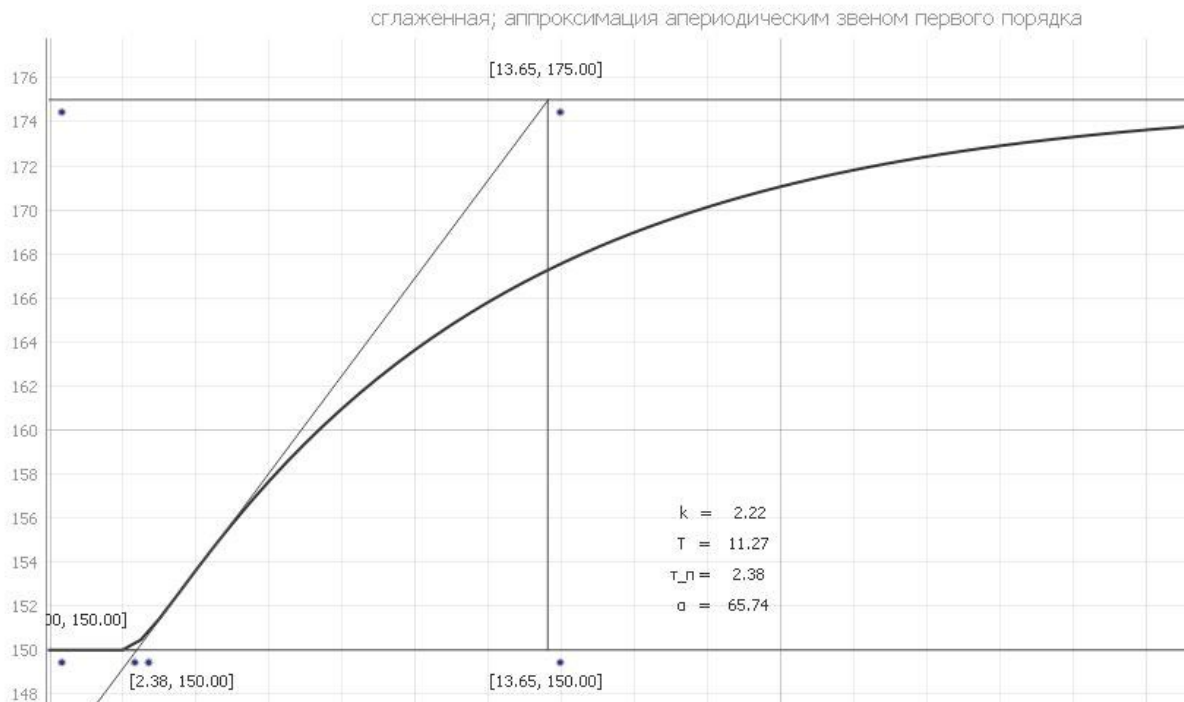


Рисунок 2.3.2 - Перехідна характеристика об'єкта регулювання

Об'єкт регулювання ідентифікуємо за допомогою графоаналітичного методу або метод дотичної. Сутність методу полягає у тому, що до кривої розгону проводиться дотична на ділянці, де відбувається зміна параметра з максимальною швидкістю.

На цій ділянці спостерігається найбільша крутизна кривої. Далі визначають точку перетину дотичної з віссю абсцис та лінією нового встановленого рівня вихідної змінної. Інтервал часу, за віссю абсцис, між двома перетинами називають постійною часу об'єкта (T_0). Час запізнювання (τ_0) визначається як проміжок часу від нанесення обурення до перетину дотичною осі абсцис.

Загальний вигляд передаточної функції буде наступним:

$$W(s) = \frac{K_{OY} e^{-\tau \cdot s}}{T_{OB} s + 1}, \quad (2.3.1)$$

де K_{OY} - коефіцієнт підсилення об'єкту регулювання;

T_{OB} - постійна часу об'єкта;

$\tau_{об}$ - час запізнювання об'єкта.

Вище наведені параметри є динамічними параметрами об'єкта регулювання і визначаються графічно за видом перехідної функції (рис. 2.3.2).

Постійна часу об'єкту $T_{об}$ являє собою часовий відрізок від точки перетину дотичної, проведеної до перехідної характеристики з лінією сталого значення параметра.

За графіком кривої розгону, визначаємо:

$$\tau_{об} = 2,38\text{хв}, T_{об} = 11,27$$

Для об'єкта коефіцієнт посилення може бути безпосередньо знайдений з графіка перехідної функції:

$$k_o = \frac{\Delta y}{\Delta x} = 0,7 \quad (2.3.2)$$

Температура у нагрівчі може бути представлена у вигляді двох послідовно з'єднаних ланок: ланки чистого запізнювання і аперіодичної ланки першого порядку.

У цьому випадку диференціальне рівняння об'єкта, без урахування запізнювання, можна виразити так:

$$676 x'_{вих} + x_{вих} = 0,7 x_{вх} \quad (2.3.3)$$

Аналіз динамічних властивостей показав, що динамічні дані (час запізнювання та постійна часу) цілком достатні для систем автоматичного регулювання.

Отримані дані про статичні і динамічні властивості апаратури дозволяють відтворити правильний вибір, розрахунок і проектування системи автоматичного регулювання.

До показників якості відносять:

- допустиме динамічне відхилення, $U_{дин} = 0,06$
- допустиме перегулювання, $\Pi = 20\%$;
- допустимий час регулювання, $t_p < 320$ (с).

АСК повинна забезпечити стійкість процесу регулювання з допустимими динамічним відхиленням та часом регулювання при 20% перерегулюванні.

Для моделювання АСР температури у поясковому нагрівачі скористаємося пакетом прикладних програм VisSim 5.0.

Програма VisSim – одна з кращих програм об'єктно-орієнтованого моделювання (ООМ) фізичних і технічних об'єктів та систем. Зокрема, в цій програмі можуть бути промодельовані, досліджені та оптимізовані прості та складні системи управління.

Програма VisSim призначена для побудови, дослідження та оптимізації віртуальних моделей фізичних і технічних об'єктів, у тому числі і систем управління. VisSim це аббревіатура виразу Visual Simulator – візуальна, сприймана зором, середовище і засіб моделювання.

Програма VisSim, розроблена і розвивається компанією Visual Solutions (USA). Ця програма – могутній, зручний у використанні, компактний і ефективний засіб моделювання фізичних і технічних об'єктів, систем і їх елементів.

Програма надає людині розвинений графічний інтерфейс, використовуючи який, дослідник створює модель з віртуальних елементів з деякою мірою умовності так само, як якби він будував реальну систему із справжніх елементів. Це дозволяє створити, а потім досліджувати та оптимізувати моделі систем широкого діапазону складності.

При описі та подальшій побудові моделі в середовищі VisSim немає необхідності записувати і вирішувати диференціальні рівняння, програма це зробить сама за запропонованій їй дослідником структурі системи і параметрам її елементів. Результати рішення виводяться в наочній графічній формі. Тому програмою можуть користуватися і ті, хто не має глибоких пізнань в математиці та програмуванні.

Процес моделювання починається з побудови на графічному полі структурної схеми АСР (рис.2.3.3)

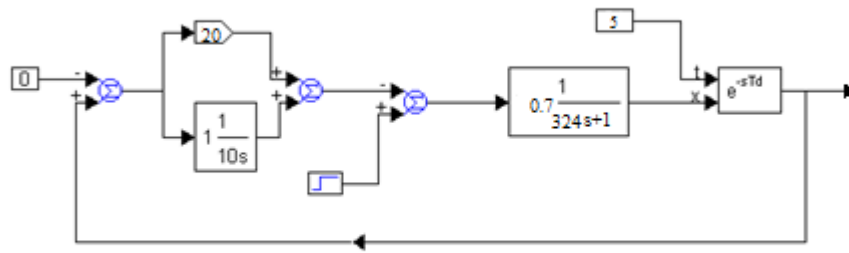


Рисунок 2.3.3 - Структурна схема АСР

В представленій структурній схемі кожний блок представляє собою елементарну ланку. В кожен ланку вводяться параметри.

За допомогою панелі інструментів запускаємо процес імітаційного моделювання, та отримуємо графік перехідного процесу, який аналізуємо та робимо висновок, про якість процесу регулювання.

Розв'язання задачі:

Визначення приблизних параметрів настройки ПІ – регулятора

Для визначення параметрів настройки ПІ – регулятора скористаємося формулами Копеловича для типового перехідного процесу з 20 % пере регулюванням:

1. Знаходимо коефіцієнт підсилення регулятора:

$$K_{PI} = \frac{0,7 \cdot T_{об}}{K_{об} \cdot \tau}, \quad (3.5)$$

де $T_{об}$ – стала часу об'єкта;

τ – час запізнення;

$K_{об}$ – коефіцієнт передачі об'єкта;

$$K_{PI} = \frac{0,7 \cdot 324}{0,7 \cdot 300} = 1,8;$$

2. Знаходимо час інтегрування:

$$T_i = \tau + 0,3 \cdot T_{об}, \quad (3.6)$$

$$T_i = 300 + 0,3 \cdot 324 = 397,2 \text{ (с)}.$$

Моделювання перехідного процесу:

1. Вводимо у кожну ланку знайдені параметри та наносимо збурення;
2. Запускаємо процес моделювання і отримуємо графік перехідного процесу.
3. З графіка перехідного процесу видно, що знайдені настройки ПІ – регулятора за методикою Копеловича не оптимальні.
4. Знаходимо оптимальні настройки ПІ – регулятора експериментальним шляхом, при яких буде забезпечена стійкість перехідного процесу, з мінімальним значенням динамічного відхилення та часом регулювання при 20% пере регулюванні:

$$K_{П} = 1,8;$$

$$T_i = 10 \text{ (с)};$$

5. З графіка перехідного процесу (рис. 2.3.4):

- динамічне відхилення, $U_{дин} = 0,0146$
- перерегулювання, $\Pi = 20 \%$;
- час регулювання, $t_p = 280 \text{ (с)}$;

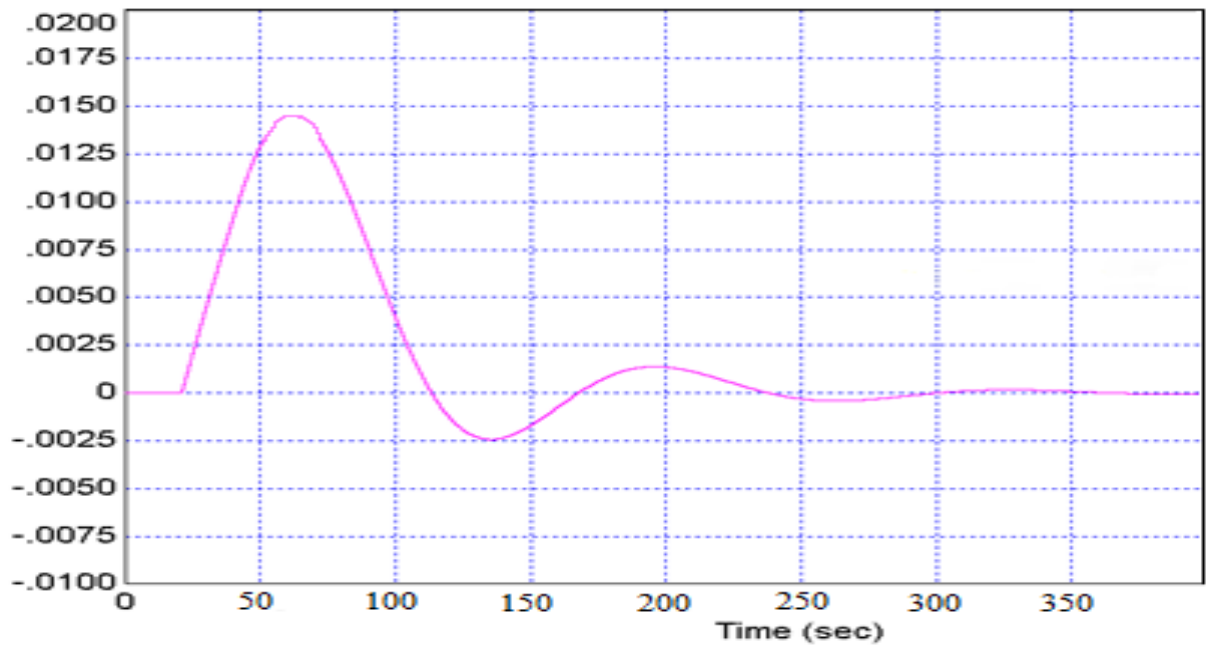


Рисунок 2.3.4 - Графік перехідного процесу

Результат моделювання показав, що розраховані настройки регулятора по методиці Копеловича не достатньо задовольняють стійкість АСР.

