

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ІНЖЕНЕРНИЙ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ  
ім. Ю.М. ПОТЕБНІ

Кафедра електричних машин та електронних систем  
(повна назва кафедри)

**Кваліфікаційна робота (проект)**

першого (бакалаврський)  
(рівень вищої освіти)

на тему Проект автоматизації асинхронної  
машини в умовах асинхронного ПЧД "Запоріжсталь";  
система автоматичного регулювання подачі штифта  
автоматизації.

Виконав: студент 4 курсу, групи G.1510  
спеціальності 151 "Автоматизація та  
комп'ютерно-інтегрована технологія"  
(код і назва спеціальності)

спеціалізації \_\_\_\_\_  
(код і назва спеціалізації)

освітньої програми Автоматизація та  
комп'ютерно-інтегрована технологія  
(назва освітньої програми)

Колесник В. А.  
(ініціали та прізвище)

Керівник к.т.н. Барішечко О.М.  
(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

Рецензент директор ТОВ "Електротехніка"  
(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

Курілець С.Р.

Запоріжжя 2024

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ІНЖЕНЕРНИЙ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ  
ім. Ю.М. ПОТЕБНІ

Кафедра електричної міцності та кінетричних систем  
Рівень вищої освіти перший (бакалаврський)  
Спеціальність 151. Автоматизація та комп'ютеризовані технології

Спеціалізація \_\_\_\_\_

Освітня програма Автоматизація та комп'ютеризовані технології

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Завідувач кафедри \_\_\_\_\_  
« 17 » \_\_\_\_\_ 20 19 року

**ЗАВДАННЯ**  
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ (ПРОЕКТ) СТУДЕНТОВІ (СТУДЕНТЦІ)

Колесніку Дмитру Андрійовичу  
(прізвище, ім'я, по батькові)

1 Тема роботи (проекту) Проект автоматизації апаратної машини в умовах апаратної АТ, закориставши систему автоматичної регуляції подачі шпальт на апаратні керівник роботи к.т.н. Варішечко О.М.

затверджені наказом ЗНУ від « \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 \_\_\_\_\_ року № \_\_\_\_\_

2 Строк подання студентом роботи \_\_\_\_\_

3 Вихідні дані до роботи технологічні інструкції, взяті з джерела, технічна документація.

4 Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) аналіз існуючої рвч автоматизації;

розробка технічної задачі та проекту системи автоматизації;

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

схемні рішення системи автоматизації, принцип електричної схеми, логічного-комунікаційна схема, з'єднання вихідних шпальт, схема з'єднання з'єднань

## 6 Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання вклад	завдання прийняв
1	доц. Варішечко О.М.		
2	доц. Варішечко О.М.		
3	доц. Варішечко О.М.		
4	доц. Варішечко О.М.		
5	доц. Варішечко О.М.		
6	доц. Варішечко О.М.		
7,8	доц. Варішечко О.М.		

7 Дата видачі завдання 15.04.2024 р.

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Сроч виконання етапів роботи	Пройдено
1.	Оцінка технологічного процесу	15.04.2024	виконано
2.	Розробка технічного завдання	23.04.2024	виконано
3.	З'ясування СІ апаратури	25.04.2024	виконано
4.	Розробка технічного завдання	05.05.2024	виконано
5.	Ліцензійні умови заводу автомобіля	10.05.2024	виконано
6.	Визначення і опис технологічного процесу	23.05.2024	виконано
7.	Розрахунок техніко-експлуатаційних показників	10.06.2024	виконано
8.	Зігнотова до закінчення	17.06.2024	виконано

Студент енуадеф О.А. Колесник  
(підпис) (ініціали та прізвище)Керівник роботи (проекту)  О.М. Варішечко  
(підпис) (ініціали та прізвище)

Нормоконтроль пройдено

Нормоконтролер  І.А. Обличенкова  
(підпис) (ініціали та прізвище)

## Реферат

Пояснювальна записка дипломного проекту на тему: «Проект автоматизації агломераційної машини в умовах аглофабрики або ПАТ «Запоріжсталь». Система автоматичного регулювання подачі шихти на аглострічку» включає в себе 81 сторінку машинописного тексту, 5 рис., 14 табл. та 17 найменувань переліку посилань.

Метою даної дипломної роботи є розробка проекту автоматизації агломераційної машини в умовах аглофабрики ПАТ «Запоріжсталь» з впровадженням системи автоматичного регулювання подачі шихти на аглострічку

У загальній частині дана характеристика технології виробництва агломерату, була описана конструкторська агломашини та процес спікання агломераційної шихти на аглоамашині. Існуючий рівень автоматизації також було розглянуто у загальній частині.

У спеціальній частині була розроблена функціональна схема автоматизації подачі шихти на аглострічку, принципова електрична, монтажно-комутаційна схема, спроектовано щит КВПіА та обрані технічні засоби автоматизації.

У розділі охорони праці проведений аналіз небезпечних та шкідливих факторів

В економічній і організаційній частині проведений розрахунок собівартості агломерату та економічного ефекту від впровадження системи автоматизації.

АГЛОМЕРАЦІЯ, АВТОМАТИЗАЦІЯ, АГЛОСТРІЧКА, ПРОЄКТ АВТОМАТИЗАЦІЇ, ЕЛЕКТРИЧНА СХЕМА, ЩИТ, ФУНКЦІОНАЛЬНА СХЕМА, МІКРОКОНТРОЛ

## Зміст

Вступ.....	8
1 Огляд технологічного процесу агломерації .....	10
1.1.1 Підготовка сировини.....	10
1.1.2 Подача сировини на агломераційну машину .....	10
1.1.3 Процес агломерації .....	10
1.1.4 Охолодження та утворення агломерату.....	11
1.1.5 Контроль та управління процесом .....	11
1.1.6 Отримання готового продукту.....	11
1.2 Автоматизація та управління .....	11
1.3 Опис агломераційної машини та процесу агломерації .....	12
1.3.1 Агломераційна машина .....	12
1.3.2 Конструкція агломераційної машини .....	13
1.3.3 Види агломераційних машин.....	14
1.4 Види сировини та її підготовка .....	16
1.5 Основні етапи процесу агломерації .....	18
1.6 Проблеми та особливості технологічного процесу агломерації .....	23
2 Розробка технічного завдання .....	29
2.1 Назначення та цілі створення АСУТП.....	29
2.2 Цілі створення АСУТП.....	29
2.3 Об'єкти на підприємстві .....	30
2.4 Технічні вимоги до АСУТП.....	31
2.4.1 Вимоги до структури та функціонування системи.....	31
2.4.3 Вимоги до верхнього рівня АСУТП .....	32
2.4.4 Вимоги до надійності.....	33
2.4.5 Вимоги до захисту інформації від несанкціонованого доступу.....	34
2.5 Вимоги до видів забезпечення .....	35
2.5.1 Вимоги до програмного забезпечення .....	35

2.5.2	Вимоги до метрологічного забезпечення .....	35
2.6	Передпускові випробування АСУТП на об'єкті .....	37
3	Проектування системи автоматизації агломашини .....	38
3.1	Проектування функціональної структури системи автоматизації (СА) агломашини.....	38
3.2	Визначення принципів управління по кожному технологічному параметру .....	41
3.3	Вибір та обґрунтування технічних засобів нижнього рівня СА агломашини.....	44
3.3.1	Первинні перетворювачі, нормуючі пристрої, вторинні прилади ..	44
3.3.2	Вибір контролеру та його компонування .....	47
4	Розробка технічної документації.....	53
4.1	Функціональна схема автоматизації системи управління заданим технологічним процесом .....	53
4.2	Принципова електрична схема .....	54
4.3	Схема матеріальних та інформаційних потоків агломашини .....	54
4.4	Монтажна комутаційна схема щита КВПіА.....	55
4.5	Зовнішній вигляд щита .....	56
5	Розрахунок надійності системи атоматизації агломашини .....	58
6	Замовна специфікація на весь комплекс технічних засобів системи автоматизації.....	65
7	Організаційне забезпечення системи автоматизації та розрахунок технікокеономічних показників.....	66
7.1	Організаційне забезпечення системи автоматизації .....	66
7.2	Розрахунок техніко-економічних показників .....	67
7.3	Розрахунок одноразових витрат АСУ .....	67
7.4	Розрахунок експлуатаційних витрат на функціонування АСУ.....	70
7.5	Розрахунок очікуваної економії від впровадження АСУ .....	71
8	Техніка безпеки та охорона праці.....	74
8.1	Засоби попередження.....	74

8.2 Шкідливі та небезпечні фактори у виробничій сфері .....	75
8.3 Захист працівників від небезпечних речовин .....	76
8.4 Законодавчі вимоги.....	77
Висновок .....	78
Перелік посилань.....	80

## Вступ

Автоматизація виробничих процесів є одним з основних напрямків розвитку сучасної промисловості. Зокрема, у металургійній галузі, де важливість оптимізації та підвищення ефективності технологічних процесів не може бути переоцінена, автоматизація забезпечує не лише зниження витрат, але й підвищення якості продукції, покращення екологічної ситуації та підвищення безпеки праці. Агломераційна машина, як ключовий елемент аглофабрики, відіграє критичну роль у підготовці сировини для подальшої плавки в доменних печах. Таким чином, проєкт автоматизації агломераційної машини є надзвичайно актуальним і перспективним завданням.

Підприємство ПАТ «Запоріжсталь» є одним із провідних металургійних заводів України, і його ефективність значною мірою залежить від рівня автоматизації виробничих процесів. Проєкт впровадження системи автоматичного регулювання подачі шихти на аглострічку дозволить значно підвищити продуктивність і стабільність роботи агломераційної машини, що в свою чергу сприятиме підвищенню якості агломерату та зниженню витрат.

Метою даної дипломної роботи є розробка проєкту автоматизації агломераційної машини в умовах аглофабрики ПАТ «Запоріжсталь» з впровадженням системи автоматичного регулювання подачі шихти на аглострічку. Для досягнення цієї мети були поставлені наступні завдання:

- провести аналіз існуючих технологічних процесів агломерації та обладнання, що використовується на підприємстві ПАТ «Запоріжсталь» ;
- розробити модель системи автоматичного регулювання подачі шихти на аглострічку ;
- визначити вимоги до апаратного та програмного забезпечення системи автоматизації ;



- виконати техніко-економічне обґрунтування доцільності впровадження розробленої системи ;
- оцінити вплив впровадження системи автоматизації на продуктивність та якість агломерату ;
- розробити заходи з техніки безпеки та охорони праці при експлуатації нової системи ;

Об'єктом дослідження є агломераційна машина аглофабрики ПАТ «Запоріжсталь», що виконує процес підготовки шихти для доменного виробництва. Предметом дослідження є система автоматичного регулювання подачі шихти на аглострічку, яка забезпечує оптимізацію технологічного процесу агломерації.

У роботі використовувалися загальнонаукові методи дослідження, такі як аналіз, синтез, моделювання, порівняння, а також спеціальні методи, що включають технічні розрахунки, економічний аналіз та комп'ютерне моделювання. Дані для дослідження отримані з відкритих джерел, технічної документації підприємства, а також результатів власних вимірювань та експериментів.

Наукова новизна дослідження полягає в розробці та впровадженні нової системи автоматичного регулювання подачі шихти на аглострічку, що базується на сучасних технологіях автоматизації та комп'ютерного моделювання. Практична значущість роботи полягає у підвищенні ефективності та стабільності процесу агломерації на підприємстві ПАТ «Запоріжсталь», що забезпечить покращення якості агломерату, зниження виробничих витрат та підвищення конкурентоспроможності підприємства на ринку металургійної продукції.

# 1 Огляд технологічного процесу агломерації

## 1.1 Конструкція агломашини та її технологічний процес

Агломерація є важливим етапом виробництва чавуну та сталі, оскільки вона забезпечує створення оптимальних умов для подальшої переробки сировини у високій печі. Технологічний процес агломерації складається з декількох ключових етапів, які детально розглянемо нижче.

### 1.1.1 Підготовка сировини

Сировина, така як залізна руда, концентрати, шлаки та інші вторинні матеріали, піддається попередній підготовці для отримання оптимального складу шихти.

Підготовка може включати подрібнення, сортування, збагачення та сумішування різних видів сировини для отримання необхідних характеристик.

### 1.1.2 Подача сировини на агломераційну машину

Після підготовки сировину подають на агломераційну машину, де вона буде піддана процесу агломерації.