Експериментальним шляхом були отримані оптимальні настройки регулятора: $K_P = 25$; $T_i = 12$ (с), які забезпечують стійкість АСР, та задовольняють вимогам до якості регулювання:

Таким чином регулювання температури у поясковому нагрівачі може здійснюватися шляхом формування командного сигналу з МПК, у випадку виникнення сигналу розузгодження, який контролер формує по ПІ – закону регулювання.

3 ТЕХНІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ АСКТП

3.1 Технічна структура АСКТП

Схема структурна комплексу технічних засобів АСКТП виробництва засобів ініціювання вибухівки представлена на кресленні А26.15.АТХ.03.С1.

АСКТП виробництва засобів ініціювання вибухівки по технічній структурі, тобто за місцем розташування технічних засобів і розподілу функцій керування між технічними засобами – централізована супервізорна АСКТП.

На верхньому рівні розташоване АРМ оператора, що являє собою панель оператора Siemens OP 17-DP. За допомогою сенсорної панелі оператор вручну видає завдання контролеру.

На нижньому рівні розташований програмований логічний контролер SIMATIC S7-300, який виконує функції цифрового регулятора, задачі збору і первинної обробки інформації.

Ручне керування здійснюється за допомогою блоків ручного керування БРУ-10.

Всі ТЗА, крім польових засобів, розташовані в операторському приміщенні. Контролер SIMATIC S7-300 з модулями аналогового вводу/виводу SM 331 розташовані в шафі контролера.

Блоки ручного керування БРУ-10, пускачі безконтактні реверсивні ПБР-2М, перетворювачі частоти MICROMASTER 440 Siemens розміщені на щиті автоматики. Підключення панелі оператора до контролера здійснено за допомогою мережі Industrial Ethernet.

3.2 Вибір КТЗ

Вибираючи технічні засоби, ми орієнтувалися на засоби автоматизації, які випускають серійно, при цьому враховувалася, що технічні засоби загальнопромислового використання призначені для усереднених умов експлуатації. При виборі також прагнули до використання однотипних технічних засобів, уніфікованих технічних комплексів, які характеризуються простотою з'єднання, взаємозамінюваністю і зручністю компонування на щитах автоматики.

3.2.1 Методи і засоби вимірювання

Вибір комплексу технічних засобів розпочинається з вибору датчиків отримання інформації про технологічний об'єкт управління. При вибиранні засобів отримання інформації враховувався ряд чинників :

- допустима для АСКТП погрішність, яка визначає клас точності датчика;
- інерційність датчика;
- межі виміру з гарантованою точністю;
- вплив фізичних і хімічних чинників на нормальну роботу датчика;
- можливість використання датчика з точки зору пожеже - і вибухонебезпечності;
- форма і величина вихідного сигналу.

Термоперетворювач опору мідний ТХКв-2088-05 призначений для виміру температури поверхні твердих тіл корпусів та голівок термопластавтоматів (черв'ячних пресів для переробки пластмас і гумових

сумішей). Застосовується на виробництві для вимірювання температури у поясах нагрівачів.

Діапазон вимірюваних температур: $-40^{\circ}\dots+400^{\circ}$ С (номінальна температура $t_{ном} = +300^{\circ}$ С). Номінальні статичні характеристики для ТХА - К, для ТХК - L (по ГОСТ 8.585-2001). Клас допуску чутливого елемента – 2 (по ГОСТ 6616).

Стійкість до зовнішніх впливів. Вібропрочність, група N3 по ГОСТ 12997. Стійкість до температури і відносної вологості навколишнього повітря: С4 за ГОСТ 12997. Ресурс, годин (при $t_{зм} = t_{ном}$) не менше 8000 годин.

Датчик для виміру температури ТХАв/ТХКв-2088-01 призначений для вимірювання температури у рідких та газоподібних хімічно неагресивних середовищах, а також агресивних, які не руйнують матеріал захисної арматури. Також є можливість застосовувати ТХАв/ТХКв-2088-01 для вимірювання температури твердих тіл.

Діапазони виміру: для ТХК $-40 \dots +600^{\circ}$ С ($t_{ном} = +450$ С).

Датчик для виміру частоти обертів двигуна дозатора ДТА-4 призначений для виміру частоти обертів у діапазоні 0-600 об/хв.,

Оптоелектричний датчики контролю активної речовини OPTO BERO 3RG 70-7AB00 спрацьовує на світло PNP і визначає наявність речовини, по якій можна судити про поточний діаметр виготовленої сурлінової трубки.

Інкрементний кодуєчий пристрій Incremental Encoder GI 355 виконує вимір довжини виготовленої ударної трубки (хвилеводу). Робоча напруга 5 В постійного струму $\pm 10\%$. Граничні частоти 150 кГц.

3.2.2 Локальні засоби автоматизації

Вибірання локальних засобів автоматизації здійснювалося з урахуванням умов експлуатації, їх призначення і вимог до точності і надійності.

Перетворювачі частоти MICROMASTER 440 Siemens. Частотний перетворювач MICROMASTER 440 був спеціально вибраний для вирішення складних функціональних завдань з високими вимогами до динаміки. Система векторного управління частотного перетворювача забезпечує високу якість роботи приводу навіть при різких змінах навантаження. За допомогою швидких входів і функції точної зупинки можливе точне позиціонування без використання енкодера. Завдяки інтегрованому гальмівному резистору перетворювача частоти, привід працює з високою точністю навіть під час гальмування і в режимах різкого уповільнення швидкості. Усе це можливо в діапазоні потужностей від 0.12 кВт до 250 кВт.

Модель 6SE6440-2UC15-5AA1:

- потужність: 0,55 кВт;
- кількість фаз на вході перетворювача : трифазний;
- напруга входу : 380 В.

Модель 6SE6440-2UC21-5BA1:

- потужність: 1,5 кВт;
- кількість фаз на вході перетворювача : трифазний;
- напруга входу : 380 В.

Модель 6SE6440-2UC22-2BA1:

- потужність: 2,2 кВт;
- кількість фаз на вході перетворювача : трифазний;
- напруга входу : 380 В.

Електричний виконавчий механізм «МЭО-40/63-0,25-82» використовуємо для регулювання подачі підігрітої води до горизонтальної охолоджуючої камери [5].

Технічна характеристика ЕВМ «МЭО-40/63-0,25-82»:

- тип виконавчого механізму: однооборотній;
- номінальний оборотній момент на вихідному валу: 40 Н*м;
- номінальний час повного ходу вихідного валу: 63 с;
- номінальний повний хід вихідного валу: 0,25 об.;
- напруга живлення при частоті 50 Гц: 220 В;
- питома потужність: 60 В*А;
- габаритні розміри: 200x185x250;
- маса: 8 кг.

Для ручного керування аналоговими виконавчими механізмами виберемо блок ручного керування «БРУ-10».

БРУ-10 призначений для використання в системах промислової автоматизації виробничих процесів в якості багатофункціональної станції ручного управління аналоговими або дискретними виконавчими механізмами.

Технічна характеристика БРУ-10:

- кількість каналів виміру: 2;
- період виміру: 0,25 с;
- вхідні сигнали: 0-5мА($R_{вх}=400 \text{ Ом}$), 0(4) - 20 мА($R_{вх}=100 \text{ Ом}$), 0-10В($R_{вх}>50\text{кОм}$);
- вихідні аналогові сигнали: 0-5 мА($R_{н} 2\text{кОм}$), 0-20 мА, 4-20 мА($R_{н}500 \text{ Ом}$), 0-10В($R_{н}>2 \text{ кОм}$);
- максимальна погрішність установки сигналу завдання : $\pm 0,1\%$;
- основна приведена погрішність виміру : $\pm 0,2\%$;
- точність індикації : $< 0,1\%$ - цифрова, $< 5,0\%$ ($< 2,5\%$) – лінійна;
- температура довкілля : від $+5^{\circ} \text{З}$ до $+50^{\circ} \text{С}$;
- напруга живлення : від мережі змінного струму $\sim (220\pm 22) \text{ В}, (50\pm 1) \text{ Гц}$;

- споживана потужність: не більше 6 Вт;
- монтажна глибина: 240 мм;
- маса блоку : 1,1 кг.

Пускач безконтактний реверсивний ПБР-2М призначений для безконтактного керування електричними виконавчими механізмами.

Технічна характеристика ПБР-2М:

- живлення однофазною мережею змінного струму напругою 220В частотою 50 Гц;
- максимальний комутуючий струм 4А;
- потужність живлення 10 В*А;
- вхідний сигнал постійного струму 24 ± 6 В;
- вхідний опір пускача не менше 750 Ом;
- габаритні розміри: 90x240x250 мм.
- маса: 4,5 кг.

Для забезпечення живлення датчиків використовуємо блок живлення Метран-608-036-50-DIN. Джерело живлення постійного струму, призначений для перетворення напруги 220В в стабілізовану напругу 24 або 36В та живлення датчиків з уніфікованим вихідним струмовим сигналом. Кількість каналів: 8.

3.2.3 Засоби обчислювальної техніки

Для виконання функцій нижнього і верхнього рівнів в АСКТП використовують засоби обчислювальної техніки : контролери, робочі станції, промислові комп'ютери.

Контролер виконує функції нижнього рівня. При виборі контролера ми орієнтувалися на контролер, який дозволяє обійтися без додаткових приладів.

Програмований логічний контролер фірми Siemens SIMATIC S7/300 – це сімейство контролерів середньої продуктивності фірми Siemens AG з сімейства пристроїв автоматизації Simatic S7. У лінійці контролерів цього сімейства по своїй продуктивності займає проміжне положення між родинами S7-200 та S7-400. Кількість підтримуваних логічних входів і виходів до 65536 дискретних/4096 аналогових каналів.

SIMATIC S7-300 - це модульний програмований контролер, призначений для побудови систем автоматизації низького і середнього ступеня складності.

Контролери може включати в свій склад:

- модуль центрального процесора (CPU). В залежності від ступеня складності розв'язуваної задачі в контролерах можуть бути використані різні типи центральних процесорів, що відрізняються продуктивністю, обсягом пам'яті, наявністю або відсутністю вбудованих входів-виходів і спеціальних функцій, кількістю і видом вбудованих комунікаційних інтерфейсів і т.д.;
- модулі блоків живлення (PS), що забезпечують можливість живлення контролера від мережі змінного струму напругою 120/230В або від джерела постійного струму напругою 24/48/60/110В;
- сигнальні модулі (SM), призначені для вводу-виводу дискретних і аналогових сигналів з різними електричними і тимчасовими параметрами;
- комунікаційні процесори (CP) для підключення до мереж PROFIBUS, Industrial Ethernet, AS-Interface або організації зв'язку по PtP (точка-точка) інтерфейсу;
- інтерфейсні модулі (IM), що забезпечують можливість підключення до базового блоку (стійка з CPU) стійок розширення вводу-виводу;
- функціональні модулі (FM), здатні самостійно вирішувати завдання автоматичного регулювання, позиціювання, обробки сигналів.

Функціональні модулі забезпечені вбудованим мікропроцесором і здатні виконувати покладені на них функції навіть у разі відмови центрального процесора ПЛК.

Контролери SIMATIC S7-300 дозволяють використовувати в своєму складі до 32 сигнальних і функціональних модулів, а також комунікаційних процесорів, розподілених по 4 монтажним стійкам. Всі модулі працюють з природним охолодженням.

Модульна конструкція, робота з природним охолодженням, можливість застосування структур локального і розподіленого вводу-виводу, широкі комунікаційні можливості, безліч функцій, підтримуваних на рівні операційної системи, зручність експлуатації і обслуговування забезпечують можливість отримання рентабельних рішень для побудови систем автоматичного управління в різних галузях промислового виробництва.

Ефективному застосуванню контролера сприяє можливість використання декількох типів центральних процесорів різної продуктивності, наявність широкої гами модулів вводу-виводу дискретних і аналогових сигналів, функціональних модулів і комунікаційних процесорів.

Сенсорна панель оператора Siemens OP 17-DP призначена для керування об'єктом і моніторингу системи керування на нижніх рівнях. Вона має екран, чутливий до дотику пальця оператора, що дозволяє обійтись без клавіатури.

Технічна характеристика:

- габаритні розміри панелі: 25x20x8 см;
- маса: 2 кг.

Для забезпечення зв'язку між панеллю оператора і контролером виберемо мережу Industrial Ethernet. Industrial Ethernet (промисловий Ethernet) - стандартизований (IEEE 802.3 і 802.11) варіант Ethernet для застосування в промисловості.

Технічна характеристика:

- розмір мережі: розмір практично не обмежений;

- швидкість передачі даних: 10, 100, 1000 Мбіт/с;
- протяжність ліній зв'язку: 10/100 Base-T - 100 м;

3.3 Опис функціонування КТЗ

Опис функціонування комплексу технічних засобів виконаємо згідно розробленої схеми автоматизації А26.15.АТХ.03.С1.

Схема автоматизації являється основним технічним документом, що визначає функціонально-блочну структуру окремих вузлів автоматичного контролю, керування та регулювання технологічного процесу, оснащення об'єкта керування приладами та засобами автоматизації (у тому числі засобами телемеханіки та обчислювальної техніки).

Об'єктом керування в системах автоматизації технологічних процесів являється сукупність основного та допоміжного обладнання разом з вбудованими в нього регулюючими органами, а також енергії, сировини та інших матеріалів, що визначаються особливостями використовуваної технології.

У АСКТП виробництва засобів ініціювання вибухівки інформаційні функції, зв'язані з первинною обробкою інформації, а також інформаційні задачі централізованого контролю реалізуються програмним шляхом. Для реалізації цих задач з SIMATIC S7-300 виходить інформаційний сигнал у цифровому вигляді, що передається по інтерфейсним лініям зв'язку.

На SIMATIC S7-300 надходять сигнали від відповідних засобів одержання інформації.

Керуючі сигнали від контролера через пускач безконтактний реверсивний типу ПБР-2М (поз., 7-3, 8-3, 9-3, 10-3, 11-3, 12-3, 13-3, 14-3, 15-3, 18-3) та виконавчий пристрій типу МЭО-40/63-0,25-82 (поз. 15-4)

встановлений на лінії подачі підігрітої води до горизонтальної охолоджуючої камери подаються на регулюючі органи.

Температура в горизонтальній охолоджуючій камері вимірюється за допомогою термоперетворювача опору мідного ТХАв/ТХКв-2088-01 (поз. 15-1), який працює в комплекті з блоком живлення Метран-608-036-50-DIN, що призначений для перетворення напруги 220В в стабілізовану напругу 36В та живлення датчиків з уніфікованим вихідним струмовим сигналом.

Температура в поясах пояскового нагрівача №1, пояскового нагрівача №2 та в змішувальному поясковому нагрівачі вимірюється за допомогою датчика для вимірювання температури поверхні твердих тіл ТХКв-2088-05 (поз. 7-1, 8-1, 9-1, 10-1, 11-1, 12-1, 13-1, 14-1, 18-1), що працює в комплекті з блоком живлення Метран-608-036-50-DIN, який є восьмиканальним.

Вимірювання швидкості обертання електродвигунів шнекових живильників дозаторів та протяжного приладу для хвилеводу відбувається датчиком ДТА-4 (поз. 1-1, 2-1, 3-1, 4-1, 17-1). За допомогою перетворювачів частоти MICROMASTER 440 Siemens (поз. 1-2, 2-2, 3-2, 4-2, 17-2) здійснюється керування швидкістю обертання електродвигунів шнекових живильників дозаторів та протяжного приладу для хвилеводу, що є дуже важливим для протікання усього технологічного процесу в заданих рамках.

Ручне дистанційне керування здійснюється оператором безпосередньо з сенсорної панелі або з блоків ручного керування, задавання та індикації БРК-10 (поз. 7-2, 8-2, 9-2, 10-2, 11-2, 12-2, 13-2, 14-2, 15-2, 18-2) встановлених на щиті перетворювачів.

Система контролю та сигналізації порушень забезпечує безперервний контроль за ходом технологічного процесу і сигналізацію (на дисплеї оператора та на світлових індикаторах) у разі виходу показників норм технологічного режиму (температури в поясах нагрівачів та наявності АР в сурліновій трубці, контроль її діаметру) за припустимі межі.

4 ІНФОРМАЦІЙНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ АСКТП

Інформаційне забезпечення АСКТП включає:

- інформацію, що характеризує стан автоматизованого технологічного комплексу;
- системи класифікації та кодування технологічної та техніко-економічної інформації;
- масиви даних і документів, необхідних для виконання всіх функцій АСКТП, у тому числі нормативно-довідкову інформацію.

В АСК ТП інформаційне забезпечення верхнього рівня включає систему кодування, повідомлення завдань, системні повідомлення, оперативні звітні документи та подання мнемонічних зображень ділянок процесу на екрані відеотерміналів.

Відеокадр являє собою інтерфейс оператора. Він несе всю інформацію, необхідну для оперативного керування технологічним процесом та подальшого аналізу його перебігу.

На мнемосхемі передбачається відображення всіх технологічних параметрів по місцю їх вимірювання і напрямку руху матеріальних потоків з виділенням кольору значень величин (зелений - норма). При відхиленні заданих параметрів від норми, вони відображаються червоним кольором і спрацьовує аварійна сигналізація, яка сповіщає о порушенні ходу технологічного процесу, завдяки цьому оператор може вчасно відреагувати на порушення.

5 ОХОРОНА ПРАЦІ

5.1 Характеристика об'єкта, що проектується, та місця його розташування

В роботі проектується цех з виробництва ударної трубки на базі ДП "НВО "ПХЗ" Дніпропетровської обл. міста Павлоград.

Згідно з санітарною класифікацією [1] виробництво відноситься до I класу шкідливості з санітарно-захисною зоною 1000 м.

Рельєф даної місцевості – рівнина.

На території підприємства переважає західний вітер. Установак віддалена від житлових районів на необхідну відстань для безпеки мешканців міста. Площадка вибрана з урахуванням глибини залягання ґрунтових вод, що виявлені на глибині 10-12 м.

Забезпечення об'єкта автоматизації водою здійснюється від міського водопроводу. Система водозабезпечення - замкнена, зворотна, що сприяє раціональному використанню природних ресурсів та багаторазовому їх використанню. Система каналізації роздільна згідно [2]. Санітарні та протипожежні розриви у відповідності до [7] між будівлями передбачаються шириною 9 м і більше.

На ДП "НВО "ПХЗ" розвинута мережа автомобільних та залізничних шляхів. Для проїзду до цехів та складів передбачаються автомобільні асфальтовані дороги шириною 6 м згідно [3], а для пішохідного руху обіч доріг тротуари шириною 1,5м, які відділені від автомобільних проїздів розподільчою смугою 2 м.

5.2 Характеристика негативних факторів проектованого об'єкта

На працюючих виробництва ударної трубки діють наступні фізичні небезпечні і шкідливі виробничі чинники [9, 12]:

- підвищене значення напруги в електричному ланцюзі, замикання якого може відбутися через тіло людини (при обслуговуванні обладнання в разі його несправності або порушення ізоляції струмоведучих частин; можливі електрична травма (опіки, електричні знаки й електрометалізація шкіри та ін.) та електричний удар (небезпечний та може привести до летального результату);

- рухомі машини і механізми; рухомі частини виробничого устаткування; вироби, що пересуваються, заготовки, матеріали (можливе механічне травмування з кровотечею, переломом, розтягненням, вивихом);

- підвищена температура поверхонь устаткування, можливе одержання термічних опіків при обслуговуванні шафи термостатування (180°C), проведенні випробувань хвилеводів;

- підвищена температура повітря робочої зони (у результаті порушення теплового режиму може наступити тепловий удар, перегрів організму, підвищитись температури тіла. Як результат теплової гіпертермії, яка є найбільш характерною ознакою порушення терморегуляції);

- недостатня освітленість робочої зони, погіршення зору, що приводить до травм, стомлення.

- підвищений рівень статичної електрики, негативний вплив на нервову систему.

До хімічних небезпечних факторів відносяться:

- активна речовина, що включає в себе продукт 18 ОСТ В 84-1344-76 (Пр.18). ГДК= 2 мг/м³, клас безпеки III. Токсичний продукт володіє кумулятивними властивостями. Отруєння ним можливо при попаданні в організм пилу через органи дихання і стравохід. Вражає центральну нервову систему, головним чином головний мозок. При хронічних захворюваннях викликає порушення кровообігу і недокрив'я;

- порошок алюмінієвий. ГДК $2\text{мг}/\text{м}^3$, клас небезпеки III. Повторне та тривале вдихання частинок пилу може вплинути на легені. Речовина може вплинути на нервову систему та привести до порушення функцій організму.

- розчини лугів концентрації більше 40%. $\text{ГДК}_{\text{лугу}} = 0,5 \text{ мг}/\text{м}^3$, II клас небезпеки. При попаданні на шкіру, слизові оболонки і в очі утворюються серйозні хімічні опіки. Попадання в очі викликає незворотні зміни зорового нерва (атрофію), і втрату зору. Можливі хронічні ураження шкіри - набухання і розм'якшення шкіри, виразки, екземи. Вдихання лугу у вигляді пилу або туману викликає подразнення слизових оболонок дихальних шляхів.

5.3 Характеристика об'єкта, що проектується, за пожежо- і вибухонебезпекою

Зважаючи на небезпеку виникнення надзвичайних ситуацій, які пов'язані з утворенням вибухонебезпечних газоповітряних сумішей розрахуємо надлишковий тиск вибуху ацетиленових балонів на відстані 10м від ділянки їх зберігання, визначити можливі негативні наслідки вибуху для обслуговуючого персоналу, ступінь руйнування та абсолютні і відносні збитки від руйнування залізобетонних крупнопанельних малоповерхових будівель.

Визначаємо енергію вибуху балонів:

$$A = \frac{P - P_0}{\gamma - 1} \cdot V, \quad (5.1)$$

де P – тиск у балоні при руйнуванні, 3500 кПа ;

P_0 – атмосферний тиск, приймають 101 кПа ;

γ – показник адіабати, $1,23$;

V – об'єм балонів, м^3 :

$$V = i \cdot V_i, \quad (5.2)$$

де i – кількість балонів, 8 шт.;

V_i – об'єм одного балона, $0,04 \text{ м}^3$.

$$V = 8 \cdot 0,04 = 0,32 \text{ м}^3$$

$$A = \frac{3500 - 101}{1,23 - 1} \cdot 0,32 = 4729,04$$

Визначаємо тротиловий еквівалент:

$$TE = \frac{A}{4,6 \cdot 10^3} \quad (5.3)$$

$$TE = \frac{4729,04}{4,6 \cdot 10^3} = 1,03$$

q – показник вільного розповсюдження вибухової хвилі:

$$q = 0,5 \cdot TE \quad (5.4)$$

$$q = 0,5 \cdot 1,03 = 0,51$$

Визначаємо надлишковий тиск у фронті вибухової хвилі:

$$\Delta P = \frac{105}{R} \cdot \sqrt[3]{q} + \frac{410}{R^2} \cdot \sqrt[3]{q^2} + \frac{1370}{R^3} \cdot q, \quad (5.5)$$

де R – відстань від ділянки зберігання балонів, 10 м;

$$\Delta P = \frac{105}{10} \cdot \sqrt[3]{0,51} + \frac{410}{10^2} \cdot \sqrt[3]{0,51^2} + \frac{1370}{10^3} \cdot 0,51 = 11,7 \text{ кПа},$$

Надлишковий тиск вибуху кисневих балонів складає $11,7 \text{ кПа}$.

Можливі негативні наслідки вибуху для персоналу – безпечно, ступінь руйнування залізобетонної крупнопанельної малоповерхової будівлі – слабка (пошкодження або руйнування дахів, віконних та дверних прорізів), відносні та абсолютні збитки від руйнування будівель складають 10-15%.

Виробництво згідно [11] відноситься до категорії А, зони класу 20.

5.4 Заходи зі створення безпечних та здорових умов праці

Для зниження небезпеки впливу шкідливих речовин при роботі слід застосовувати [29]:

- засоби індивідуального захисту від попадання пилу на слизову оболонку і в органи дихання та травлення, а також на шкірні покриви;

- для виключення попадання пилу Пр.18 на шкірні покриви, слизові оболонки і проникнення в органи дихання і травлення при роботі слід застосовувати рукавички гумові, респіратор імпортований ЗМ, а також виконувати вимоги особистої гігієни.

- спецодяг згідно з типовими галузевими нормами та колективним договором; спецодяг повинен бути без нагрудних кишень з бавовняних тканин. Не допускається носіння одягу з «синтетичних», шовкових і вовняних тканин, а також взуття, що не забезпечує відведення зарядів статичної електрики.

- головний убір та спецвзуття. Не допускається носіння взуття, що не забезпечує відведення зарядів статичної електрики.

Для зменшення небезпеки механічного травмування виробник повинен:

- своєчасно проходити інструктаж з питань охорони праці і періодичну перевірку знань;

- при спуску (підйомі) по сходах на майданчик обслуговування екструдера № 1, екструдера № 2 триматися за поручні обома руками, переставляючи по черзі кожену руку. Не допускати одночасне відривання від поручнів обох руки;

При пересуванні користуватися встановленими маршрутами.