### 1.1.3 Процес агломерації

Сировину розподіляють на поверхні барабана або диска агломераційної машини.

Гаряче повітря подається через перфоровану стінку барабана або диска, підігріваючи сировину до необхідних температур для процесу агломерації.

Під впливом гарячого повітря та руху обертового елемента (барабана або диска) сировина спікається та формує агломерат.

#### 1.1.4 Охолодження та утворення агломерату

Після завершення процесу агломерації агломерат охолоджується, фіксуючи його структуру та форму.

Утворений агломерат може бути відсіяний або подрібнений на необхідний розмір для подальшого використання.

#### 1.1.5 Контроль та управління процесом

Під час всього процесу агломерації проводиться контроль різних параметрів, таких як температура, швидкість обертання барабана або диска, швидкість подачі сировини та інші.

Застосування сучасних систем автоматизації дозволяє автоматично контролювати та регулювати процес агломерації з метою забезпечення оптимальних умов та підтримки необхідних параметрів.

#### 1.1.6 Отримання готового продукту

Після завершення процесу агломерації готовий агломерат може бути використаний у високій печі для отримання чавуну та сталі або ж в інших металургійних процесах.

Такий огляд технологічного процесу агломерації допомагає зрозуміти послідовність та важливість кожного етапу цього процесу у виробництві металургійних матеріалів.

### 1.2 Автоматизація та управління

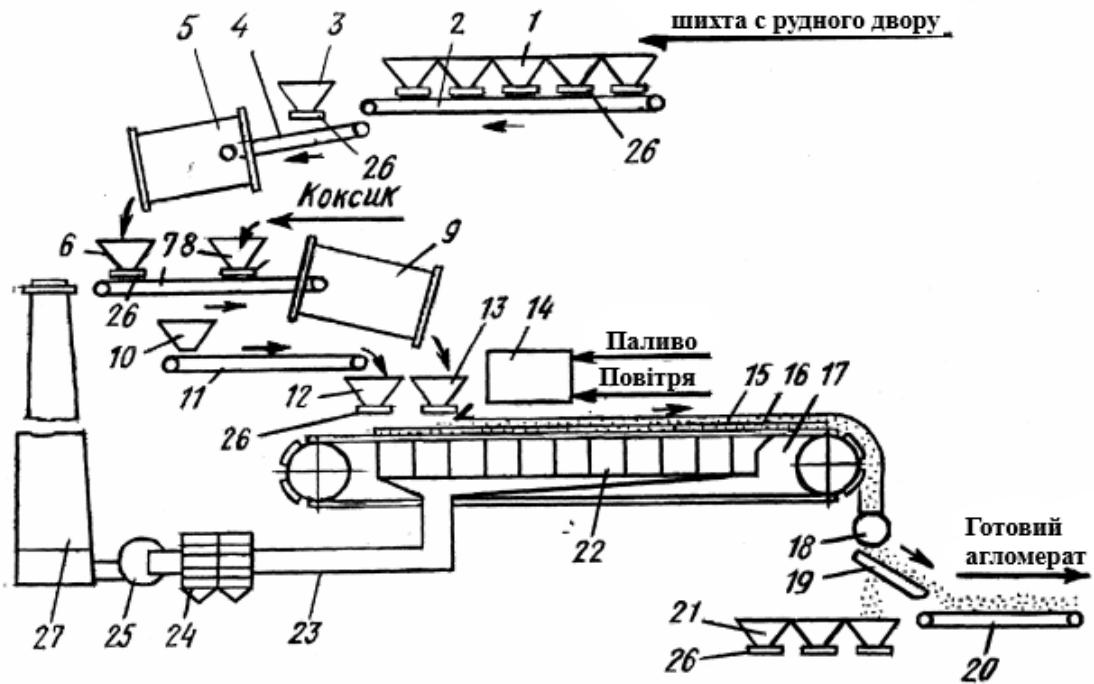
Сучасні агломераційні машини зазвичай оснащені передовими системами автоматизації та управління. Ці системи включають в себе датчики, контрольні панелі та програмне забезпечення, яке дозволяє операторам моніторити та контролювати кожний аспект процесу агломерації.

Наприклад, системи автоматичного регулювання можуть контролювати температуру, швидкість подачі сировини, рівень вологості та інші параметри для забезпечення оптимальних умов агломерації. Це дозволяє підтримувати стабільність процесу та знижує вплив людського фактора на якість продукції.

### 1.3 Опис агломераційної машини та процесу агломерації

#### 1.3.1 Агломераційна машина

Агломераційна машина - це важливе обладнання в металургійному виробництві, спроектоване для формування агломерату з різних сировинних матеріалів, таких як залізна руда, концентрати, шлаки та інші вторинні продукти. Основною метою агломераційної машини є створення пористої маси (агломерату), яка потім буде використана в доменному процесі для отримання чавуну та сталі



- 1 - приймальний бункер; 2,4 – транспортні конвеєри; 3,6,8 - бункери;  
 5- барабан-змішувач; 7,11,20 - транспортер; 9 – барабан-окомковувач;  
 10 – приймальний бункер; 12,13 – проміжний бункер; 14 – горн; 15- шихта;  
 16 – прошарок з більшою газопроникністю; 17- агломашина; 18 – дробарка;  
 19 - грохот; 21 – бункер для возврату; 22- вакуум-камери; 23 - колектор;  
 24 - циклон; 25 - ексгаустер; 26 – живильник; 27 – труба

Рисунок 1.1 – Загальний вигляд агломашини, де

### 1.3.2 Конструкція агломераційної машини

Агломераційна машина складається з кількох основних компонентів:

**Барабан або диск:** Це головний елемент агломераційної машини. Барабан або диск можуть обертатися, що дозволяє рівномірно розподіляти сировину та сприяти процесу агломерації. У барабані або диску розміщена перфорована стінка, через яку подається гаряче повітря.

**Система нагрівання:** Гаряче повітря подається в агломераційну машину через перфоровану стінку барабана або диска. Це дозволяє

підігрівати сировину до необхідних температур для активізації процесу агломерації.

Система подачі сировини: Сировину подають на агломераційну машину через спеціальні системи, які можуть варіюватися в залежності від конкретної конструкції машини. Це може бути здійснено гравітаційними або механічними способами.

Система охолодження: Після процесу агломерації агломерат потрібно охолодити, щоб фіксувати його структуру та уникнути деформацій. Для цього в агломераційних машинах використовуються системи охолодження, такі як водяні душі або вентиляційні системи.

Контрольна та управляюча система: Сучасні агломераційні машини оснащені комп'ютеризованими системами управління, які дозволяють моніторити та контролювати різні параметри процесу, такі як температура, швидкість обертання барабана або диска, швидкість подачі сировини та інші.

Агломераційні машини можуть бути різних розмірів та масштабів в залежності від потреб виробництва та обсягу виробництва на металургійному підприємстві. До важливих параметрів, що впливають на ефективність роботи агломераційної машини, входять режими нагріву та охолодження, швидкість обертання барабана або диска, а також система подачі сировини. Оптимальне налаштування цих параметрів дозволяє досягти високої продуктивності та якісного агломерату.

### 1.3.3 Види агломераційних машин

Існує кілька типів агломераційних машин, які використовуються в металургійному виробництві. Основні з них включають:

Барабанні агломераційні машини: Вони використовуються для формування агломерату за допомогою обертання перфорованого барабана. Сировину нагрівають гарячим повітрям та подають на внутрішню поверхню барабана, де вона спікається та формує агломерат.

Дискові агломераційні машини: У цих машинах сировину подають на рухливий диск, який також обертається. Спікання сировини відбувається на поверхні диска, що дозволяє формувати агломерат.

Вібраційні агломераційні машини: Ці машини використовують вібрацію для змішування та компактування сировини, що призводить до утворення агломерату.

Роликові агломераційні машини: У цих машинах сировину прокочують через ролики, що дозволяє стиснути її та утворити агломерат.

#### 1.3.4 Інновації та автоматизація

Сучасні тенденції включають в себе впровадження інноваційних технологій та систем автоматизації для підвищення ефективності та контролю процесу агломерації. Це можуть бути автоматичні системи моніторингу та управління, вдосконалені методи нагріву та охолодження, а також використання передових матеріалів для підвищення зносостійкості та тривалості експлуатації агломераційних машин.

Загалом, агломераційні машини є важливим елементом металургійного виробництва, які забезпечують процес формування агломерату з сировини. Їхній правильний вибір, налаштування та ефективна експлуатація відіграють критичну роль у забезпеченні стабільності та ефективності виробництва на металургійному підприємстві.

#### 1.3.5 Процес агломерації

Процес агломерації розпочинається з підготовки сировини, яка потім подається на агломераційну машину. Сировину, таку як залізна руда, концентрати, шлаки та інші вторинні матеріали, піддають попередній підготовці та суміші для отримання оптимального складу шихти. Після цього сировина подається на агломераційну машину, де під впливом гарячого повітря та обертання барабана або диска відбувається процес агломерації, і сировина перетворюється в агломерат.

### 1.3.6 Система автоматичного регулювання подачі шихти

У рамках проєкту автоматизації агломераційної машини для ПАТ "Запоріжсталь" розробляється система автоматичного регулювання подачі шихти на аглострічку. Ця система буде відповідати за контроль та регулювання процесу подачі сировини на агломераційну машину з метою оптимізації витрат матеріалів, підвищення продуктивності та забезпечення стабільності процесу агломерації.

Система автоматичного регулювання буде включати в себе датчики, які моніторитимуть рівень сировини на вході, температуру та інші важливі параметри. На основі отриманих даних система буде автоматично регулювати швидкість подачі сировини, забезпечуючи оптимальні умови для процесу агломерації. Крім того, система буде мати можливість автоматично виявляти та коригувати будь-які відхилення від заданих параметрів, що дозволить уникнути потенційних проблем та забезпечити стабільну роботу обладнання.

## 1.4 Види сировини та її підготовка

Сировина, що використовується в процесі агломерації, може бути різноманітною за складом та фізичними властивостями. Основні види сировини, які зазвичай використовуються, включають:

- руда заліза:

Джерело заліза: Руда заліза є основним джерелом заліза для виробництва сталі. Вона може бути видобута з різних родовищ по всьому світу.

Склад та фізичні властивості: Склад руди заліза може варіюватися в залежності від її джерела. Вона може містити залізо у різних хімічних сполуках, таких як оксиди, сульфідні або карбідні. Фізичні властивості руди



також можуть відрізнятися, включаючи кольори, твердість та магнітні властивості.

Підготовка до агломерації: Руда заліза піддається підготовці перед агломерацією. Це включає подрібнення руди до необхідного розміру частинок, а також можливу магнітну сепарацію для видалення неважких домішок.

- концентрати заліза:

Високоякісний продукт: Концентрати заліза є високоякісним продуктом, який отримується з руди заліза після різних процесів обробки, таких як флотація або магнітна сепарація.

Склад та властивості: Концентрати заліза мають високий вміст заліза та зазвичай містять мінімальні кількості неважких домішок. Їхня однорідність та висока чистота дозволяють ефективно використовувати їх у виробництві сталі.

- пелети залізної руди:

Оптимальний розмір та форма: Пелети залізної руди є спеціально підготовленими формами руди заліза. Вони мають оптимальний розмір та форму для ефективної агломерації та подальшого використання в процесі плавлення.

Виробництво пелетів: Виробництво пелетів зазвичай включає гранулювання руди заліза з додаванням в'язуючих матеріалів, таких як вода або біндери, після чого вони сушаться та обпалюються у спеціальних печах.

- доменні шлаки та пил:

Вторинна сировина: Доменні шлаки та пил утворюються під час виробництва чавуну та сталі в доменних печах. Ці матеріали можуть бути зібрані та використані у виробництві агломератів для підвищення якості та властивостей готових продуктів.

Кожен з цих видів сировини має свої особливості та вимоги до підготовки, а також впливає на якість та характеристики готових

агломератів. Оптимальний вибір сировини залежить від виробничих умов, технічних можливостей та вимог якості продукції.

### 1.5 Основні етапи процесу агломерації

Процес агломерації на ПАТ "Запоріжсталь" включає наступні основні етапи:

Підготовка сировини на ПАТ "Запоріжсталь" перед агломерацією - це складний процес, який включає ряд кроків, щоб забезпечити оптимальні умови для подальшої обробки та формування агломератів. Давайте розглянемо детальніше кожен з цих кроків:

**Дроблення:** Перший етап - дроблення сировини, яке може включати в себе використання різноманітного обладнання для подрібнення великих кусків руди заліза та інших матеріалів на менші фрагменти. Це може виконуватися за допомогою дробарок, що руйнують крупні шматки сировини на менші частинки, що полегшує подальшу обробку.