У приміщенні кімнати майстрів знаходиться аптечка для надання першої допомоги постраждалим.

Для виключення небезпеки ураження електричним струмом потрібно виконувати:

- своєчасне проходження інструктажів з питань охорони праці та періодичну перевірку знань;

- заземлення обладнання, проведення оглядів і ремонтів обладнання згідно з графіками ППР.

5.4.1 Електробезпека

З метою зменшення небезпечності від поразки електричним струмом передбачене захисне заземлення [16, 21].

В якості заземлювачів обираємо трубчастий заземлювач діаметром 0,05 м і довжиною 3 м, що з'єднані сталеву смугою перерізом 16x4мм, заземлювачі розташовані у ґрунті на глибині 0,6м.

Опір одного трубчастого заземлювача знаходимо за формулою:

$$R_e = \frac{\rho}{2 \cdot \pi \cdot l} \cdot \left(\ln \frac{4 \cdot l}{d} + \frac{1}{2} \ln \frac{4t + l}{4t - l} \right), \quad (5.6)$$

де:

ρ – розрахунковий питомий опір ґрунту суглинок в місті розташування заземлювачів 120 Ом·м;

d – діаметр трубчастого заземлювача, 0,05м;

l – довжина трубчастого заземлювача, 3м;

t – глибина розміщення середини заземлювача від поверхні землі, м.

$$t = t_0 + \frac{l}{2}, \quad (5.7)$$

де:

t_0 – відстань від верхньої точки заземлювача до поверхні землі, 0,6м.

$$t = 0,6 + \frac{3}{2} = 2,1 \text{ м};$$

$$R_e = \frac{120}{2 \cdot 3,14 \cdot 3} \cdot \left(\ln \frac{2 \cdot 3}{0,045} + \frac{1}{2} \ln \frac{4 \cdot 2,1 + 3}{4 \cdot 2,1 - 3} \right) = 33,54 \text{ Ом}.$$

Так, як $R_e > R_{\text{дон}}$, то спочатку розраховуємо попередню кількість заземлювачів:

$$n' = \frac{R_{\text{ГР}}}{R_{\text{доп}}}, \quad (5.8)$$

де:

$R_{\text{доп}}$ – допустимий опір заземлюючого пристрою 4Ом, для установок з напругою до 1000В .

$$n' = \frac{33,54}{4} = 8,39 \approx 9 \text{ шт.}$$

Приймаємо 9 заземлювачів.

Далі визначимо необхідну кількість вертикальних заземлювачів за формулою:

$$n = \frac{n'}{\eta e}, \quad (5.9)$$

де:

ηe – коефіцієнт використання вертикальних заземлювачів, який враховує взаємне екранізування 0,68. Для вибору цього коефіцієнту приймають значення відношення відстані між електродами до їх довжини (параметр $a = 2$).

$$n = \frac{9}{0,68} = 14,28$$

Приймаємо $n=15$.

Знаючи кількість заземлювачів знаходимо довжину з'єднувальної смуги:

$$z = a \cdot n \cdot l, \quad (5.10)$$

де:

$$z = 2 \cdot 15 \cdot 3 = 90 \text{ м.}$$

Опір розтікання струму з'єднаної смуги з урахуванням екранування $R_{\text{ш}}$ розраховуємо за формулою:

$$R_{\text{ш}} = \frac{\rho}{2 \cdot \pi \cdot z} \cdot \ln \frac{2 \cdot z^2}{b \cdot t}, \quad (5.11)$$

де:

b – ширина з'єднуючої смуги, 0,05м.

$$R_{\Pi} = \frac{120}{2 \cdot 3,14 \cdot 90} \cdot \ln \frac{2 \cdot 90^2}{0,045 \cdot 0,6} = 2,83 \text{ Ом.}$$

Опір загального опору заземлюючого пристрою R_e , який складається з опору трубчастих заземлювачів та з'єднуючої їх смугою, дорівнює:

$$R_3 = \frac{R_e \cdot R_{ш}}{R_e \cdot \eta_{ш} + R_{ш} \cdot \eta_c \cdot n}, \quad (5.12)$$

де:

$\eta_{ш}=0,36$.

$$R_3 = \frac{33,54 \cdot 2,83}{33,54 \cdot 0,36 + 2,83 \cdot 0,68 \cdot 15} = 2,31 \text{ Ом}$$

Отримане значення R_3 порівнюємо з $R_{дон}$:

$$R_3 \leq R_{дон}; \quad (5.13)$$

2,31 < 4 Ом що задовольняє вимогам НПАОП, розрахована кількість електродів (15) забезпечить захист.

5.4.2 Освітлення

Для штучного комбінованого освітлення [5] приміщення операторської обираємо розряд зорових робіт, що відповідає розряду Б, підрозряду 1, норма освітленості – 300 лк. Тип світильника – ЛСП 02В - 2×58, потужність електролампи – 4700 лм.

Необхідна кількість світильників визначається з формули, *шт.*:

$$N = \frac{E \cdot S \cdot K \cdot Z}{F \cdot n \cdot u} \quad (5.14)$$

де E – нормативна освітленість для Б1 розряду зорових робіт, 300 лк;

S – площа приміщення, 72 м²;

K_3 – коефіцієнт запасу, 1,3;

Z – поправковий коефіцієнт світильника, 1,1;

F – світловий потік однієї лампи у світильнику, 4700 лм;

n – кількість ламп у світильнику, 2;

u – коефіцієнт використання світлового потоку (у долях одиниці).

Коефіцієнт u залежить від показника приміщення φ та коефіцієнтів відбиття стін та стелі.

Показник приміщення φ розраховується за формулою:

$$\varphi = \frac{a \cdot b}{h \cdot (a + b)} \quad (5.15)$$

де a – довжина приміщення, 6 м;

b – ширина приміщення, 12 м;

h – висота підвісу світильника над робочою поверхнею, 2,8 м, (висота робочої поверхні – 0,7 м.)

$$\varphi = \frac{6 \cdot 12}{2,8 \cdot (6 + 12)} = 1,43$$

Коефіцієнти відбиття стелі та стін залежать від їх кольору, т.я. стеля й стіни пофарбовані у світлий колір – $\rho_{стелі} = 70\%$, $\rho_{стін} = 50\%$;

Враховуючі показник приміщення $\varphi = 1,48$ та коефіцієнти відбиття стелі та стін, коефіцієнт використання світлового потоку буде дорівнювати – 49% (0,49);

$$N = \frac{300 \cdot 72 \cdot 1,3 \cdot 1,1}{4700 \cdot 2 \cdot 0,49} = 6,7$$

Приймаємо до установки 8 світильників типу ЛСП 02В - 2×58, які необхідно встановити у 2 ряди по 4 штуки.

5.4.3 Кондиціювання

Для створення середовища, найбільш сприятливого для праці та відпочинку людини у приміщенні необхідно встановити систему

кондиціювання повітря [4, 27]. Для розрахунку системи кондиціювання визначаємо потрібну величину тепловідводу із теплового балансу для теплового періоду року без урахування втрат.

$$Q_{ЗАГ} = Q_{ОС} + Q_{ЕП} + Q_{Л} + Q_{Р} \quad (5.16)$$

де $Q_{ОС}$ – тепловиділення за рахунок пристроїв освітлення, $кВт$;

$Q_{ЕП}$ – тепловиділення від електричних приладів, $кВт$;

$Q_{Л}$ – тепловиділення від працівників, $кВт$;

$Q_{Р}$ – надходження тепла за рахунок сонячної радіації через вікна, $кВт$;

Тепловиділення за рахунок пристроїв освітлення розраховуємо за формулою:

$$Q_{ОС} = K_{Л} \cdot P_{Л} \cdot \eta_{Л} \quad (5.17)$$

де $K_{Л}$ – кількість світильників, 8 шт.;

$P_{Л}$ – сумарна потужність ламп у світильнику, 0,116 $кВт$;

$\eta_{Л}$ – частка електроенергії, яка перетворюється на теплову, 0,5;

$$Q_{ОС} = 8 \cdot 0,116 \cdot 0,5 = 0,464 \text{ кВт};$$

Тепловиділення від електричних приладів розраховуємо за формулою:

$$Q_{ЕП} = K_{ЕП} \cdot P_{ЕП} \cdot \eta_{ЕП} \quad (5.18)$$

де $K_{ЕП}$ – кількість електричних приладів, 4 шт.;

$P_{ЕП}$ – сумарна потужність електричних приладів (системний блок – 0,15 $кВт$, монітор – 0,1 $кВт$, принтер – 0,25 $кВт$), 0,5 $кВт$;

$\eta_{ЕП}$ – частка електроенергії, яка перетворюється на теплову, 0,4;

$$Q_{ЕП} = 4 \cdot 0,5 \cdot 0,4 = 0,8 \text{ кВт};$$

Тепловиділення від працівників розраховуємо за формулою:

$$Q_{Л} = K_{П} \cdot P_{П} \quad (5.19)$$

де $K_{П}$ – чисельність працівників, 4;

$P_{П}$ – тепловиділення для I категорії фізичних робіт, 0,174 $кВт$;

$$Q_{Л} = 4 \cdot 0,174 = 0,696 \text{ кВт};$$

Надходження тепла за рахунок сонячної радіації через вікна складає:

$$Q_P = F \cdot \gamma \cdot A \cdot 10^{-3} \quad (5.20)$$

де F – загальна площа вікон, 14,4 м² (6 вікон, розміром 2,0×1,2 м);

γ – питоме теплонадходження від сонячної радіації, 210 Вт/м²;

A – коефіцієнт затемнення скла, 0,95.

$$Q_P = 14,4 \cdot 210 \cdot 0,95 \cdot 10^{-3} = 2,87 \text{ кВт};$$

$$Q_{ЗАГ} = 0,464 + 0,8 + 0,696 + 2,87 = 4,83 \text{ кВт};$$

Згідно розрахункової величини потрібного тепловідводу обираємо кондиціонер ELECTROLUX EACS-18 HLO/N3, потужністю охолодження 5,27 кВт.

5.6 Протипожежні заходи

Будівлі та їх частини, відповідають II ступеню вогнестійкості [7].

Таблиця 4.1 – Основні показники пожежонебезпечності горючих речовин [22, 23].

Речовина	Температура, °С		Концентраційні межі вибуху, % об.	
	спалаху	самозаймання	нижня	верхня
(тверда речовина)				
Алюмінієвий пил		520	40	-

До основних причин запалювання, вибухів та пожеж необхідно віднести:

- несправність електроустановок або устаткування;
- вихід із ладу вузлів автоматичного захисту від коротких замикань в електроустановках;
- невиконання персоналом мір, що запобігають загоряння від появи статичної електрики;
- іскри від електро- і газозварювальних робіт при ремонті

- відсутність блискавкозахисту, у разі чого первинний вплив блискавки може спричинити вибух;
- порушення працюючих трудової дисципліни та правил пожежної безпеки.

Евакуаційні шляхи, проходи, виходи, сходи повинні утримуватися вільними, нічим не зашарашуватися і у разі виникнення пожежі забезпечувати безпеку під час евакуації всіх людей, що знаходяться в приміщенні, будівлі[28].

Двері на шляхах евакуації повинні відчинятися у напрямку виходу з будівлі, приміщення, під час роботи двері необхідно закривати, але не замикати на замки.

Електрообладнання, що використовуємо в виробничому процесі, передбачається у вибухонебезпечному виконанні.

Потрібна кількість первинних засобів пожежогасіння може бути визначена із співвідношення:

$$n = \frac{S_{заг}}{S_n}, \quad (5.21)$$

де:

$S_{заг}$ - сумарна площа приміщень усіх поверхів будівлі, 450 м^2 ;

S_n - нормативна площа для приміщення з наявністю горючих твердих речовини, що не взаємодіють з водою, 100 м^2 .

$$n = 450 / 100 = 4,5$$

Приймаємо 5 комплектів (вогнегасник ВВБ-3,7, ящик з піском, лопата) первинних засобів пожежогасіння.

Пожежний рукав повинен бути сухим, складеним у «гармошку» або подвійну скатку і приєднаний до крана та ствола, зберігатися в спеціальних кошиках. Пожежний рукав не рідше 1 разу на 6 місяців повинен розгортатися і згортатися заново. Не допускається використання пожежного рукава для господарських потреб. Вогнегасники та пожежні крани повинні постійно

знаходиться в справному стані і розташовуватися в доступних місцях біля вихідних дверей. При цьому їх розташування не повинно заважати евакуації людей. Підходи до засобів пожежогасіння не допускається засмічувати. Доступ до первинних засобів пожежогасіння, до засобів зв'язку повинен бути вільним [6, 28].