**Подрібнення:** Після дроблення сировину можуть піддавати подрібненню для отримання більш дрібних фракцій. Цей процес допомагає досягти більш однорідного розміру частинок та підготувати матеріал для наступних етапів обробки.

**Сортування:** Після подрібнення сировину можуть сортувати за розміром, формою або іншими параметрами. Це допомагає відокремити бажані компоненти від небажаних домішок та підготувати матеріал для подальшої обробки.

**Сумішування:** Останнім етапом підготовки є сумішування різних фракцій сировини для отримання однорідної суміші з необхідними властивостями. Цей процес може виконуватися за допомогою спеціального обладнання, яке забезпечує ефективне перемішування матеріалу.

Ці кроки підготовки сировини є важливими для забезпечення оптимальних умов для подальшої агломерації та формування високоякісних

агломератів на ПАТ "Запоріжсталь". Кожен етап вимагає уваги та контролю, щоб забезпечити стабільність та якість продукції.

Додавання біндерів - це важливий аспект процесу агломерації, особливо в тих випадках, коли потрібно забезпечити певну міцність та стійкість готових агломератів. Додавання біндерів може бути корисним в таких випадках:

Покращення міцності: Біндери допомагають забезпечити краще зчеплення між частинками сировини, що сприяє формуванню більш міцних агломератів. Це особливо важливо у виробництві високоякісних сталевих виробів, де міцність матеріалу є критичною.

Підвищення стійкості: Деякі біндери можуть допомагати підвищити стійкість агломератів до руйнування під час транспортування та обробки. Це особливо актуально для великомасштабних виробництв, де агломерати перевозяться на значні відстані.

Забезпечення однорідності: Деякі біндери можуть допомагати забезпечити рівномірне розподілення і утримання частинок сировини, що сприяє однорідності складу агломератів. Це важливо для забезпечення стабільної якості продукції та уникнення відхилень в параметрах продукту.

Підвищення ефективності процесу: Деякі біндери можуть покращити ефективність процесу агломерації, зменшуючи втрати матеріалу та збільшуючи вихід якісного продукту. Це може призвести до зменшення витрат та підвищення прибутковості виробництва.

Вибір відповідного біндера та його оптимальних параметрів зазвичай залежить від конкретних вимог до готового продукту, технічних характеристик сировини та умов процесу агломерації. Біндери можуть бути додані до сировини на різних етапах процесу, від сумішування до формування агломератів, в залежності від виробничих потреб.

Під час міксування та змішування сировини та, при необхідності, біндерів досягається рівномірне розподілення всіх компонентів суміші. Цей

процес є важливим етапом перед формуванням агломератів, оскільки від його якості залежить однорідність та стабільність готового продукту.

Міксування може виконуватися за допомогою спеціальних міксерів, блендерів або інших обладнання для змішування. Під час цього процесу сировина та біндери додаватимуться у визначених пропорціях та послідовності, щоб забезпечити однорідне розподілення компонентів.

Розподілення компонентів залежить від рівномірного змішування, яке може впливати на якість та властивості готових агломератів. Тому важливо враховувати оптимальні параметри змішування, такі як швидкість, час та інтенсивність процесу, для досягнення бажаного результату.

Після завершення міксування суміш готова для подальшої обробки та формування агломератів. Якісне міксування забезпечує однорідність складу суміші, що впливає на якість та стабільність готового продукту під час процесу агломерації.

Після підготовки сировини та створення однорідної суміші компонентів відбувається процес формування агломератів. Цей етап може бути здійснений за допомогою двох основних методів: пресування та екструзії.

**Пресування:** Під час пресування суміш сировини стискається у спеціальних пресах або формах за допомогою великого тиску. Під впливом тиску частинки сировини спікаються разом, утворюючи агломерати з бажаними розмірами та формами. Преси можуть мати різну конфігурацію, що дозволяє виробляти агломерати різних форм та розмірів залежно від виробничих потреб.

**Екструзія:** У методі екструзії суміш сировини пропускається через спеціальні екструдери, де під впливом тиску та температури вона витісняється через отвори або трафарети з певною формою. Після виходу з екструдера агломерати можуть бути вирізані на потрібні розміри або відразу ж використовуватися як готові вироби.

Обидва методи мають свої переваги та застосування в залежності від характеристик сировини, вимог до готового продукту та технічних можливостей виробництва. Формування агломератів є ключовим етапом в процесі агломерації, оскільки від його якості та ефективності залежить кінцева якість та властивості готового продукту.

Після формування агломератів вони проходять етап сушіння, який є важливим для видалення надлишкової вологи та забезпечення стабільності продукту. Під час цього процесу агломерати піддаються впливу тепла та повітря, щоб швидко випаровувати вологу із їхньої структури.

У сучасних виробництвах для сушіння агломератів застосовуються спеціальні сушильні установки або сушильні барабани. Вони можуть мати різні конфігурації та режими роботи, включаючи конвекційне, вакуумне або інфрачервоне сушіння, в залежності від вимог до якості та продуктивності виробництва.

Під час сушіння важливо контролювати температуру та тривалість процесу, щоб уникнути перегріву або пересушування агломератів, що може призвести до втрати якості продукту. Крім того, дотримання оптимальних параметрів сушіння дозволяє забезпечити однорідність та стабільність продукту під час подальшого зберігання та використання.

Після завершення процесу сушіння агломерати готові до наступних етапів виробництва або використання в кінцевому продукті. Якісне сушіння допомагає забезпечити стабільність та якість продукту, що є важливим для успішного виробництва та задоволення вимог споживачів.

Після сушіння агломератів вони проходять через етап охолодження та відпочинку перед подальшою обробкою. Цей етап є важливим для забезпечення стабільності та якості продукту, а також для підготовки агломератів до наступних етапів виробництва. Під час охолодження та відпочинку відбуваються наступні процеси:

Охолодження: Агломерати, щойно вийняті з сушарки, піддаються процесу охолодження. Це може здійснюватися природним шляхом або за

допомогою спеціального обладнання, яке швидко охолоджує продукт до необхідної температури. Охолодження допомагає забезпечити стабільність агломератів та запобігти їхньому руйнуванню.

**Відпочинок:** Після охолодження агломерати можуть проходити етап відпочинку, де їм надається час для стабілізації та розслаблення. Це може допомогти знизити внутрішні напруги в матеріалі та покращити його механічні властивості.

**Контроль якості:** Під час охолодження та відпочинку може проводитися контроль якості агломератів. Це включає перевірку їхньої форми, розміру, вологовмісту та інших параметрів, щоб переконатися, що вони відповідають встановленим стандартам якості.

**Підготовка до наступних етапів обробки:** Охолодження та відпочинок також дозволяють підготувати агломерати до подальших етапів обробки, таких як упакування, транспортування або подальша обробка у виробництві сталі.

Охолодження та відпочинок - це важливі етапи в процесі виробництва агломератів, які допомагають забезпечити якість та стабільність продукту перед подальшою обробкою.

Після завершення процесу агломерації готові агломерати проходять етап упакування та складування, щоб забезпечити їхню збереженість та готовність до подальшого використання або транспортування. Цей етап включає наступні дії:

**Упакування:** Готові агломерати можуть бути упаковані в спеціальну упаковку для забезпечення їхньої захищеності та збереження від зовнішніх впливів під час транспортування та зберігання. Упаковка може бути виконана у вигляді мішків, контейнерів або інших типів упаковки залежно від типу та кількості агломератів.

**Маркування:** Після упакування на упаковці можуть бути нанесені маркування, які вказують на тип продукту, дату виробництва, виробника та іншу необхідну інформацію для ідентифікації та відстеження.

Складування: Упаковані агломерати складуються на спеціально обладнаних складських площадках. Ці склади зазвичай мають оптимальні умови зберігання, такі як вентиляція, захист від вологи та забезпечення стійкості. Готові агломерати можуть бути розміщені на складі згідно з вимогами та упорядкуванням, щоб забезпечити легкий доступ та ефективне управління запасами.

Контроль якості: Під час складування може проводитися контроль якості зразків агломератів, щоб переконатися в їхній відповідності стандартам якості та забезпечити стабільність продукції.

Упаковка та складування готових агломератів є важливими кроками в процесі виробництва, які допомагають забезпечити збереженість, безпеку та якість продукту до моменту його використання. Ці етапи дозволяють забезпечити високу якість та стабільність агломератів на ПАТ "Запоріжсталь" і грають ключову роль у виробництві сталі та інших металургійних продуктів.

## 1.6 Проблеми та особливості технологічного процесу агломерації

Процес агломерації, хоча і є важливим етапом виробництва сталі та інших металевих продуктів, може зустрічати деякі проблеми та особливості, які впливають на ефективність та якість продукції. Деякі з них включають:

- варіація властивостей сировини: Варіація властивостей сировини може стати значним фактором, який впливає на якість та однорідність готових агломератів. Ось деякі специфічні аспекти, які варто розглянути:

Хімічний склад: Різноманітність у хімічному складі руди заліза або доменних шлаків може призвести до великої різноманітності у складі суміші сировини для агломерації. Це може вплинути на реакції, що відбуваються під час процесу агломерації, і відповідно на якість готових агломератів.

Фізичні властивості: Властивості руди заліза, такі як розмір, форма та текстура частинок, можуть коливатися від одного джерела до іншого. Це може вплинути на процеси змішування та формування агломератів, що в свою чергу може вплинути на їхню міцність та якість.

Вологість: Вологість сировини є ще одним фактором, який може варіювати. Вологість може впливати на консистенцію суміші сировини та, відповідно, на процеси формування та сушіння агломератів.

Домішки та забруднення: Різноманітність домішок та забруднень у сировині може вплинути на якість готового продукту. Наприклад, наявність сірки або інших нечистот може спричинити проблеми з викидами часток та впливати на якість сталі, отриманої з агломератів.

Для подолання цих проблем важливо встановити систему контролю якості сировини, використовувати технології сортування та обробки, а також розробляти оптимальні рецептури для забезпечення стабільності процесу агломерації та якості готових продуктів.

- Недостатня однорідність складу суміші: Недостатня однорідність складу суміші може призвести до нерівномірності розподілу компонентів у агломератів. Це може мати наступні наслідки:

Нерівномірність якості продукції: Відмінності у складі суміші можуть призводити до змін у якості та властивостях готових агломератів. Наприклад, нерівномірний розподіл окремих складових може призвести до різниці у міцності та стійкості агломератів.

Недостатня стабільність процесу: Нерівномірність складу суміші може ускладнити контроль та регулювання процесу агломерації. Наприклад, нерівномірне змішування може призвести до недостатньої реакції з біндерами, що може вплинути на якість та стійкість агломератів.

Збільшення відходів: Нерівномірність складу може призвести до великих відхилень у властивостях окремих партій агломератів. Це може призвести до збільшення кількості відходів та витрат на виробництво.



Для подолання цих проблем важливо вдосконалювати процеси змішування та міксування, використовувати високоякісне обладнання, яке забезпечує рівномірне розподілення компонентів, а також встановлювати системи контролю якості для виявлення та корекції відхилень у складі суміші.

- Проблеми з формуванням агломератів: Проблеми з формуванням агломератів можуть виникнути з різних причин і мати значний вплив на якість та стійкість готових продуктів. Ось деякі можливі причини та наслідки цих проблем:

Недостатня якість сировини: Якість вихідної сировини може бути ключовим фактором у формуванні агломератів. Нерівномірність або непридатність сировини може призвести до утворення нестійких або слабких агломератів.

Недостатня консистенція суміші: Неправильна консистенція суміші, занадто суха або занадто волога, може ускладнити процес формування агломератів. Суха суміш може не прикріплюватися добре, тоді як занадто волога може призвести до розпаду агломератів.

Проблеми з обладнанням: Неправильно налаштоване або несправне обладнання для формування агломератів може призвести до нерівномірного стиснення або формування агломератів, що впливає на їхню міцність та стійкість.

Недостатність біндерів: Недостатність або неправильний вибір біндерів може призвести до недостатнього зв'язування компонентів суміші та низької міцності агломератів.