Протипожежне водопостачання промислових підприємств здійснюється системою протипожежного водопроводу. Необхідний запас води повинен складати, м³:

$$Q = 3600 \tau q, \quad (5.22)$$

де τ – середній час гасіння пожежі, 3 години;

q – загальна витрата води, л·с⁻¹.

$$q = q_{зовн} + q_{вн} + q_{авт}, \quad (5.23)$$

де $q_{зовн}$ – витрата води на зовнішнє пожежогасіння, 15 л·с⁻¹;

$q_{вн}$ – витрата води на внутрішнє пожежогасіння, 5 л·с⁻¹.

$q_{авт}$ – витрата води на автоматичне пожежогасіння, 30 л·с⁻¹.

$$q = 15 + 5 + 30 = 50 \text{ л·с}^{-1}.$$

$$Q = 3600 * 3 * 50 = 540000 \text{ л.}$$

Будівля оснащена також насосною для пожежогасіння, резервуаром з протипожежним запасом води місткістю 540м³ та вогнегасною установкою з піногенераторами.

6 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНІ РОЗРАХУНКИ

В останній час в промисловому виробництві дуже широко використовують автоматизовані системи керування технологічними процесами (АСКТП). Це пояснюється тим, що технологічні процеси характеризуються складністю і високою швидкістю протікання, а також чутливістю їх до порушень режиму, шкідливих умов роботи, пожежо- та вибухонебезпечності сполук які переробляються.

Доцільність техніко-економічного розрахунку та й загалом цього проєкту легко можна пояснити не лише тим, що хімічна промисловість в Україні завжди розвивалася стрімкими темпами, а попитом на кінцеві продукти. Так, сурлінові трубки можуть використовуватись як ізоляційний шар для зовнішньої захисної оболонки до електричного проводу або кабелю, зокрема, до проводу кабелепроводу, проводу для побутових електроприладів, або автомобільного проводу. Surlyn - це торгова марка іономерної смоли, створеної DuPont, сополімеру етилену та метакрилової кислоти, що використовується як матеріал покриття та упаковки. Використання полімерної композиції з додаванням Surlyn надає виробленим трубкам, окрім хороших ізоляційних властивостей, ще хороші механічні властивості, зокрема, хорошу стійкість до абразивного зносу, хороші вогнетривкі властивості, хорошу стійкість до теплової деформації, здатність витримувати низькі температури, стійкість до води та хімічних речовин, а також хороші технологічні властивості.

В ході аналізу лінії з виробництва сурлінових трубок було встановлено, що існуючий комплекс технічних засобів (КТЗ), а саме вимірювальні перетворювачі (ВП), виконавчі механізми (ВМ), мікропроцесорний контролер та програмно-апаратний комплекс (ПАК) автоматичної системи регулювання (АСР) морально і технічно застарів. Тому було розроблено автоматичну

систему керування технологічним процесом (АСК ТП) виробництва сурлінових трубок з сучасним вибухопожежобезпечним обладнанням, згідно європейським та державним стандартам та відповідним ПАК до нього, що призначена для автоматизованого керування та стабілізації всіх вхідних параметрів, мінімізації витрат сировини та електроенергії, що є дуже актуальним в умовах війни та логістичних проблем пов'язаних з нею. Метою техніко-економічного розрахунку в цьому розділі дипломного проекту є виявлення економічної доцільності та ефективності від впровадження розробленого проекту.

6.1 Розрахунок капітальних витрат на автоматизацію виробництва

Капітальні вкладення в автоматизацію (K_a) складаються з витрат на придбання, виготовлення і монтаж контрольно-вимірювальних приладів, засобів автоматизації, ПАК, технологічного й іншого устаткування й інвентарю. У загальному виді капітальні витрати на автоматизацію виробничих процесів розраховуються по формулі:

$$K_a = \Delta K_y + \Delta K_{тр} + \Delta K_{мн} \quad (6.1)$$

де: K_a – загальна сума капітальних витрат на АСК ТП, грн.;

ΔK_y – вартість покупних пристроїв, приладів, засобів автоматизації і технологічного устаткування, ліцензійного програмного забезпечення (ПЗ), грн;

$\Delta K_{тр}$ – транспортні витрати по доставці придбаних пристроїв, приладів, засобів автоматизації й устаткування, грн;

$\Delta K_{мн}$ – витрати на монтаж і налагодження систем автоматизації, грн.

Результати розрахунку загальної суми капітальних витрат на АСК ТП зводяться у табл. 6.1.

Таблиця 6.1 – Кошторис капітальних витрат на автоматизацію

Найменування приборів і засобів автоматизації	Кількість од.	Ціна один, грн./од	Сума, грн.	ТР, грн.	Витрати на монтаж, грн	Загальна вартість, грн.
1	2	3	4	5	6	7
БРУ-10	10	3 150,00	31 500,00	2 205,00	4 725,00	38 430,00
ПБР-2М	10	2 740,00	27 400,00	1 918,00	4 110,00	33 428,00
Метран 608	4	4 217,00	16 868,00	1 180,76	2 530,20	20 578,96
ТХКв-05	9	2 150,00	19 350,00	1 354,50	2 902,50	23 607,00
ТХКв-01	1	2 123,00	2 123,00	148,61	318,45	2 590,06
МЭО-40/63-0,25-82	1	680,00	680,00	47,60	102,00	829,60
ОПТО BERO 3RG 7013-7AB00	2	2 180,00	4 360,00	305,20	654,00	5 319,20
Incremental Encoder GI 355	1	3 300,00	3 300,00	231,00	495,00	4 026,00
Siemens OP 17-DP	1	42 410,00	42 410,00	2 968,70	6 361,50	51 740,20
PLC Simatic S7/300	1	17 300,00	17 300,00	1 211,00	2 595,00	21 106,00
MICROMASTER 440 Siemens 6SE6440-2UC22-2BA1	2	2 560,00	5 120,00	358,40	768,00	6 246,40
MICROMASTER 440 Siemens 6SE440-2UC21-5BA1	1	1 700,00	1 700,00	119,00	255,00	2 074,00
MICROMASTER 440 Siemens 6SE440-2UC15-5AA1	2	1 970,00	3 940,00	275,80	591,00	4 806,80
Всього			176 051,00	12 323,57	26 407,65	214 782,22

Капітальні витрати на автоматизацію складають:

$$K_a = 176\,051,00 + 12\,323,57 + 26\,407,65 = 214\,782,22 \text{ грн.}$$

Величина транспортно-заготівельних витрат визначається по збільшеним нормативам у межах 5-7% (в нашому випадку 7%) від вартості приладів, засобів автоматизації та ПЗ. Витрати на матеріали для монтажу приймаються в розмірі 15% від ціни приладів, засобів автоматизації та ПЗ.

6.2 Розрахунок експлуатаційних витрат на АСК ТП

Витрати, пов'язані з експлуатацією системи автоматизації, складаються з наступних витрат:

- а) витрати на обслуговування системи ($V_{то}$), грн;
- б) витрати на енергію, споживану системою (V_e), грн;
- в) амортизаційні відрахування (V_a), грн;
- д) інші витрати ($V_{дод}$), грн.

Річні експлуатаційні витрати рівні:

$$V_a = V_{то} + V_e + V_a + V_{дод}, \text{ грн.} \quad (6.2)$$

6.2.1 Розрахунок витрат на обслуговування АСК ТП

З автоматизацією виробництва виникає необхідність проведення повірок та ремонтів приладів та засобів автоматизації. Розрахунок витрати на обслуговування системи зводиться до розрахунку чисельності і фонду заробітної плати персоналу, призначеного для експлуатації та обслуговування технічних засобів АСК ТП.

Розрахунок нормативної чисельності персоналу з експлуатації та обслуговування технічних засобів АСК ТП, визначаємо з урахуванням кількості і номенклатури устаткування локальної автоматики, яку виражено в умовних приладоодиницях (УПО). За УПО прийнята група приладів, повний час на обслуговування і ремонт якої складає 80 годин у рік. Кожна УПО відповідає нормативної чисельності 0,041 людини.

Нормативна чисельність ($Ч$) персоналу визначається по формулі:

$$Ч = УПО \cdot 0,041 \cdot K_t, \text{ люд.} \quad (6.3)$$

$$Ч = 25,33 \cdot 0,041 \cdot 1 = 1,039 = 2 \text{ людини.}$$

де K_T – коефіцієнт тиражування, $K_T=1$.

Експлуатація і ремонт засобів автоматики проводять відповідно до вимог "Положення про систему планово-попереджувального ремонту приладів". Положення передбачає наступні профілактичні заходи:

- періодичні перевірки;
- поточні ремонти;
- технічне обслуговування.

По кожному найменуванню приладів розраховується коефіцієнт трудомісткості виконання названих робіт впродовж року.

Коефіцієнт трудомісткості перевірок визначається в такий спосіб:

$$K_{\Pi} = n \cdot t_n \cdot P_n \quad (6.4)$$

де K_{Π} – коефіцієнт трудомісткості перевірок приладів даного найменування впродовж року;

n – кількість приладів даного найменування;

t_n - коефіцієнт трудомісткості однієї перевірки;

P_n – кількість планових періодичних перевірок впродовж року.

Таблиця 6.2 – Розрахунок коефіцієнту трудомісткості перевірок

Найменування приладів та засобів автоматизації	Кількість, од.	t_n	P_n	K_{Π}
1	2	3	4	5
БРУ-10	10	0,05	1	0,50
ПБР-2М	10	0,05	1	0,50
Метран 608	4	0,11	1	0,44
ТХКВ-05	9	0,11	1	0,99
ТХКВ-01	1	0,11	1	0,11
МЭО-40/63-0,25-82	1	0,07	1	0,07
OPTO BERO 3RG 7013-7AB00	2	0,11	1	0,22
Incremental Encoder GI 355	1	0,11	1	0,11
Siemens OP 17-DP	1	0,30	1	0,30
PLC Simatic S7/300	1	0,30	1	0,30
MICROMASTER 440 Siemens 6SE6440-2UC22-2BA1	2	0,05	1	0,10
MICROMASTER 440 Siemens 6SE440-2UC21-5BA1	1	0,05	1	0,05
MICROMASTER 440 Siemens 6SE440-2UC15-5AA1	2	0,05	1	0,10
Сума				3,79

Коефіцієнт трудомісткості поточних ремонтів визначається в такий спосіб:

$$K_p = (n \cdot t \cdot 12) / t_p \quad (6.5)$$

де K_p – трудомісткість поточних ремонтів з плином року;

t – коефіцієнт трудомісткості одного ремонту;

12 – число місяців у році;

n – кількість приладів даного найменування;

t_p – періодичність ремонтів для приладів даного найменування.

Таблиця 6.3 – Розрахунок коефіцієнту трудомісткості поточних ремонтів

Найменування приладів та засобів автоматизації	Кількість	t	t _p	K _p
1	2	3	4	5
БРУ-10	10	0,05	12	0,50
ПБР-2М	10	0,05	12	0,50
Метран 608	4	0,12	12	0,48
ТХКВ-05	9	0,12	12	1,08
ТХКВ-01	1	0,12	12	0,12
МЭО-40/63-0,25-82	1	0,07	12	0,07
ОРТО BERO 3RG 7013-7AB00	2	0,12	12	0,24
Incremental Encoder GI 355	1	0,12	12	0,12
Siemens OP 17-DP	1	0,20	6	0,40
PLC Simatic S7/300	1	0,20	6	0,40
MICROMASTER 440 Siemens 6SE6440-2UC22-2BA1	2	0,05	12	0,10
MICROMASTER 440 Siemens 6SE440-2UC21-5BA1	1	0,05	12	0,05
MICROMASTER 440 Siemens 6SE440-2UC15-5AA1	2	0,05	12	0,10
Сума				4,16

Технічне обслуговування приладів виконується систематично кожен робочий день. Коефіцієнт трудомісткості технічного обслуговування визначається в такий спосіб:

$$K_{то} = (n \cdot T_{эф} \cdot t_о) / 60 \quad (6.6)$$

де $T_{эф}$ – число днів роботи приладу в році;

$t_о$ – коефіцієнт трудомісткості одного технічного обслуговування;

n – кількість приладів даного найменування;

$K_{то}$ – коефіцієнт трудомісткості технічного обслуговування.

Таблиця 6.4 – Розрахунок коефіцієнту трудомісткості технічного обслуговування

Прилади та засоби автоматизації	Кількість	$T_{эф}$	t_o	$K_{то}$
1	2	3	4	5
БРУ-10	10	255	0,07	2,98
ПБР-2М	10	255	0,07	2,98
Метран 608	4	255	0,11	1,87
ТХКВ-05	9	255	0,11	4,21
ТХКВ-01	1	255	0,11	0,47
МЭО-40/63-0,25-82	1	255	0,07	0,30
ОПТО BERO 3RG 7013-7AB00	2	255	0,11	0,94
Incremental Encoder GI 355	1	255	0,11	0,47
Siemens OP 17-DP	1	255	0,20	0,85
PLC Simatic S7/300	1	255	0,20	0,85
MICROMASTER 440 Siemens 6SE6440-2UC22-2BA1	2	255	0,07	0,60
MICROMASTER 440 Siemens 6SE440-2UC21-5BA1	1	255	0,07	0,30
MICROMASTER 440 Siemens 6SE440-2UC15-5AA1	2	255	0,07	0,60
Сума				17,38

$$УПО=3,79+4,16+17,38= 25,33.$$

6.2.2 Розрахунок фонду заробітної плати з відрахуваннями обслуговуючого персоналу

Фонд основної заробітної плати обслуговуючого персоналу розраховується по формулі:

$$ЗП_o = (T_{ст} \cdot Ч_{сп} \cdot T_{эф}) \cdot (1+\alpha), \quad (6.7)$$

де: $T_{ст}$ – тарифна ставка, що відповідає середньому розряду робіт, грн/год;

$Ч_{сп}$ – облікова чисельність, люд.;

$T_{\text{эф}}$ – ефективний фонд роботи одного середньоспискового робітника, год/рік.

α – коефіцієнт, що враховує розмір премії.

$$ЗП_о = (62,5 \cdot 2 \cdot 1\,760) \cdot (1 + 0,2) = 264\,000,00 \text{ грн.}$$

Фонд додаткової заробітної плати ($ЗП_{\text{дод}}$) розраховується з розрахунку 10% від фонду основної заробітної плати ($ЗП_о$).

$$ЗП_{\text{дод}} = (ЗП_о \cdot 10\%) / 100\%, \text{ грн} \quad (6.8)$$

$$ЗП_{\text{дод}} = (264\,000 \cdot 10) / 100 = 26\,400,00 \text{ грн.}$$

Відрахування у фонд соціального страхування (β) визначається в розмірі 22% від фонду основної і додаткової заробітної плати.

$$V_{\text{то}} = (ЗП_о + ЗП_{\text{дод}}) \cdot (1 + \beta), \text{ грн} \quad (6.9)$$

$$V_{\text{то}} = (264\,000 + 26\,400) \cdot 1,22 = 354\,288,00 \text{ грн.}$$

6.2.3 Витрати на енергію, споживану системою

$$V_{\text{е}} = P \cdot T_{\text{эф}} \cdot C_{\text{е}}, \text{ грн} \quad (6.10)$$

де: P – встановлена потужність системи автоматизації, кВт·год;

$C_{\text{е}}$ – ціна за одиницю споживаної енергії, грн/кВт·год (1 грн за розподіл + 4,87 грн за кВт=5,87 грн/кВт·год);

$T_{\text{эф}}$ – ефективний фонд роботи обладнання, год (255 дн·8 год=2040 год);

$$V_{\text{е}} = 30,95 \cdot 2\,040 \cdot 5,87 = 370\,596,11 \text{ грн.}$$

6.2.4 Розрахунок амортизаційних відрахувань

Сума річних амортизаційних відрахувань визначається за формулою:

$$A_{\text{р}} = (S \cdot N_{\text{а}}) / 100, \text{ грн} \quad (6.11)$$

де: S – загальна вартість приладів і засобів автоматизації, грн.;

$N_{\text{а}}$ – норми амортизації згідно із чинним законодавством для даної групи основних фондів (%).

Таблиця 6.5 – Розрахунок амортизаційних відрахувань

Найменування приладів і засобів автоматизації	Загальна вартість, грн.	Na%	Амортизація, грн.
1	2	3	4
БРУ-10	31 500,00	25	7 875,00
ПБР-2М	27 400,00	25	6 850,00
Метран 608	16 868,00	25	4 217,00
ТХКВ-05	19 350,00	25	4 837,50
ТХКВ-01	2 123,00	25	530,75
МЭО-40/63-0,25-82	680	25	170,00
ОПТО BERO 3RG 7013-7AB00	4 360,00	25	1 090,00
Incremental Encoder GI 355	3 300,00	25	825,00
Siemens OP 17-DP	42 410,00	50	21 205,00
PLC Simatic S7/300	17 300,00	50	8 650,00
MICROMASTER 440 Siemens 6SE6440-2UC22-2BA1	5 120,00	25	1 280,00
MICROMASTER 440 Siemens 6SE440-2UC21-5BA1	1 700,00	25	425,00
MICROMASTER 440 Siemens 6SE440-2UC15-5AA1	3 940,00	25	985,00
Всього	176 051,00		58 940,25

6.2.5 Розрахунок інших додаткових витрат

Витрати на допоміжні матеріали складають 10% від капіталовкладень на прилади та засоби автоматизації:

$$V_{\text{доп}} = 0,1 \cdot K_a, \text{ грн} \quad (6.12)$$

$$V_{\text{доп}} = 0,1 \cdot 214\,782,22 = 21\,478,22 \text{ грн.}$$

Таблиця 6.6 – Кошторис річних експлуатаційних витрат

№	Найменування статей	Сума, грн.
1	Витрати на обслуговування системи автоматизації	354 288,00
2	Енергетичні витрати	370 596,11
3	Амортизаційні відрахування	58 940,25
4	Інші витрати (на допоміжні матеріали й устаткування)	21 478,22
	Разом	805 302,58

6.3 Розрахунок економії поточних витратах

Економічна ефективність проекту АСК ТП виробництва сурлінової трубки визначиться зміною наступних техніко-економічних показників:

- скорочення обслуговуючого персоналу, який виконує функції контролю і регулювання технологічних параметрів;
- економія норм витрат сировини та енергії;
- підвищення обсягу виробництва продукції, за рахунок точної підтримки заданих режимів, оптимального їх коригування.

Загальна економія поточних витрат за рахунок застосування автоматизації у нашому випадку складе:

$$E_a = V_a \cdot 1,4 \text{ грн} \quad (6.13)$$

де: V_a – річні експлуатаційні витрати, грн.

$$E_a = 805\,302,58 \cdot 1,4 = 1\,127\,423,61 \text{ грн.}$$

6.4 Розрахунок показників економічної ефективності АСК ТП

Загальний приріст прибутку $\Delta\Pi$ в результаті впровадження проектованої системи в порівнянні з діючою системою дорівнює:

$$\Delta\Pi = E_a - V_a, \text{ грн} \quad (6.14)$$

де: E_a – загальна економія на поточних витратах, грн;

V_a – річні експлуатаційні витрати, грн.

$$\Delta\Pi = 1\,127\,423,61 - 805\,302,58 = 322\,121,03 \text{ грн.}$$

Економічний ефект розраховується за формулою:

$$E = \Delta\Pi - E_n \cdot K_a, \text{ грн/рік} \quad (6.15)$$

де: K_a – капітальні витрати на автоматизацію, грн.;

E_n – норматив приведення різночасних витрат і результатів, чисельно дорівнює нормативу ефективності капітальних вкладень ($E_n=0,3$).

$$E=322\,121,03 - 0,3 \cdot 214\,782,22 = 257\,686,37 \text{ грн/рік.}$$

Термін окупності капітальних вкладень розраховується за формулою:

$$T=K_a/\Delta\Pi, \text{ років} \quad (6.16)$$

де: $\Delta\Pi$ – приріст прибутку, грн;

K_a – капітальні витрати на автоматизацію, грн.

$$T=214\,782,22/322\,121,03=0,67.$$

Висновок

Проєкт АСК ТП виробництва сурлінової трубки є доцільним, що підтверджується не тільки попитом у відповідних сферах застосування цього продукту, а цим техніко-економічними розрахунками:

- приріст прибутку складе 322 121,03 грн/рік;
- строк окупності капіталовкладень у розмірі 214 782,22 грн складе 0,67 року.

Обладнання підбиралось з серійним виробництвом, за можливістю українського виробництва або зі ступенем локалізації, що відповідав би п.п. 1 та 3 п. 61 розділу Х “Прикінцеві та перехідні положення” Закону України для підтримки економіки країни та можливості заміни при виробничих потребах проєктованої лінії.

ВИСНОВОК

Викладені в даній пояснювальній записці дипломного проекту технічні рішення по реалізації інформаційного контролю АСКТП виробництва засобів ініціювання вибухівки забезпечують контроль і документування в реальному масштабі часу інформації про технічний стан як окремих складових частин і елементів конструкції так і об'єкту, що автоматизується в цілому.

У роботі здійснено дослідження динамічної характеристики об'єкту (крива розгону), виконано синтез АСР та отримано оптимальний перехідний процес для ПІ регулятора.

У технічному проекті АСКТП використані можливості сучасних проблемно-орієнтованих і універсальних засобів обчислювальної техніки. Цим досягається досить висока продуктивність обробки контролю вимірювальної інформації, а також необхідний рівень вірогідності результатів.

У процесі технічного проектування АСКТП досягнуті такі цілі: зниження рівня ручної праці, тобто покращення умов роботи; запобігання аварій та нещасних випадків і надання можливості прийняття заходів до своєчасного усунення причин, які можуть спричинити порушення нормального режиму за допомогою пристроїв сигналізації.

Аналіз об'єкту показав, що для керування ним необхідно вирішувати задачі стабілізації окремих технологічних параметрів. Враховуючи вищесказане, система керування побудована на базі керуючої обчислювальної машини - мікропроцесорного контролера. В якості такого пристрою обрана одна з моделей мікропроцесорного контролера SIMATIC S7-300.

Система керування забезпечує також технологічний контроль параметрів, інформацію про стан параметрів, аварійну сигналізацію.

Головними факторами економічної доцільності створення системи є:

- скорочення витрат на виробництво;

- полегшення роботи технологічного персоналу;
- оперативний контроль за технологічним процесом;
- зниження собівартості продукції;
- представлення повної інформації про процес технологічному й адміністративному персоналу.

Проект АСК ТП виробництва сурлінової трубки є доцільним, що підтверджується не тільки попитом у відповідних сферах застосування цього продукту, а цим техніко-економічними розрахунками:

- приріст прибутку складе 322 121,03 грн/рік;
- строк окупності капіталовкладень у розмірі 214 782,22 грн складе 0,67 року.

У дипломному проекті, також, приділена увага питанням з охорони праці та техніки безпеки: виділені правила внутрішньооб'єктового режиму і внутрішнього трудового розпорядку, дана характеристика можливих небезпечних і шкідливих факторів у цеху 1-39/1, будівлі 39 ППВВ ДП НВО «ПХЗ», розроблені заходи безпечних і здорових умов праці.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. ДБН В.2.5-74:2013 Водопостачання. Зовнішні мережі та споруди. Основні положення проектування. [Чинний від 2014-01-01]. Київ : МРР будівництва та ЖК господарства України, 2013. 180 с.
2. ДБН В.2.5-75:2013 Каналізація. Зовнішні мережі та споруди. Основні положення проектування. [Чинний від 2014-01-01]. Київ : Державний інститут "УкрНДІводоканалпроект", 2014. 223 с.
3. ДБН В.2.3-4:2015 Автомобільні дороги. Частина I. Проектування. Частина II. Будівництво. [Чинний 2016-04-01]. Київ : ДП «Державний дорожній науково-дослідний інститут імені М.П. Шульгіна» Держдор України, 2015. 113 с.
4. ДБН В.2.5-67:2013 Опалення, вентиляція та кондиціонування. [Чинний від 2014-01-01]. Київ : Мінрегіон України, 2013. 147 с.
5. ДБН В.2.5-28:2018. Природне і штучне освітлення. [Чинний від 2019-03-01]. Київ: НДІБК, 2019. 76 с.
6. ДБН В.2.5-56-2014 Системи протипожежного захисту. [Чинний від 2011-10-01]. Київ : Міністерство регіонального розвитку та будівництва України, 2010. 285 с.
7. ДБН В.1.1-7:2016 Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги [Чинний від 2016-10-31]. Київ : УкрНДІЦЗ, 2016. 39 с.
9. Occupational safety standards system. Dangerous and harmful working factors. Classification 12.0.003-15 (Межгосударственный стандарт ССБТ 12.0.003-2015 Опасные и вредные производственные факторы. Классификация) [Чинний до 2020-01-01]. Київ : Мінбуд України, 2015. 41 с.
11. ДСТУ Б В.1.1-36:2016 Визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою. [Чинний від 2017-02-01]. Київ : УкрНДІЦЗ, 2017. 31 с.