Недоліки у формуванні агломератів можуть виявитися як проблеми виробництва та вплинути на якість та стійкість готових продуктів. Для уникнення цих проблем важливо удосконалювати процеси підготовки сировини, контролювати параметри обробки та налаштовувати обладнання для оптимального формування агломератів.

- Неefективне використання енергії: неefективне використання енергії є серйозною проблемою в процесі агломерації, яка може мати кілька наслідків:

Збільшення витрат на виробництво: Якщо методи агломерації вимагають значних енергетичних витрат, це може призвести до збільшення загальних витрат на виробництво. Високі енергетичні витрати можуть вплинути на загальну вартість продукції і, в кінцевому підсумку, на конкурентоспроможність підприємства.

Негативний вплив на екологію: Велика споживана енергія також може мати негативний вплив на навколишнє середовище. Виробництво енергії часто пов'язане з викидами парникових газів та іншими небажаними емісіями, що сприяють змінам клімату та іншим середовищевим проблемам.

Неefективне використання ресурсів: Великі енергетичні витрати також можуть вказувати на неefективне використання ресурсів. Це може стосуватися як використання палива або електроенергії, так і інших ресурсів, необхідних для виробництва.

Для розв'язання цієї проблеми важливо шукати методи агломерації, які вимагають меншої кількості енергії або використовують відновлювальні джерела енергії. Також можна шукати способи оптимізації процесів та використання енергії, щоб зменшити втрати та підвищити загальну енергоефективність виробництва.

- Відходи та втрати матеріалу: проблема відходів та втрат матеріалу є серйозною в контексті агломерації і може мати наступні наслідки:

Збільшення витрат на виробництво: Втрати сировини під час процесу агломерації можуть призвести до збільшення загальних витрат на виробництво. Це може стати причиною збільшення витрат на закупівлю додаткової сировини, а також витрат на утилізацію відходів.

Негативний вплив на екологію: Великі кількості відходів можуть мати негативний вплив на навколишнє середовище. Це може включати

забруднення ґрунту, повітря та водних ресурсів, а також створення небезпечних відходів.

**Втрати ресурсів:** Втрати сировини під час процесу агломерації означають втрату цінних ресурсів. Це може включати втрату корисних металів та інших матеріалів, що мають високу цінність або обмежену доступність.

**Зменшення продуктивності:** Втрати матеріалу можуть також призвести до зменшення продуктивності виробництва. Великі втрати можуть знизити виробничі обсяги та призвести до нестабільності процесів виробництва.

Для вирішення цієї проблеми важливо вдосконалювати технології та процеси обробки, щоб зменшити втрати матеріалу та мінімізувати втрати сировини. Також важливо впроваджувати системи управління відходами та використовувати методи переробки та використання відходів для мінімізації негативного впливу на екологію.

**Необхідність у високих витратах на обслуговування та ремонт обладнання:** необхідність у високих витратах на обслуговування та ремонт обладнання є серйозною проблемою для підприємств, що займаються агломерацією. Ось деякі наслідки цієї проблеми:

**Збільшення витрат на виробництво:** Високі витрати на обслуговування та ремонт обладнання можуть значно збільшувати загальні витрати на виробництво. Це включає витрати на заміну деталей, оплату робочої сили для проведення ремонтів та втрати виробничого часу під час зупинки обладнання на ремонт.

**Зниження продуктивності:** Постійна потреба у ремонті обладнання може призвести до зниження продуктивності виробництва. Необхідність у заміні деталей або виконання ремонтних робіт може призводити до зупинок у виробництві та зменшення виробничих обсягів.

**Негативний вплив на якість продукції:** Нестабільна робота обладнання або використання зношених деталей може негативно вплинути

на якість готової продукції. Наприклад, некоректна робота пресів або екструдерів може призвести до утворення агломератів недостатньої якості.

Погіршення умов праці: Постійне проведення ремонтів та обслуговування обладнання може погіршити умови праці для працівників, особливо якщо це пов'язано з важкими та небезпечними роботами.

Для вирішення цієї проблеми важливо вдосконалювати технології та матеріали, використовувані в виробництві обладнання, для збільшення їхньої міцності та тривалості служби. Також важливо встановлювати системи профілактичного обслуговування та контролю стану обладнання для попередження виникнення проблем та максимізації його робочого часу.

Для успішного виробництва агломератів важливо вирішувати ці проблеми та урахувати їхні особливості в процесі планування та управління виробництвом. Розробка та впровадження ефективних стратегій контролю якості, оптимізації процесів та використання енергії можуть допомогти зменшити вплив цих проблем на виробництво.

У цьому розділі було розглянуто технологічний процес агломерації, який є важливою складовою виробництва сталі. Загальний огляд процесу, опис агломераційної машини та процесу агломерації, а також види сировини та її підготовка дозволили детально розібратися у кожному етапі цього складного технологічного процесу.

Основні етапи процесу агломерації були систематично проаналізовані, розкриті їхні особливості та важливість для досягнення якісних результатів. Висвітлення проблем та особливостей технологічного процесу агломерації дозволило зрозуміти потенційні труднощі, з якими може зіткнутися виробник сталі, а також визначити можливі шляхи їх вирішення.

## 2 Розробка технічного завдання

### 2.1 Назначення та цілі створення АСУТП

АСУТП призначена для управління та контролю технологічних процесів

АСУТП має забезпечувати такі функції:

- безперервний контроль за параметрами процесу - вимірювання параметрів, збір даних про стан об'єктів управління, подання отриманої інформації, оперативно-технологічний персонал на моніторах операторських станцій;

- автоматичне регулювання (підтримка технологічних параметрів на заданому значенні);

- автоматичне імілі ручне дистанційне керування арматурою, електроприводами, технологічним обладнанням;

- звукова та колірна сигналізація відхилення технологічних параметрів за

  - задані межі;

- запис та зберігання значень технологічних параметрів та стану обладнання

(сигналізація, блокування, квітування тощо) з можливістю виведення їх у вигляді 'історичних трендів;

### 2.2 Цілі створення АСУТП

Підвищення ефективності виробничих процесів агломераційної машиною на металургійному підприємстві.

Забезпечення безперебійної роботи агломераційної машини шляхом автоматизації подачі шихти на аглострічку.

Мінімізація витрат сировини та підвищення якості виробів за рахунок точного регулювання процесу подачі шихти.

Зниження часу на налагодження та обслуговування обладнання завдяки автоматизованій системі управління технологічними процесами.

Підтримка безпеки промислових операцій через автоматичний контроль та нагляд за технологічними параметрами.

Оптимізація виробничого процесу шляхом автоматичного реагування на відхилення в параметрах та уникнення аварійних ситуацій.

Підвищення конкурентоспроможності підприємства шляхом впровадження передових технологій у сфері автоматизації виробничих процесів.

Забезпечення моніторингу та аналізу даних для прийняття обґрунтованих управлінських рішень щодо оптимізації виробничого процесу.

Підтримка сталого розвитку підприємства через зменшення витрат та оптимізацію виробничих процесів за рахунок автоматизації технологічних процесів.

### 2.3 Об'єкти на підприємстві

- шлакові агрегати та бункери: Для зберігання та обробки шлаку;
- транспортні стрічки та конвеєри: Для переміщення матеріалів;
- вентиляційні системи: Для відведення витратних газів та забруднень з робочих зон;
- електронагрівальні елементи: Для нагріву матеріалів чи газів;
- конденсатори та резервуари: Для зберігання рідин та холодоносіїв;
- печі та печі для випалювання: Для обробки сировини або виробництва продуктів;
- кранівські механізми та кранові балки: Для переміщення великих об'єктів або матеріалів виробництва;

- електростанції та трансформаторні підстанції: Для забезпечення електроживлення виробничого обладнання;
- автоматизовані ваги: Для точного вимірювання маси сировини чи готової продукції;
- контрольно-вимірювальні прилади: Використовуються для тестування та контролю якості виробів.

## 2.4 Технічні вимоги до АСУТП

### 2.4.1 Вимоги до структури та функціонування системи

- система повинна мати модульну структуру для легкої розширюваності та модифікації;
- інтеграція з існуючим обладнанням повинна бути забезпечена;
- підтримка різних промислових протоколів зв'язку;
- система має автоматично регулювати подачу шихти відповідно до технологічних параметрів;
- забезпечення моніторингу та діагностики роботи обладнання;
- наявність резервного керування та автоматичний перехід на нього у випадку відмови основного обладнання;
- забезпечення відповідності вимогам з охорони праці та безпеки експлуатації;
- можливість керування як з місця розташування, так і віддалено через мережу;
- інтеграція з системою зберігання даних для аналізу та використання інформації про параметри процесу та стан обладнання.

### 2.4.2 Вимоги до нижнього рівня АСУТП

Полевий рівень:

Полевий рівень включає в себе датчики, виконавчі механізми та інші пристрої, які безпосередньо взаємодіють з фізичними об'єктами

виробничого процесу. Це обладнання розташоване на місці виробництва та здійснює збір даних про стан об'єктів, вимірювання параметрів та виконання команд управління.

Рівень контролера:

Рівень контролера включає в себе центральний обчислювальний блок, який обробляє дані, керує виробничим процесом та забезпечує взаємодію між полемим рівнем та верхнім рівнем системи управління.

Тези до вимог до нижнього рівня:

- надійність і стійкість до зовнішніх впливів;
- швидкодія;
- точність вимірювань;
- сумісність інтерфейсів;
- масштабованість;
- забезпечення безпеки;
- легкість обслуговування та підтримки;
- енергоефективність.

Тези до вимог до рівня контролера та поля:

- можливість роботи в складних умовах;
- забезпечення стійкості до перешкод;
- автономність;
- швидкодія та ефективність;
- масштабованість та гнучкість;
- забезпечення безпеки та захисту даних;
- легкість інтеграції та підтримки.

#### 2.4.3 Вимоги до верхнього рівня АСУТП

Верхній рівень АСУТП складається з центрального комп'ютера або сервера, програмного забезпечення для керування та моніторингу процесів, а також операторських станцій для взаємодії з системою.

Вимоги до верхнього рівня:



- надійність та стійкість: Система має бути надійною та стійкою до виникнення непередбачених ситуацій для забезпечення безперебійної роботи виробничого процесу;

- ефективність обробки даних: Верхній рівень повинен забезпечувати швидку обробку та аналіз даних про стан виробничого процесу для прийняття оперативних рішень;

- зручний інтерфейс користувача: Програмне забезпечення має мати зручний та інтуїтивно зрозумілий інтерфейс для операторів, що дозволяє ефективно взаємодіяти з системою та швидко реагувати на події.

- масштабованість: Система повинна бути масштабованою для можливості розширення та модернізації у майбутньому з урахуванням зростання потреб виробництва.

- безпека даних: Забезпечення захисту конфіденційності та цілісності даних про виробничий процес від несанкціонованого доступу та зламів.

#### 2.4.4 Вимоги до надійності

- надійність обладнання: Усі компоненти системи мають відповідати високим стандартам якості та надійності, щоб забезпечити безперебійну роботу протягом тривалого періоду експлуатації;

- резервування та дублювання: Важливі компоненти системи, такі як контролери та блоки живлення, повинні мати вбудовані механізми резервування та дублювання для автоматичного переходу на резервні пристрої у разі виникнення неполадок;

- запобігання витокам інформації: Врахування заходів захисту конфіденційності та цілісності даних для запобігання витоку важливої інформації про технологічні процеси;

- тестування та моніторинг: Регулярне проведення тестування та моніторингу роботи системи для виявлення можливих проблем чи несправностей на ранніх етапах та їх швидкого вирішення;

- резервне живлення: Наявність систем безперебійного живлення (UPS) для забезпечення стабільності роботи системи навіть у випадку відключення основного джерела живлення;

- запобігання втратам даних: Регулярне збереження даних та наявність механізмів автоматичного відновлення для запобігання втратам даних у разі аварійних ситуацій;

- стійкість до зовнішніх впливів: Обладнання повинно бути стійким до зовнішніх впливів, таких як вологість, пил, високі/низькі температури, що можуть виникати в умовах виробництва.