12. ДСТУ-Н Б А 3.2-1:2007 Настанова щодо визначення небезпечних і шкідливих факторів. Київ : Мінбуд України, 2007. 14 с.
16. Правила улаштування електроустановок. [Перше переглянуте, перероблене, доповнене та адаптоване до умов України видання, станом на 2017-08-21]. Харків : Форт, 2017. 704 с.
20. НПАОП 40.1-1.32-01 Правила будови електроустановок. Електрообладнання спеціальних установок [На заміну ДНАОП 0.00-1.32-01, чинний від 2001-06-21]. Вид. офіц. Київ : Міністерство праці та соціальної політики України, 2001. 71 с. (Інформація та документація).
21. НПАОП 40.1-1.01-97 Правила безпечної експлуатації електроустановок. [На заміну ДНАОП 1.1.10-1.01-97, чинний від 2000-02-25] Вид. офіц. Київ : Держнаглядохоронпраці, 2001. 71 с. (Інформація та документація).
27. ДСН 3.3.6.042-99 Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень [Чинний від 1999-12-01]. Київ: МОЗ. Головний державний санітарний лікар України. 1999. 12 с.
28. НАПБ А.01.001-2014 Правила пожежної безпеки в Україні. [Зміни № 657 від 31.07.2017р, Наказ Міністерства внутрішніх справ України № 1417, чинний від 2014-12-30], 2014. 85 с.
29. Наказ № 627 від 22.03.2012. Про затвердження вимог до роботодавців щодо захисту працівників від шкідливого впливу хімічних речовин [Чинний від 2012-04-27], 2012. 23 с.
30. Регламент технологічний на виробництво системи ініціації вибухових матеріалів неелектричної Прима-Ера.
31. Зимон А. Д. <Адгезія пилу і порошоків>. М., Хімія, 1967, 363 стор.

32. Зимон А. Д. <Адгезія твердих тіл>. М., Наука, 1973, 280 стор.
33. Технічні умови для «СИН ДЦСМ».
34. Методичні вказівки до виконання курсової роботи з курсу «Економіка та організація хімічних виробництв» для студентів 4 курсу спеціальності 7.091302/ Укл. О.В. Білоброва. – Дніпропетровськ: УДХТУ, 2005. – 15 с.
35. Frank W. A. An efficient approximation to the quadratic Volterra filter and its application in real-time loudspeaker linearization // Signal Processing. – 1995. – V. 45. – P. 97–113.

ЗМІСТ ТОМУ

Титульний лист

Завдання

Відомість дипломного проекту

Пояснювальна записка

Замовна специфікація

Позиція	Найменування та технічна характеристика обладнання та матеріалів. Завод-виробник (для імпортного обладнання - країна фірма)	Тип, марка обладнання. Позначення документа та №опитувального листа	Одиниця вимірювання		Код завода виробника	Код обладнання, матеріала	Ціна одиниці тис. грн	Кіль- кість	Вага одиниці облад- нання, кг
			Найменування ванія	Код					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1-2,3-2	Перетворювач частоти MICROMASTER 440 Siemens, трифазний потужність 2,2 кВт, напруга входу 380 В. "Siemens AG"	6SE6440- 2UC22-2BA1						2	
4-2	Перетворювач частоти MICROMASTER 440 Siemens, трифазний потужність 1,5 кВт, напруга входу 380 В. "Siemens AG"	6SE440- 2UC21-5BA1						1	
2-2,17-2	Перетворювач частоти MICROMASTER 440 Siemens, трифазний потужність 0,55 кВт, напруга входу 380 В. "Siemens AG"	6SE440- 2UC15-5AA1						2	
12-2,13-2,14-2	Блок ручного керування. Вхідні сигнали: 0-5 мА (Rвх=400 Ом), 0(4)-20 мА (Rвх=100 Ом), 0-10 В (Rвх>50 кОм). Напруга живлення від мережі змінного струму (220±22) В, (50±1) Гц	БРЧ-10						15	
15-2,18-2	"Чебоксарський завод механіки та електроніки"								
	Блок живлення. Восьмиканальний, 36В, 50мА. Виробник завод "Метран"	Метран-608-036-50-DIN						4	
1-12-1	Індуктивний датчик вимірювання частоти обертів ДТА-4.	ДТА-4						5	
3-14-1	Діапазон вимірювання 0-600 об/хв. Вихідний сигнал 4-20мА.								
17-1	"Електроприлад".								

					A26.15.ATX.00.CO			
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата				
Виконав	Задара І.М.				Замовна специфікація	Стадія	Лист	Листів
Перевірив	Тітова О.В.					ДП	1	2
Т.контр.	Чернецький Є.В.					УДУНТ ННІ УДХТУ		
Н.контр.	Чернецький Є.В.					Каф. КІТтаР ст. гр. 4-АВІТ-22		
Затвердив	Левчук І.І.							

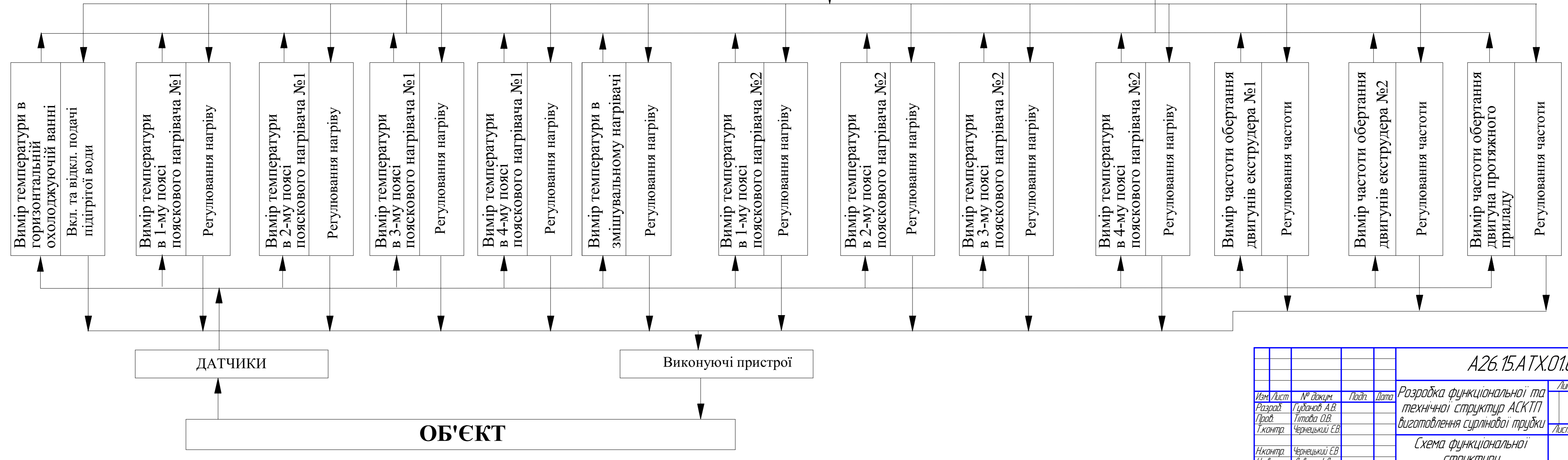
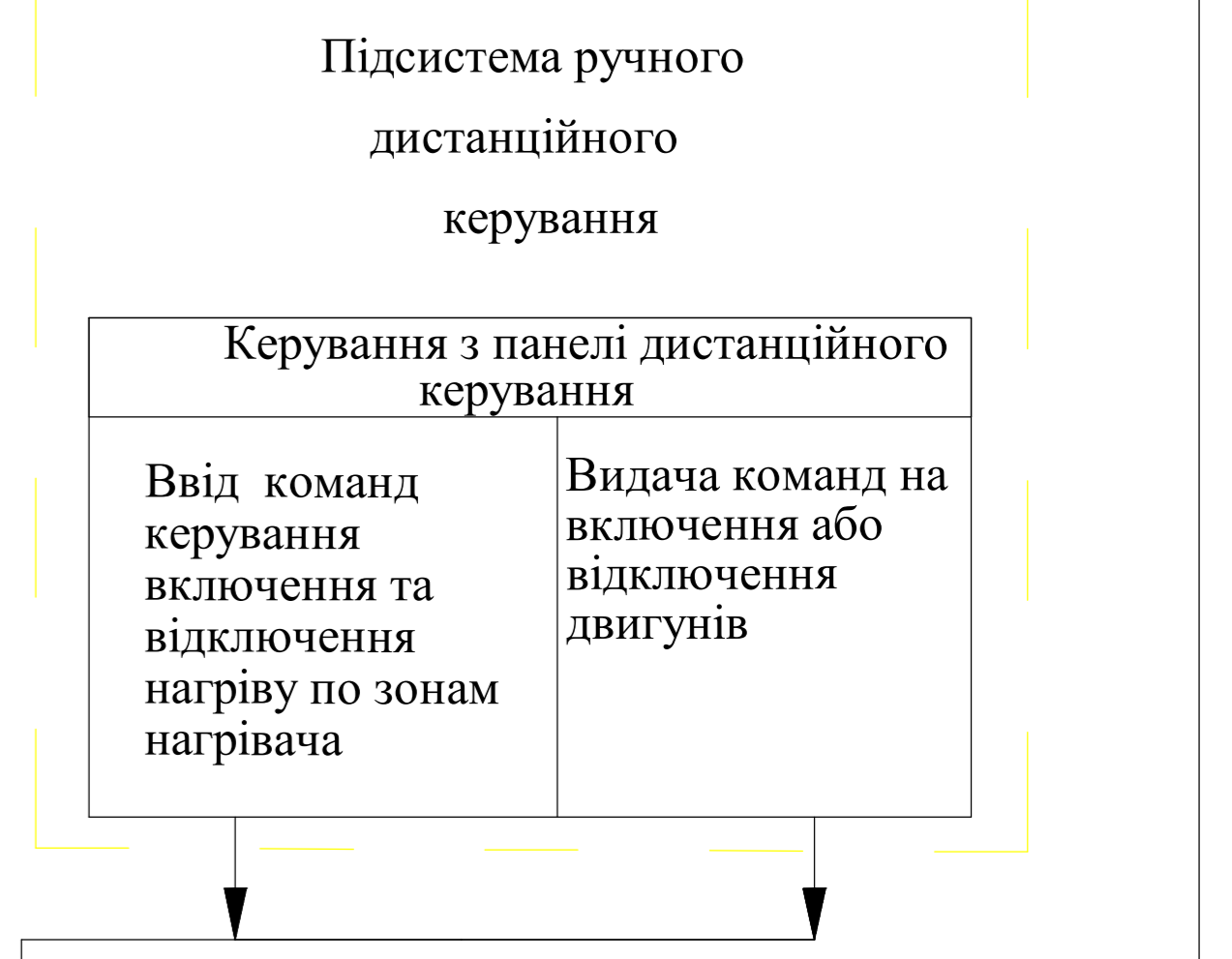
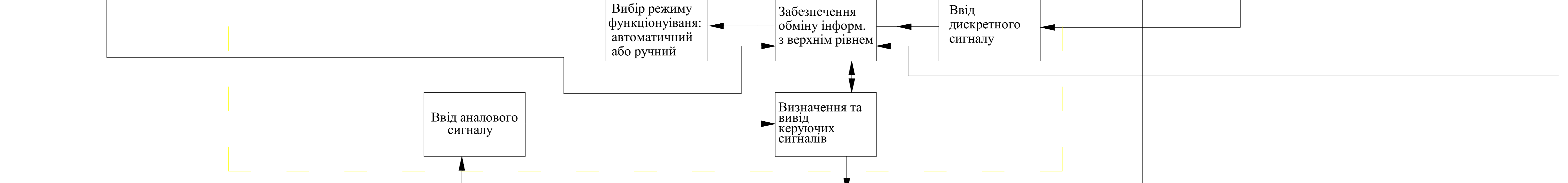
Позиція	Найменування та технічна характеристика обладнання та матеріалів. Завод-виробник (для імпортного обладнання - країна фірма)	Тип, марка обладнання. Позначення документа та №опитувального листа	Одиниця вимірювання		Код завода виробника	Код обладнання, матеріала	Ціна одиниці тис. грн	Кіль- кість	Вага одиниці облад- нання, кг
			Найменування ванія	Код					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
15-3,18-3	Пускчач безконтактний реверсивний. Напряга живлення 220 В	ПБР-2М						15	
7-3, 8-3	50 Гц. Максимальний комутуючий струм 4 А. Потужність								
9-3,10-3,11-3	живлення 10 В*А. Вхідний сигнал постійного струму 24±6 В.								
12-3,13-3,14-3	ООВ "Енергопром Україна"								
15-4	Виконавчий пристрій. Напряга живлення 220 В.	МЭ0-40/63-						1	
	"Чебоксарський завод механіки та електроніки"	0,25-82							
7-18-19-1	Датчик для виміру температури поверхні твердих тіл, діпазон	ТХКВ-2088-05						9	
10-11-112-1	вимірювання температури від -40° до 400°С. Виробник "Энком"								
13-114-118-1									
15-1	Датчик для вимірювання температури рідини. Виробник "Энком"	ТХКВ-2088-01						1	
5-1,6-1	Оптоелектричний датчик контролю АР, спрацювання на PNP	OPTO BERO 3RG 7013-7AB00						2	
16-1	Інкрементний кодуючий пристрій Incremental Encoder.	GI 355						1	
	Програмований логічний контролер PLC Simatic. Siemens AG	S7-300						1	
	Сенсорна панель оператора Siemens AG	OP 17/DP-12						1	