#### 2.4.5 Вимоги до захисту інформації від несанкціонованого доступу

- автентифікація та авторизація: Вимагати від користувачів системи проходження процедур автентифікації для підтвердження їхньої ідентичності перед наданням доступу до системи. Крім того, визначити рівні доступу для кожного користувача відповідно до їхніх ролей та обов'язків;

- шифрування даних: Застосовувати шифрування для захисту конфіденційної інформації під час передачі через мережу або зберігання на зовнішніх носіях, щоб унеможливити несанкціонований доступ до даних;

- мережева безпека: Встановити заходи захисту мережі, такі як брандмауери, VPN, інтригування та моніторинг мережевого трафіку, для захисту системи від атак зовнішніх зловмисників;

- аудит та журналювання: Вести журнал подій та виконувати систематичний аудит доступу до системи для виявлення та реагування на спроби несанкціонованого доступу або недозволену діяльність;

- фізична безпека: Забезпечити фізичну безпеку обладнання та серверних приміщень, обмежуючи доступ до них лише авторизованим персоналом та встановлюючи системи контролю доступу;

- оновлення та патчі безпеки: Регулярно встановлювати оновлення та патчі безпеки для всього програмного та апаратного забезпечення системи з метою усунення відомих уразливостей;

- навчання та освіта персоналу: Проводити навчання та освіту персоналу з питань кібербезпеки та захисту інформації, щоб зменшити ризик виникнення інцидентів внаслідок людських помилок чи необачності.

## 2.5 Вимоги до видів забезпечення

### 2.5.1 Вимоги до програмного забезпечення

Розробити програмне забезпечення для керування, моніторингу та аналізу даних.

### 2.5.2 Вимоги до метрологічного забезпечення

- точність вимірювань: Забезпечення високої точності вимірювань параметрів процесу, таких як температура, тиск, рівень рідини тощо;

- стабільність та надійність вимірювального обладнання: Метрологічне обладнання повинно бути стійким до зовнішніх впливів, таких як коливання температури, вологості, тиску тощо, та забезпечувати стабільність результатів вимірювань протягом тривалого часу;

- калібрування та періодична перевірка: Необхідність проведення регулярного калібрування вимірювального обладнання та періодичної перевірки його стану для забезпечення відповідності вимірювань встановленим стандартам та вимогам;

- метрологічна сертифікація: Вимога до наявності сертифікатів відповідності для метрологічного обладнання, що підтверджують його відповідність встановленим стандартам та нормативам;

- забезпечення слідовності вимірювань: Гарантія слідовності результатів вимірювань між різними вимірювальними приладами та методами;

- документація та звіти: Наявність документації, яка описує процедури калібрування та перевірки вимірювального обладнання, а також звіти про проведені процедури та результати вимірювань;

- забезпечення безпеки: Забезпечення відповідності метрологічного обладнання вимогам безпеки та запобігання можливим аварійним ситуаціям під час його використання.

## 2.6 Вимоги до організаційного забезпечення

- узгодження цього технічного завдання з Постачальником АСУТП. На цьому етапі уточнюються всі вимоги Замовника, за необхідності проводиться коригування технічного завдання;

- укладення договору на створення та постачання АСУТП;

- виконання Постачальником АСУТП робіт зі створення АСУТП. Розробка конструкторської документації на шафи керування, програмного забезпечення, експлуатаційної документації, виготовлення шаф керування тощо. Постачання АСУТП;

- узгодження плану-графіка виконання спільних робіт на майданчику Замовника;

- монтажні роботи всередині шаф АСУТП, підключення зовнішніх з'єднань (кабелів від датчиків та виконавчих механізмів до вхідних/вихідних клем шкафу) силами Постачальника АСУТП;

- налагодочні роботи на всіх рівнях АСУТП спільними зусиллями Постачальника АСУТП та Замовника;

- проведення Постачальником АСУТП метрологічної атестації вимірювальних каналів АСУТП згідно методики калібрування та надання Замовнику позитивних результатів (протоколів) ;

- навчання персоналу: операторів, технологів - принципам роботи з проектами операторських станцій; інженерів з АСУТП - навчання основам

програмування контролерів, роботі зі SCADA -системою, методам діагностики несправностей в АСУТП.

## 2.6 Передпускові випробування АСУТП на об'єкті

Передпускові випробування проводяться після завершення монтажних та налагодочних робіт. Перевіряється функціонування всіх апаратних та програмних компонентів системи. Перевіряється достовірність вимірюваних значень параметрів, відсутність або наявність перешкод у вхідних каналах, уточнюються параметри алгоритмів первинної обробки вхідної інформації. Випробовуються функції дистанційного управління та захисту. По результатам випробувань коригується технічна документація, вихідні документи, форми відображення, уставки сигналізації, межі достовірних значень та інші налаштувальні константи.

### 3 Проектування системи автоматизації агломашини

#### 3.1 Проектування функціональної структури системи автоматизації (СА) агломашини

Функціонально автоматизована система агломашини на нижньому рівні управління поділяється на дві основні підсистеми:

- підсистема управління електроприводами та виконавчими механізмами аглолінії;
- підсистема забезпечення контролю за станом технологічних вузлів і формуванням законів управління технологічними процесами

##### 3.1.1 Підсистема забезпечення контролю виконує наступні завдання

- збір даних та передача інформації в систему АСУ про стан;
- контакторної і комутаційної апаратури в щитах. Це забезпечує своєчасне виявлення і усунення несправностей в електричних ланцюгах, що є критичним для безперебійної роботи агломашини;
- управління та автоматики виконавчих механізмів. Ця функція дозволяє моніторити і контролювати роботу виконавчих механізмів, забезпечуючи оптимальне функціонування всіх вузлів;
- спрацьовування захисних пристроїв, блокувань і аварійних вимикачів. Ця інформація важлива для своєчасного реагування на аварійні ситуації і мінімізації ризиків;
- комутаційної апаратури на постах місцевого управління і пультах управління. Це забезпечує контроль і управління на різних рівнях ієрархії системи автоматизації, від місцевого до централізованого.

### 3.1.2 Прийом керуючих сигналів і керування

- комутаційною апаратурою. Це включає в себе операції з включення і вимкнення обладнання, а також перемикання між різними режимами роботи;

- частотними перетворювачами. Управління частотними перетворювачами дозволяє регулювати швидкість електроприводів, що важливо для підтримки оптимальних режимів роботи;

- пристроями плавного пуску для управління обладнанням аглолінії. Це забезпечує плавний старт і зупинку обладнання, що знижує механічні навантаження і збільшує термін служби техніки;

3.1.3 Вирішення локальних завдань управління допоміжними системами та завдань взаємодії виконавчих механізмів обладнання аглолінії. Це включає в себе координацію роботи різних частин обладнання для забезпечення ефективного і безперебійного процесу виробництва.

3.1.4 Формування передпускової та аварійної сигналізації. Це критично для забезпечення безпеки і своєчасного інформування персоналу про можливі проблеми або необхідність проведення технічного обслуговування.

Усі підсистеми разом повинні забезпечувати вирішення таких завдань:

Контроль параметрів:

- температура запалювального горна. Це важливо для забезпечення правильного температурного режиму в процесі агломерації;

- витрати газу в запалювальній горн. Контроль цього параметра дозволяє оптимізувати витрати палива і знизити викиди забруднюючих речовин;

- витрати повітря в запалювальній горн. Це впливає на ефективність горіння і якість кінцевого продукту;

- тиск газу в запалювальний горн. Контроль тиску забезпечує стабільність процесу горіння;
- тиск повітря в запалювальний горн. Оптимальне співвідношення тиску газу і повітря забезпечує ефективне горіння;
- температура в двох передостанніх вакуум-камерах. Це дозволяє контролювати процес охолодження і відведення газів;
- розрідження у вакуум-камерах. Важливо для забезпечення потрібних умов для агломерації;
- витрати води в барабан-змішувач. Контроль цього параметра дозволяє підтримувати оптимальну вологість шихти;
- швидкість аглострічки. Впливає на продуктивність і якість агломерату;
- висота шару шихти на аглострічці. Це критично для забезпечення рівномірності агломерату.

#### Регулювання параметрів:

- вологість шихти в барабані-окомкувачі. Це впливає на якість агломерату і стабільність процесу;
- висота шару шихти в проміжному бункері. Забезпечує рівномірну подачу матеріалу на аглострічку;
- висота шару шихти на аглострічці. Це впливає на якість і однорідність агломерату;
- завершення процесу спікання. Контроль цього параметра дозволяє визначати момент готовності агломерату;
- температура запалювального горна. Регулювання температури дозволяє підтримувати оптимальний режим спікання;
- тиск повітря в запалювальний горн. Це впливає на ефективність процесу горіння;
- тиск газу в запалювальний горн. Оптимальний тиск забезпечує ефективне горіння і економію палива;



- співвідношення "газ - повітря" в запалювальній горні. Правильне співвідношення забезпечує ефективне і стабільне горіння;
- розрідження у вакуум-камерах. Регулювання цього параметра забезпечує оптимальні умови для агломерації;

### 3.2 Визначення принципів управління по кожному технологічному параметру

Перелік керованих параметрів агломераційного процесу та відповідних керуючих впливів наведено в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 - Контрольовані параметри та керуючі впливи

Контрольований або регульований параметр	Спосіб контролю параметра	Керуючий вплив
Вологість шихти	1. Нейтронні вологоміри 2. Кондуктометричний зонд 3. Фотометричний метод	Витрата води в змішувач
Рівень шихти в проміжному бункері	Датчик рівня	Витрата шихти у завантажувальний бункер
Тиск палива і повітря в горні	Датчик тиску	Положення регулюючого органу
Висота шару шихти на аглострічці	Датчик висоти рівня	Подача шихти з бункера
Температура в горні запалювання	Радіаційний пірометр	Витрата палива в горні
Витрата палива і повітря в горні	Діафрагми в трубопроводах і дифманометри	Положення регулюючого органу
Розрідження в вакуум-камерах	Тягоміри	Швидкість ексаустера
Закінчення процесу спікання	1. Температура в останніх вакуум-камерах зони спікання 2. Аналіз відпрацьованих газів 3. Освітленість в останніх вакуум-камерах	1. Зміна швидкості аглоленти 2. Розрідження в вакуум-камерах

## Принципи управління технологічними параметрами

### Вологість шихти:

- методи контролю: Для вимірювання вологості шихти використовуються нейтронні вологоміри, кондуктометричні зонди та інфрачервоні аналізатори. Нейтронні вологоміри визначають вологість за допомогою нейтронного випромінювання, кондуктометричні зонди вимірюють електропровідність матеріалу, а інфрачервоні аналізатори визначають вологість за допомогою поглинання інфрачервоного випромінювання.

- керуючий вплив: Регулювання подачі води в змішувач для забезпечення необхідної вологості шихти. Це досягається автоматичним збільшенням або зменшенням витрати води в залежності від виміряної вологості шихти.

### Рівень шихти в проміжному бункері:

- метод контролю: Ультразвукові датчики рівня використовуються для вимірювання рівня шихти в проміжному бункері. Вони працюють за принципом відбиття ультразвукових хвиль від поверхні матеріалу.

- керуючий вплив: Контроль подачі шихти до завантажувального бункера для підтримання оптимального рівня. Це може бути реалізовано через регулювання швидкості конвеєрної стрічки або шиберного затвора, що контролює подачу шихти.

### Тиск повітря і палива в горні:

- метод контролю: Датчики тиску встановлюються в різних точках системи для вимірювання тиску повітря і палива в горні. Ці датчики можуть бути п'єзорезистивного або ємнісного типу.

- керуючий вплив: Регулювання положення регулюючого клапана для підтримання стабільного тиску. Автоматичні клапани можуть змінювати своє положення на основі сигналів з датчиків тиску для забезпечення оптимального співвідношення повітря і палива.

### Висота шару шихти на аглострічці:

- метод контролю: Лазерні датчики рівня вимірюють висоту шару шихти на аглострічці за допомогою відбиття лазерного променя від поверхні шихти.

- керуючий вплив: Регулювання подачі шихти з бункера для забезпечення рівномірного шару. Це досягається за допомогою зміни швидкості подачі шихти або зміни висоти шлюзових затворів.

Температура в горні запалювання:

- метод контролю: Оптичні пірометри використовуються для вимірювання температури в горні запалювання. Вони вимірюють теплове випромінювання, що виходить від нагрітих поверхонь.

- керуючий вплив: Контроль витрати палива в горні для підтримання оптимальної температури. Це досягається регулюванням клапанів подачі палива на основі вимірюваної температури.

Витрата повітря і палива в горні:

- метод контролю: Діафрагми та манометри встановлюються в трубопроводах для вимірювання витрати повітря і палива. Діафрагми створюють перепад тиску, який вимірюється манометрами для визначення витрати.

- керуючий вплив: Регулювання клапанів для забезпечення потрібної витрати повітря і палива. Автоматичні клапани коригують свою відкритість на основі сигналів з діафрагм та манометрів.

Розрідження в вакуум-камерах:

- метод контролю: Манометри вимірюють розрідження в вакуум-камерах. Вони визначають різницю тиску між внутрішньою частиною камери і навколишнім середовищем.

- керуючий вплив: Регулювання швидкості ексгаустера для підтримання необхідного розрідження. Це може бути досягнуто шляхом зміни швидкості двигуна ексгаустера або регулювання заслінок.

Закінчення процесу спікання:

- методи контролю: Температура в останніх вакуум-камерах зони спікання вимірюється термопарами або іншими температурними датчиками. Аналіз відпрацьованих газів проводиться за допомогою газоаналізаторів, а контроль освітленості здійснюється фотодатчиками.

- керуючий вплив: Регулювання швидкості аглоленти і розрідження в вакуум-камерах для завершення процесу спікання. Це досягається шляхом зміни швидкості руху аглоленти або регулювання клапанів, що контролюють розрідження.

### 3.3 Вибір та обґрунтування технічних засобів нижнього рівня СА агломашини

#### 3.3.1 Первинні перетворювачі, нормуючі пристрої, вторинні прилади

- контроль тиску в газопроводі та повітропроводі

У газопроводі та повітропроводі, по яких повітря та газ поступають на запальний горн, потрібно контролювати тиск. Це можна реалізувати за допомогою датчиків надлишкового тиску.

Вибір датчиків: Датчики тиску WİKA A-10.

Опис: Датчики тиску для рідин і газів.

Діапазон вимірювання: 0-10 кПа (повітря), 0-20 кПа (газ).

Вихідний сигнал: 4-20 мА.

Точність:  $\pm 0.25\%$ .

Датчики тиску WİKA A-10 складаються з двох основних блоків: вимірювального та нормуючого. Основу вимірювального блоку становить сенсорний елемент, розподільча мембрана і корпус вимірювального блоку. Тиск вимірюваного середовища впливає на розподільчу мембрану і передається через розділову рідину на вимірювальну мембрану сенсора. Мембрана сенсора деформується, що призводить до зміни параметрів його чутливих елементів, об'єднаних в мостову схему.

- контроль рівня аглошихти на завантажувальному лотку

Контроль рівня аглошихти на завантажувальному лотку здійснюється датчиками-реле рівня.

Вибір датчика: Ємнісний датчик рівня Siemens CLS200.

Опис: Призначений для контролю рівня сипучих матеріалів.

Діапазон вимірювання: 0.1-10 м.

Вихідний сигнал: 4-20 мА.

Точність:  $\pm 2$  мм.

Ємнісний датчик рівня Siemens CLS200 складається з чутливого елемента, корпусу, електронного блоку, кришки та має зовнішній гвинт заземлення. Принцип дії датчика заснований на високочастотному методі перетворення зміни електричної ємності чутливого елемента, викликаного зміною рівня контрольованого середовища, в релейний вихідний сигнал.

- контроль температури в горновому просторі

Температура, яка має контролюватися у горновому просторі, досить висока. Доцільно буде використовувати для її виміру платиновий термоелектричний перетворювач.

Вибір датчика: Платиновий термоелектричний перетворювач типу R Omega PR-20-3-100.

Опис: Призначений для вимірювання високотемпературних середовищ.

Діапазон робочих температур: 0...1600°C.

Вихідний сигнал: 4-20 мА.

Платинові термоелектричні перетворювачі типу R Omega PR-20-3-100 призначені для вимірювання температури високотемпературних газоподібних хімічно неагресивних середовищ, а також агресивних, що не руйнують матеріал захисного чохла. Діапазон робочих температур - 40...600°C.

- вимірювання висоти шару шихти на аглострічці

Для виміру висоти шару шихти на аглострічці рекомендується використовувати радарні рівнеміри.

Вибір датчика: Радарний рівнемір Endress+Hauser Micropilot FMR67.

Опис: Призначений для вимірювання рівня сипучих продуктів.

Діапазон вимірювання: до 70 м.

Температура процесу: -40...+400°C.

Вихідний сигнал: 4-20 мА.

Радарний рівнемір Endress+Hauser Micropilot FMR67 призначений для застосування на сипучих продуктах. Принцип дії: короткі мікрохвильові імпульси передаються через антенну систему і знову приймаються нею після відбиття від поверхні продукту. Час від передачі до прийому сигналу пропорційний рівню продукту. Спеціальна процедура обробки сигналу забезпечує надійність і точність вимірювання.

- висота рівня шару шихти

Вибір датчика: Pepperl+Fuchs KFD2-STC4-Ex1

Опис: Призначений для вимірювання рівня шару шихти на агломераційному виробництві

Вихідний сигнал: 4-20 мА.

Pepperl+Fuchs KFD2-STC4-Ex1 є бар'єром і сигналізатором з гальванічною розв'язкою, який використовується для перетворення сигналів від датчиків рівня, в тому числі інші типи сенсорів, в стандартні сигнали для подальшої обробки в системах контролю. Для виміру висоти шару шихти на аглострічці рекомендується використовувати радарні рівнеміри.

- вимірювання швидкості обертання вала електроприводів

Швидкість обертання вала електроприводів ексгаустера та аглострічки вимірюється за допомогою тахометра.

Вибір датчика: Тахометр IFM Electronic TR7430.

Опис: Призначений для вимірювання швидкості обертання.

Діапазон вимірювання: 0...10000 об/хв.

Вихідний сигнал: 4-20 мА.

Тахометр-частотомір IFM Electronic TR7430 призначений для вимірювання швидкості та її напряму, а також для вимірювання інтервалів

часу і часу напрацювання. Універсальний вимірювальний вхід приладу дозволяє безпосередньо підключати, як механічні датчики типу "сухий контакт", так і електронні датчики с виходом TTL або транзисторним виходом з відкритим колектором NPN і PNP структури. Прилад забезпечує визначення на пряму швидкості, що дозволяє використовувати його в системах з реверсом швидкості. Змінюваний коефіцієнт множника дозволяє на ходу перераховувати виміряне значення швидкості і відобразити на індикаторі значення контрольованого параметра у звичній розмірності.

- реєстрація та відображення даних

Для реєстрації та відображення даних використовується відеографічний реєстратор.

Вибір реєстратора: Відеографічний реєстратор Yokogawa DX200.

Опис: Призначений для вимірювання, регулювання та реєстрації температури та інших неелектричних величин.

Інтерфейси: RS-485 (Modbus RTU), Ethernet (Modbus TCP).

Вихідний сигнал: 4-20 мА.

Цифровий відеографічний реєстратор Yokogawa DX200 забезпечує реєстрацію та відображення даних у режимі реального часу з можливістю їх збереження у внутрішню пам'ять або на зовнішні носії. Він обладнаний великим кольоровим дисплеєм для зручного перегляду інформації, що реєструється. Підтримка протоколів Modbus дозволяє легко інтегрувати прилад у різні системи автоматизації.

### 3.3.2 Вибір контролеру та його компонування

Визначення кількості та типу вхідних і вихідних сигналів мікропроцесорного контролера базується на аналізі вихідних сигналів датчиків, що контролюють технологічні параметри, та методів управління виконавчими механізмами, які отримують керувальний вплив від мікропроцесорного контролера.

Для забезпечення системи автоматичного управління агломашиною потрібно постійно контролювати технологічні параметри та отримувати вхідні інформаційні сигнали, які наведені у таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 - Характеристика вхідних сигналів

Параметр	Назва і тип датчика	Вихідний сигнал датчика
Рівень	Вп Pepperl+Fuchs KFD2-STC4-Ex1	4-20 мА
Тиск	Датчик тиску WIKA A-10	4-20 мА
Рівень	Ємнісний датчик рівня Siemens CLS200	4-20 мА
Рівень	Радарний рівнемір Endress+Hauser Micropilot FMR67	4-20 мА
Швидкість	Тахометр IFM Electronic TR7430	4-20 мА
Реєстрація	Відеографічний реєстратор Yokogawa DX200	4-20 мА

Таблиця 3.3 - Характеристика керуючих сигналів

Параметр	Назва і тип виконавчого пристрою, що змінює параметр	Сигнал керування виконавчим механізмом
Зміна витрати газу	Пускач ПБР з виконавчим механізмом ME0 25/63-0,25	Імпульсний
Зміна витрати повітря	Пускач ПБР з виконавчим механізмом ME0 25/63-0,25	Імпульсний
Зміна витрати води	Пускач ПБР з виконавчим механізмом ME0 25/63-0,25	Імпульсний
Зміна швидкості	Частотний перетворювач з електродвигуном	Імпульсний
Зміна	Пускач ПБР з	Імпульсний



швидкості роботи	електродвигуном	
Зміна потужності	Пускач електродвигуном	ПБР з Імпульсний

За результатами обробки вхідних сигналів контролер формує керуючий вплив на витрату повітря, газу, потужність роботи насоса ексгаустера, швидкість руху агломераційної стрічки, швидкість роботи віброживильника та барабанного живильника.

Вибір контролера для системи автоматизації здійснювався на основі його можливостей. У системі запропоновано використовувати контролер Allen-Bradley CompactLogix 1769-L32E. Цей програмований контролер володіє великою потужністю та здатний для побудови систем управління середнього і високого ступенів складності та вирішення різних завдань управління.

CompactLogix пропонує широкий спектр модулів та гаму центральних процесорів для максимальної адаптації до вимог розв'язуваної задачі. Це забезпечує високу гнучкість використання систем розподіленого введення-виведення та потужні комунікаційні можливості.

Кількість сигналів, що надходять до контролера, складає 20 уніфікованих струмових з діапазоном 4-20мА та 2 дискретних. Ці сигнали використовуються для управління різними параметрами, такими як тиск, температура, швидкість тощо.

Після обробки вхідних сигналів контролер формує керуючий вплив на витрату повітря, газу, потужність роботи насоса ексгаустера, швидкість руху агломераційної стрічки, а також швидкість роботи віброживильника та барабанного живильника.

Мови програмування контролера підтримують символну адресацію, роботу з масивами і структурами, а також надають повний набір математичних і логічних функцій. Стандартний набір команд включає

понад 200 інструкцій програмування, а в мову функціональних блоків включені додаткові інструкції по управлінню процесами. Кількість внутрішніх змінних, контурів регулювання та інших інструкцій у робочій програмі обмежена тільки об'ємом пам'яті процесора. У пакет вбудована функція графічного відображення стану до 16 змінних у вигляді трендів.

Усі функції контролера (обробка всіх модулів, ПД - інструкції) реалізуються стандартними засобами мови, ніякі спеціальні підпрограми не потрібні. Відсутні обмеження на число внутрішніх змінних, ПД і інших інструкцій. Завантаження і коригування програм може здійснюватися без зупинки процесора.

Проектне компонування контролера здійснюється на основі інформації про кількість та вид вхідних і вихідних сигналів, з якими працює контролер у процесі автоматичного управління технологічним процесом, бажану конфігурацію введів-виводів та мережну структуру.

Згідно з таблицею, кількість інформаційних сигналів, що надходять від датчиків до контролера, дорівнює 9. Усі вони уніфіковані струмові з діапазоном 4-20 мА. На такі вхідні сигнали орієнтовані два модулі аналогового вводу, кожен з 8 каналами.

Модулі вводу-виводу аналогових сигналів призначені для цифроаналогового перетворення внутрішніх цифрових величин контролера CompactLogix і формування його вихідних аналогових сигналів.

Оскільки при регулюванні технологічних параметрів виконавчий механізм має здійснювати компенсацію збурень шляхом збільшення або зменшення витрати повітря, природного газу, при розрахунку кількості дискретних модулів виводу необхідно передбачити на кожний виконавчий механізм два виходи – "більше" і "менше". Для керування роботою виконавчих механізмів можна використати модуль дискретного вводу-виводу.

Для опитування 9 входів, обробки інформації, відповідно до алгоритмів керування окремими технологічними параметрами, оновлення

станів вихідних каналів та реалізації інших процедур у системі управління можна використовувати центральний процесор. Вбудовані інтерфейси спрощують питання застосування систем розподіленого вводу-виводу. Процесор оснащений відсіками для установки інтерфейсних модулів та отримання додаткових інтерфейсів провідних пристроїв.