КОНТРОЛЬ ЗА ХОДОМ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ

Підсистема контролю за станом об'єкта



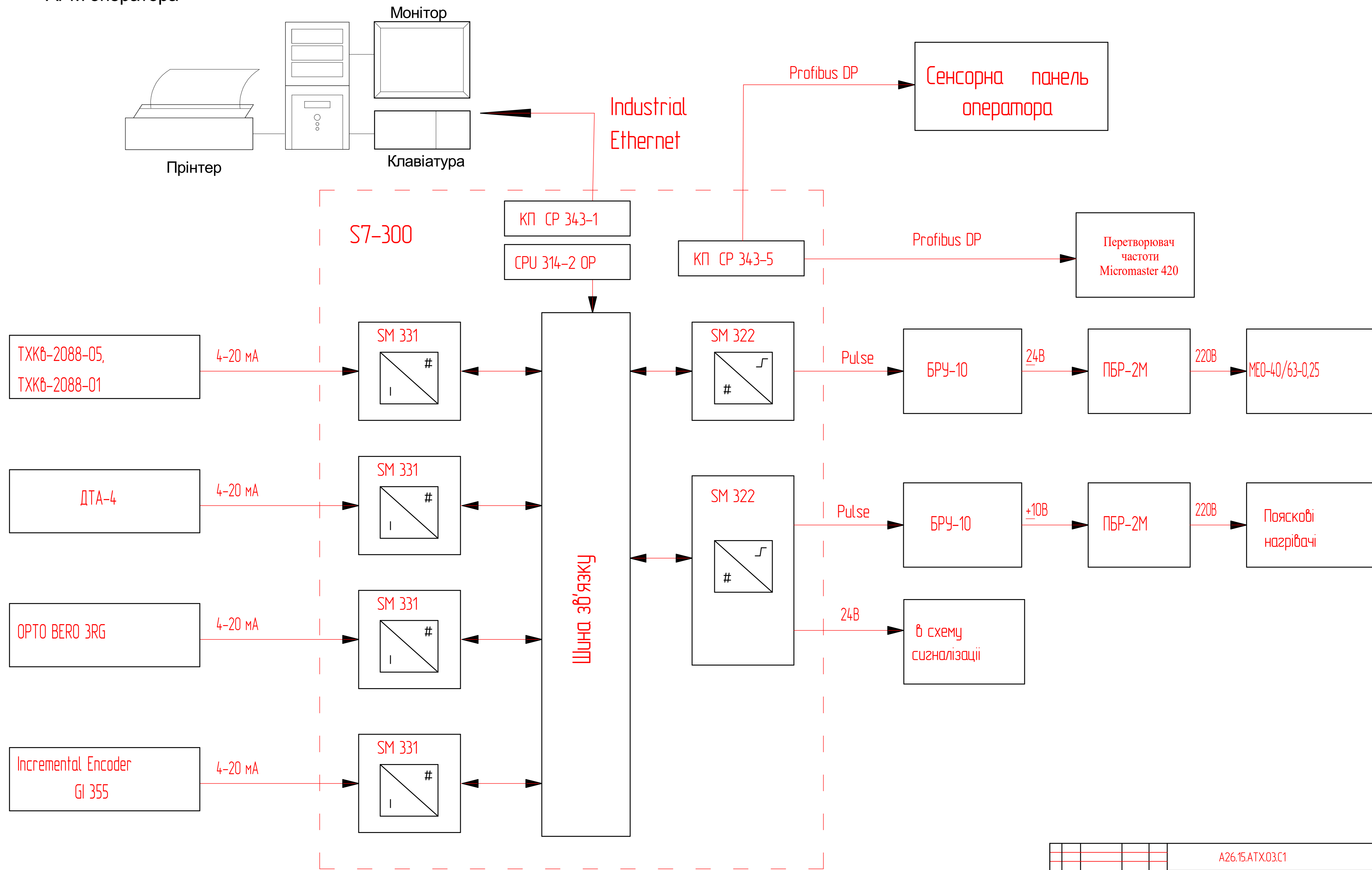
Підсистема локального автоматизованого керування



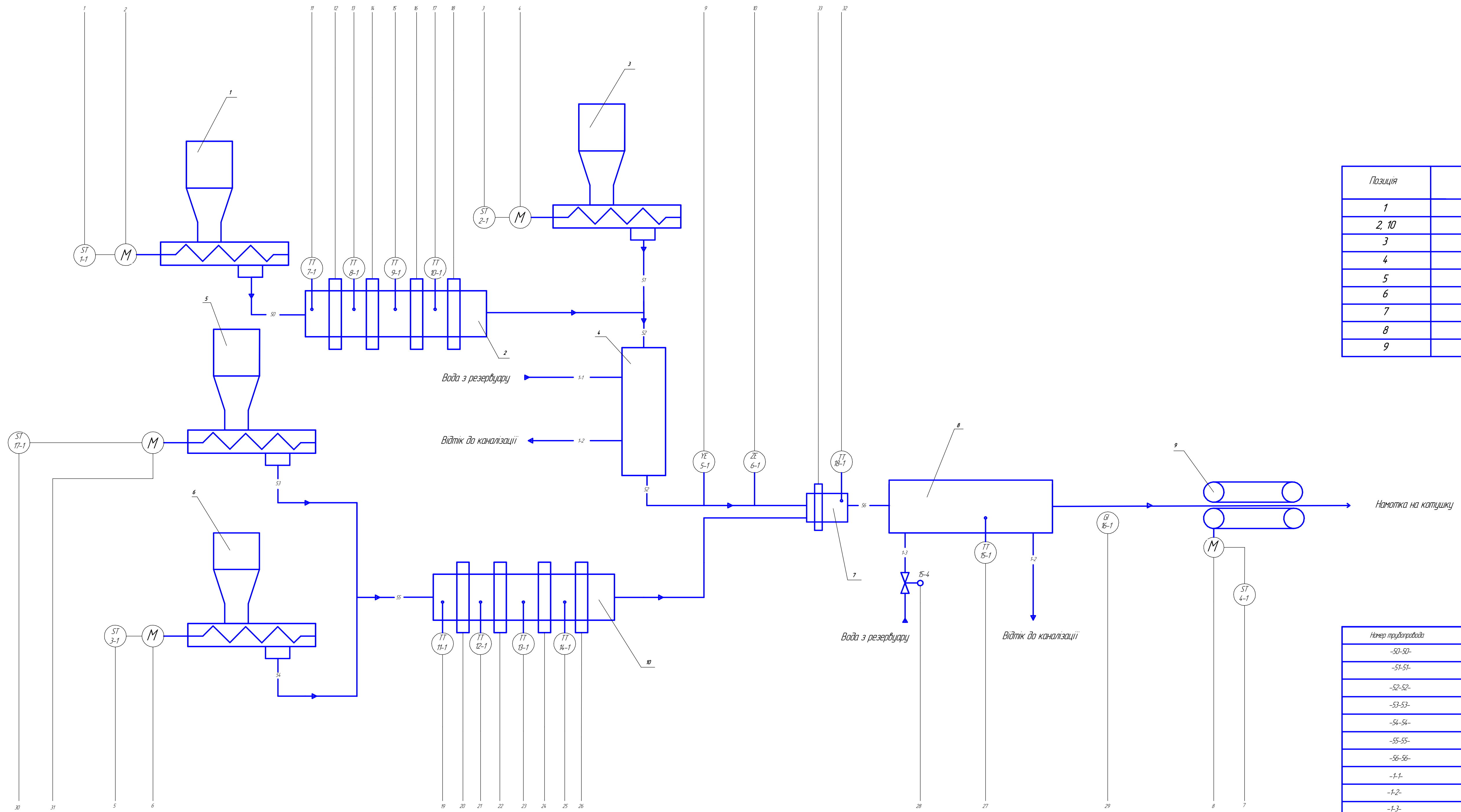
A26.15.ATX.01C2				Лист			Листів			1		
Взм. Лист	№ док.м.	Подп.	Дата	Розробка функціональної та технічної структур АСКТП виготовлення сурлінової трубки								
Розроб.	Гуданов А.В.			Лист								
Проб.	Тітова О.В.			Листів								
Т.контр.	Чернецький Є.В.			1								
Н.контр.	Чернецький Є.В.			Схема функціональної структури								
Утв.	Левчук Л.Л.			УДІУНТ ННІ УДХТУ Кафедра КІТтаР ст.гр. 4-АВІТ-22 Формат А1								

Місц. № подачі: Підп. і дата: Взам. шифр. №: Маш. № ввід. №: Спроб. №: Перш. примірник.

технолога
АРМ оператора-



A26.15.ATX.03.C1				
№	Лист	№ докум.	Підпис	Дата
Висновок	Завора ІМ			
Презент.	Тимова ОВ			
Технік	Черницький ЄВ			
Н. констр.	Черницький ЄВ			
Замб.	Левчук ІЛ			
Розробка функціональної та технічної структури АСКТП виготовлення сирникової тирочки				Листів 1
Схема структурна КТЗ				Лист 1
УДНТ ІН УОХТЗ Коф. КТІмР				Листів 1
зр. 4-АВЛ-22				



Позиція	Найменування	Кіл.	Прим.
1	Шнековий живильник сурлина	1	
2, 10	Поясковий нагрівач	2	
3	Шнековий живильник AP	1	
4	Вертикальна охолоджувача камера	1	
5	Шнековий живильник барвника	1	
6	Шнековий живильник OKITEN 245A	1	
7	Змишувальний поясковий нагрівач	1	
8	Горизонтальна охолоджувача камера	1	
9	Протяжний пристрій	1	

Номер трубопроводу	Матеріальний потік
-50-50-	Сурлин
-51-51-	Активна речовина
-52-52-	Сурмедя трубка з AP
-53-53-	Барвник
-54-54-	Okiten 245A
-55-55-	Okiten 245A з барвником
-56-56-	Готовий продукт - хлориди
-1-1-	Вода охолоджувача
-1-2-	Вода відпрацьована
-1-3-	Вода підарта

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	
SIMATIC ST 300	Місцеві пристрої		SY 1-2	SY 2-2	SY 3-2	SY 4-2					NS 7-3	NS 8-3	NS 9-3	NS 10-3	NS 11-3	NS 12-3	NS 13-3	NS 14-3	NS 15-3	NS 16-3	NS 17-3	NS 18-3	NS 19-3	NS 20-3	NS 21-3	NS 22-3	NS 23-3	NS 24-3	NS 25-3	NS 26-3	NS 27-3	NS 28-3	NS 29-3	NS 30-3	
	Щит автоматики										HE 7-2	HE 8-2	HE 9-2	HE 10-2	HE 11-2	HE 12-2	HE 13-2	HE 14-2	HE 15-2	HE 16-2	HE 17-2	HE 18-2	HE 19-2	HE 20-2	HE 21-2	HE 22-2	HE 23-2	HE 24-2	HE 25-2	HE 26-2	HE 27-2	HE 28-2	HE 29-2	HE 30-2	
	Відображення																																		
	Регістрація																																		
	Регулювання																																		
Сигналізація																																			
Логічне керування																																			

A26.15.ATX.02.C3

Всес	Лист	№ докум	Вид	Дата	Розробка функціональної та технічної структури АСКТП виготовлення сурлинної трубки			Стан	Лист	Листів
Розробник	Задоро ІМ				Схема автоматизації			ДП	1	1
Перевірив	Тимова ОВ									
Технік	Червоний ЄВ									
Начальник	Червоний ЄВ									
Зроб	Левчук ДІ									

УДІАНТ ННІ УДХТУ
Кордони НІТМІР
ст. ар. 4-НВР-22