Для функціонування контролера необхідний модуль живлення, який можна розрахувати, використовуючи напругу, яку споживають усі модулі контролера. Найзручніше використати модуль живлення, який формує необхідні напруги для роботи систем автоматизації CompactLogix. Живлення до модулів подається через внутрішню шину контролера.

Програмування контролера Allen-Bradley CompactLogix здійснюється у середовищі [app.plcsimulator.online](http://app.plcsimulator.online). Програмування виконується LD-мовою.

- створити проект у [app.plcsimulator.online](http://app.plcsimulator.online) та скомпонувати задіяні у системі модулі.

- призначити у вікні створення тип даних, імена вхідним та вихідним змінним, які використовуються при створенні програми.

У програмі присутні такі змінні:

Sensor\_default – датчик показує звичайний рівень шихти на стрічці;

sensor\_decrease - рівень зменшився;

sensor\_increase - рівень збільшився;

Velocitas\_shichti\_default - звичайна швидкість;

Velocitas\_shichti\_decrease - зміна швидкості двигуна для зменшення обсягів подачі шихти;

Velocitas\_shichti\_increase - зміна швидкості двигуна для збільшення обсягів подачі шихти.

- створити безпосередньо текст програми LD-мовою. В програмі використовуються елементи:

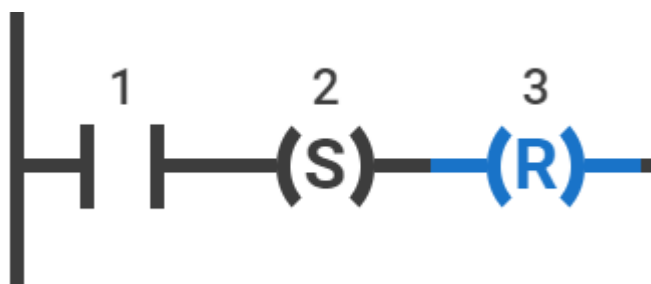


Рисунок 3.1 – елементи програми, де 1 – прямий контакт, 2 – Set-котушка, 3 – Reset- котушка

Код програми:

При нормальному рівні шихти на аглострічці змінна "Sensor\_default" (рис. 3.2) має справжнє значення, при цьому регулюючий орган знаходиться в звичайному положенні, при надходженні сигналу підвищення подачі змінна "sensor\_decrease" набуває справжнє значення і відключає котушку "Velocitas\_shichti\_default", активується котушка "Velocitas\_shichti\_increase" і регулюючий орган змінює своє положення для збільшення подачі шихти, якщо рівень збільшується за межі норми, активується змінна "sensor\_increase", то за нею активується котушка "Velocitas\_shichti\_decrease", завдяки якій регулюючий орган набуває положення для зменшення подачі шихти на агломераційну стрічку.

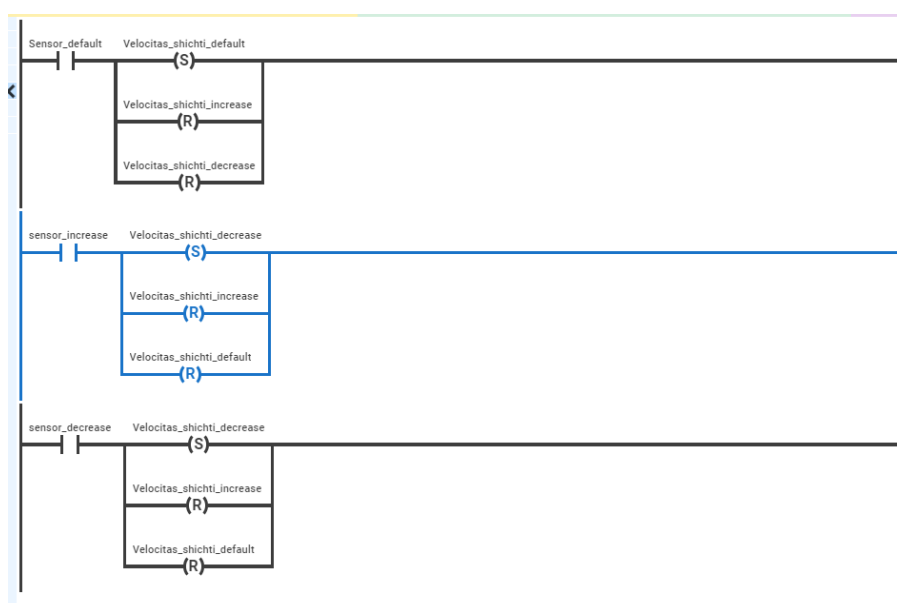


Рисунок 3.2 – Програмний код на LD мові

## 4 Розробка технічної документації

4.1 Функціональна схема автоматизації системи управління заданим технологічним процесом

Функціональна схема автоматизації є основним проектним документом, що визначає структуру та рівень автоматизації технологічного процесу конкретного об'єкта. На такій схемі використовуються умовні графічні позначення для відображення технологічного обладнання, комунікацій, органів управління, приладів та засобів автоматизації, а також зв'язків між ними. Крім того, схема містить таблиці з умовними позначеннями та необхідні пояснення.

Функціональна схема автоматизації поділяється на дві частини. У верхній частині представлена технологічна схема, а в нижній частині розташовані умовні графічні позначення, що відображають місцеві прилади, щити, пульти, пункти контролю та керування, керуючі машини та інші елементи. Умовні графічні зображення приладів та засобів автоматизації повинні відповідати встановленим стандартам.

На функціональних схемах пристрої та засоби автоматизації відображаються у розгорнутому вигляді, де кожен прилад чи блок представлений окремими умовними графічними зображеннями. У верхній частині зображення (кола, овалу) зазначаються позначення вимірюваної величини та функції, яку виконує прилад. У нижній частині схеми вказується позиційне позначення вимірювального комплексу або його окремих елементів.

Функціональна схема зображена на аркаші  
ЗНУ.ІННІ.КРБ.26120.001.ФСА

## 4.2 Принципова електрична схема

Принципова електрична схема являє собою графічне зображення, яке показує основні електричні компоненти і зв'язки між ними в системі. Вона слугує для демонстрації структури і функцій електричної системи, а також для розуміння принципів її роботи.

На принциповій електричній схемі використовуються спеціальні символи та умовні позначення для зображення різних електричних компонентів, таких як резистори, конденсатори, індуктивності, джерела живлення, перемикачі, лампи, транзистори та інші. Кожен символ має своє унікальне значення і представляє певний функціональний елемент системи.

Зв'язки між компонентами на схемі показуються за допомогою ліній або стрілок, які вказують напрямок потоку електричного струму. Також на схемі можуть бути вказані параметри компонентів, наприклад, значення опору резистора або вихідний струм джерела живлення.

Принципові електричні схеми є ключовим інструментом для інженерів і техніків, що допомагає їм розуміти, проектувати, аналізувати і ремонтувати електричні системи. Вони відіграють важливу роль у розробці нових пристроїв і систем, а також у діагностиці та усуненні несправностей.

Принципова електрична схема зображена на аркуші ЗНУ.ІННІ.КРБ.26120.002.ПЕС

## 4.3 Схема матеріальних та інформаційних потоків агломашини

Управління технологічним процесом являє собою інформаційний процес, який забезпечує виконання матеріального процесу і досягнення визначених цілей. Інформаційне забезпечення автоматизованої системи управління (АСУ) охоплює отримання, перетворення, зберігання, обробку і передачу керуючих дій.

Інформація в АСУ поділяється на вхідну, проміжну і вихідну. Вхідна інформація надходить від первинних вимірювальних приладів, встановлених на агломашині. Проміжна інформація утворюється в процесі обробки і перетворення даних. Вихідна інформація включає керуючі дії та дані про перебіг технологічного процесу. Точність та достовірність цієї інформації є критично важливими для виконання заданих режимів.

Для ефективного управління процесом спікання агломераційної шихти важливо розглядати його як систему, що включає технологічне обладнання та інформаційні потоки. Вихідний матеріал — шихта, а кінцева продукція — готовий агломерат. До об'єкта управління також подаються газ, повітря та вода, а видаляються димові гази та повернення.

Нормуючі перетворювачі передають інформацію на контролер, забезпечуючи взаємодію з датчиками та виконавчими механізмами (ВМ) або електродвигунами. Виконавчі механізми контролюють подачу газу, повітря, води та шихти. Контролер обробляє інформацію і формує керуючі дії для виконавчих механізмів.

Електродвигуни регулюють швидкість віброживильника, барабанного живильника або аглострічки. Інформація про перебіг процесу надходить на ЕОМ верхнього рівня, яка згідно з алгоритмом управління, вводить в контролер технологічні завдання. Оперативний персонал за допомогою SCADA-системи контролює процес і, при необхідності, вносить корективи. Оперативне управління технологічним процесом здійснюється через щит управління.

Схема матеріальних та інформаційних потоків зображена на аркуші ЗНУ.ІННІ.КРБ.26120.003.СМПП

#### 4.4 Монтажна комутаційна схема щита КВПіА

Монтажна комутаційна схема щита КВПіА (керування, вимірювання, захист та автоматика) є графічним зображенням, що показує розташування

електричних компонентів, їхні з'єднання та спосіб комутації всередині щита. Ця схема є важливим документом для монтажу та підключення електричного щита.

На монтажній комутаційній схемі щита КВПіА зображуються різні компоненти, такі як контактори, реле, запобіжники, лічильники, трансформатори, блоки живлення та інші пристрої. Кожен компонент позначається спеціальним символом або умовним позначенням, що вказує на його тип та функцію.

З'єднання між компонентами показуються за допомогою ліній, що вказують напрямок потоку електричного струму. З'єднання можуть бути зображені у вигляді проводів, шин, кабелів або інших елементів, залежно від типу і розташування компонентів у щиті.

Монтажна комутаційна схема також містить номери контактів та з'єднувальні точки, що допомагають ідентифікувати правильне з'єднання між компонентами. Це спрощує процес монтажу та забезпечує правильну функціональність системи.

Монтажна комутаційна схема щита КВПіА допомагає монтажникам та технікам правильно та безпечно встановлювати і з'єднувати компоненти. Вона також є важливим документом для налагодження, обслуговування та ремонту щита, оскільки надає інформацію про структуру та з'єднання системи.

Монтажна комутаційна схема щита КВПіА зображена на аркуші ЗНУ.ІННІ.КРБ.26120.МКС

#### 4.5 Зовнішній вигляд щита

На кресленні внутрішніх площин щита поворотні конструкції та кришки, розташовані у різних площинах, зображуються умовно розгорнутими в площині креслення. Під час розміщення апаратури



всередині щитів слід враховувати її взаємне розташування на різних площинах відносно одна до одної та до приладів.

Схема зовнішнього вигляду щита зображено на аркуші  
ЗНУ.ІННІ.КРБ.26120.005.ЗВЦ

## 5 Розрахунок надійності системи автоматизації агломашини

Розрахунок параметрів наближеним методом

При даному методі враховуються середньогрупові інтенсивності відмов елементів САР та досвід експлуатації аналогічних виробів. У табл. 5.1 подано розрахункові коефіцієнти.

Таблиця 5.1 – Розрахункові коефіцієнти

Параметр	Назва і тип датчика	Середнє значення інтенсивності відмов *10 <sup>-6</sup> [1/год]
КУ	Термоелектричний перетворювач типу К Omega TJ36-CAXL	2.0
Р-р	Датчик тиску WKA A-10	9.1
БП	Ємнісний датчик рівня Siemens CLS200	0.5
РО	Платиновий термоелектричний перетворювач типу R Omega PR-20-3-100	0.25
ИМ	Радарний рівнемір Endress+Hauser Micropilot FMR67	1.5
ВП	Тахометр IFM Electronic TR7430	8.7
ПП	Відеографічний реєстратор Yokogawa DX200	8.3
ПБР	Пускач ПБР з виконавчим механізмом ME0 25/63-0,25	1.4

Розрахунок загальної інтенсивності відмов

Загальна сумарна інтенсивність відмов всієї системи автоматичного регулювання (САР) розраховується за формулою:

$$\lambda_{\text{заг}} = k * \sum_{i=1}^m \lambda_{0i} * n_i$$

де  $k$  – узагальнений коефіцієнт, що враховує призначення САР;

$\lambda_{0i}$  – середня інтенсивність відмов відповідної групи;

$m$  – кількість груп;

$n_i$  – кількість елементів у групі.

Підставивши вказані значення:

$$\begin{aligned}\lambda^{\text{заг}} &= 2,5 * 10^{-6}(2 + 9,1 + 0,5 + 0,25 + 1,5 + 8,7 + 8,3 + 1,4) \\ &= 7,8625 * 10^{-5}[1/\text{год}]\end{aligned}$$

Розрахунок наробітку на відмову

На основі загальної інтенсивності відмов  $\lambda_{\text{заг}}$ , розраховуємо наробіток на відмову  $T_0$

$$\begin{aligned}T_0 &= \frac{1}{\lambda_{\text{заг}}} \\ T_0 &= \frac{1}{7,8625 * 10^{-5}} \\ T_0 &= 12718,6\end{aligned}$$

Розрахунок імовірності безвідмовної роботи САР

Імовірність безвідмовної роботи САР  $P'(t)$  за час  $t$  визначається за формулою:

$$P'(t) = e^{-\lambda'_{\text{заг}}} = e^{-\frac{t}{T_0}} = e^{-\frac{5000}{12718,6}} = e^{-0,39} = 0,72$$

Таблиця 5.2 – Дані і результати розрахунків параметрів надійності наближеним методом для елементів

Параметр	Середнє значення інтенсивності відмов $10^{-6}$ [1/год]	Узагальнений коефіцієнт, К	Суммарна інтенсивність відмов $\lambda_{\text{заг}} * 10^{-6}$
КУ	2.0	2,5	$78,6 * 10^{-6}$
Р-р	9.1		
БП	0.5		
РО	0.25		
ИМ	1.5		
ВП	8.7		
ПП	8.3		
ПБР	1.4		

Дані для побудови графіку занесені у таблицю 5.3

Таблиця 5.3 – Дані для побудови графіку залежності

t, год	0	5000	10000	15000	20000	25000	30000	35000	40000
$P'(t)$	1	0,67	0,46	0,3	0,2	0,15	0,09	0,06	0,04

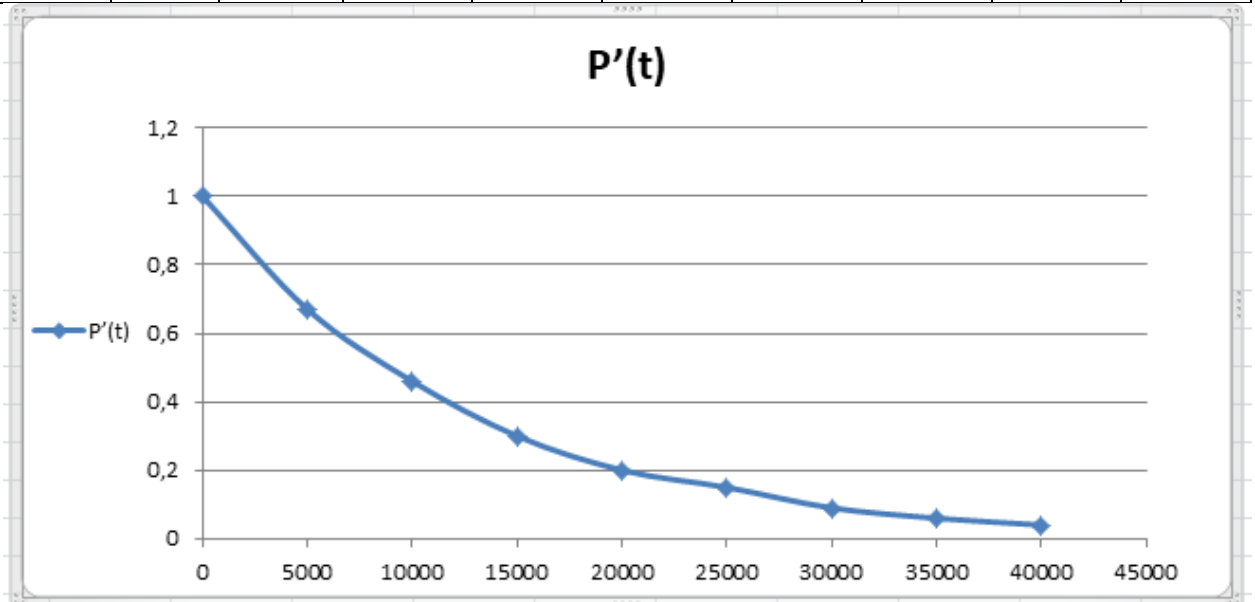


Рисунок 5.1 – Графік залежності  $P'(t)$

Розрахунок параметрів надійності системи враховує режим роботи її елементів та вплив дестабілізуючих чинників. Для цього визначається

кількість груп елементів системи ( $m$ ) та кількість елементів у кожній групі ( $n^j$ ), які мають однакові коефіцієнти навантаження ( $K^i$ ) і однакові інтенсивності відмов.

Таблиця 5.4 – коефіцієнти впливів

Вологість, %	Температура, °С	Висота, км	Сумарні впливи
85	40	0,65	Стаціонарні
$K_{\lambda 1}$		$K_{\lambda 2}$	$K_{\lambda 3}$
2,9		1,6	1,3

Розрахунок комплексного поправочного коефіцієнта виконується за формулою:

$$K_{\lambda} = K_{\lambda 1} * K_{\lambda 2} * K_{\lambda 3} = 2,9 * 1,6 * 1,3 = 6,03$$

Далі розраховується загальна інтенсивність відмов:

$$\Lambda_{\text{заг}}'' = K * K_{\lambda} * \sum_{i=1}^m \lambda_{oi} * n_j \frac{1}{\text{ГОД}}$$

$$\begin{aligned} \text{де } \Lambda_{\text{заг}}'' &= 4 * 6,03 * 1,13 * (2 + 9,1 + 0,5 + 0,25 + 1,5 + 8,7 + 8,3 + 1,4) \\ &= 785,5 * 10^{-6} [1/\text{год}] \end{aligned}$$

Розрахунок наробіток на відмову виконується наступним чином:

$$\begin{aligned} T_0'' &= \frac{1}{\Lambda_{\text{заг}}''} [\text{год}]; \\ T_0'' &= \frac{1}{785,5 * 10^{-6}} = 1273 [\text{год}]. \end{aligned}$$

Таблиця 5.5 – Дані і результати розрахунків параметрів надійності точним методом

Параметр	Середнє значення інтенсивності відмов $10^{-6}$ [1/год]	Комплексний поправочний коефіцієнт, $K_{\lambda}$	Суммарна інтенсивність відмов $\Lambda''_{\text{заг}} * 10^{-6}$	Напрацювання на відмову, $T_0''$ , год
КУ	2.0	6,03	785,5 * $10^{-6}$	1273
Р-р	9.1			
БП	0.5			
РО	0.25			
ИМ	1.5			
ВП	8.7			
ПП	8.3			
ПБР	1.4			

Таблиця 5.6 – Дані для побудови графіку залежності  $P''(t)$

t, год	0	1666,7	3333,3	5000	6666,7	8333,3	10000
$P''$	1	0,278728	0,07769	0,021654	0,006036	0,001682	0,000469

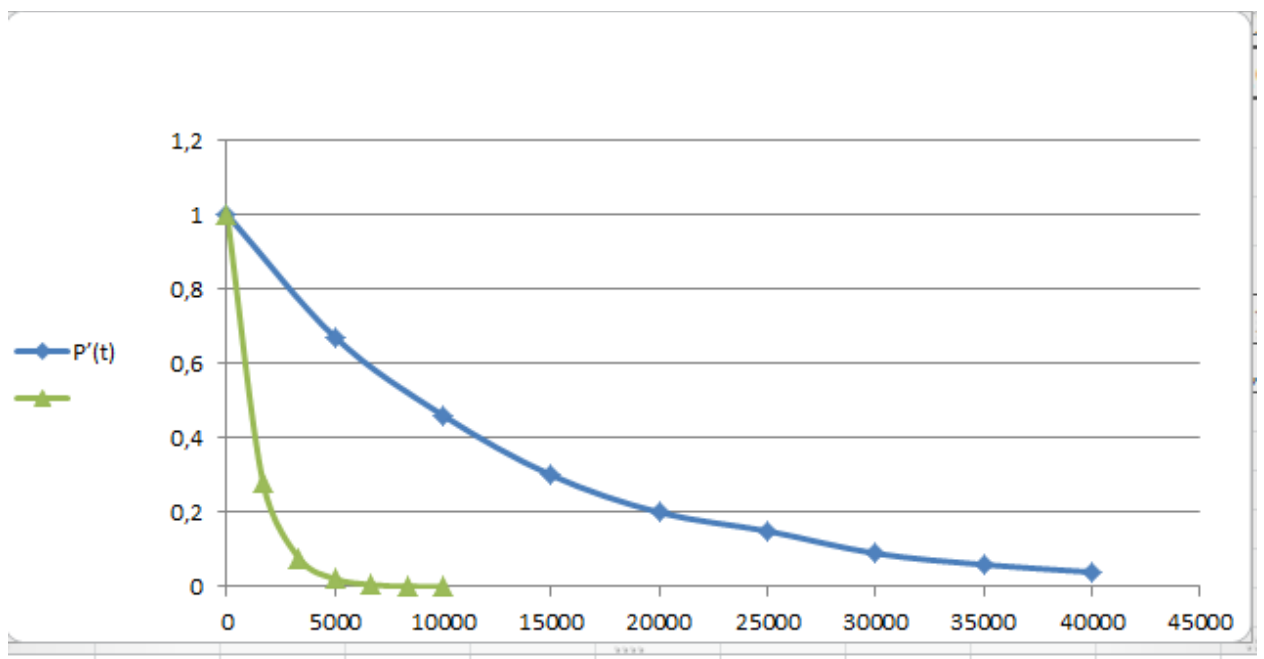


Рисунок 5.2 – Графік залежності  $P''(t)$

З графіку видно, що врахування режиму роботи елементів і дестабілізуючих чинників покращує точність розрахунку параметрів надійності порівняно з наближеним методом. Однак імовірність безвідмовної роботи системи значно зменшується з часом при точному розрахунку.

Визначимо гарантійний термін роботи нашої САР:

$$T_{\Gamma} = \frac{T_0}{8 * K_{\text{дн}} * M}$$

де 8 – кількість годин роботи;

$K_{\text{дн}}$  - кількість днів роботи на місяць;

$M$  – кількість місяців роботи на рік;

$$T_{\Gamma} = \frac{1273}{8 * 21 * 10} = 0,76 [\text{год}]$$

Середнє значення тривалості відновлення САР, при умові, що потрібне повне відновлення елементів:

$$T_B = \sum_{j=1}^q T_{Bj} * m_j, [\text{год}],$$

де  $q$  - кількість груп елементів з однаковим часом відновлення;

$T_{Bj}$ - середнє значення тривалості відновлення, год;

$m_j$  –кількість елементів у групі;

$$T_B = 0,5 * 8 = 4 \text{ год}$$

Таблиця 5.7 – Дані для розрахунку тривалості відновлення

Назва і типи елементів	Середня тривалість відновлення	Кількість елементів у групі
Перемикачі	0,5	8

Знайдемо коефіцієнт готовності:

$$K_{\Gamma} = \frac{1}{1 + \lambda_{\text{заг}} * T_{\text{В}}} = 0,00059$$

Підвищення надійності системи під час експлуатації вимагає вжиття спеціальних заходів, таких як використання блокової конструкції, стандартизація вузлів і блоків, а також забезпечення зручності перевірок і обслуговування.

На етапі проектування надійність системи без резервування досягається за допомогою наступних основних методів:

- використання простих і стабільних схем, що враховують можливості подальшого підвищення надійності під час експлуатації;
- застосування якісних та перспективних елементів і вибір режимів роботи, що зменшують електричне навантаження;
- розробка конструкцій, які мінімізують навантаження на систему і елементи, а також спрощують обслуговування;

Також важливо використовувати високонадійні агрегати і деталі, які забезпечуються самою природою (наприклад, агрегати без механічних передач), а також механізми, що самостійно забезпечують свою працездатність.

Етап конструювання системи є критичним для досягнення високого рівня надійності. Важливо орієнтуватися на прості структури з мінімальною кількістю елементів, що сприяє підвищенню надійності системи.



**6** **Замовна специфікація на весь комплекс технічних засобів системи автоматизації**

№ з/п	Позиція На ФСА	Назва засобу та коротка Технічна характеристика	Тип	Кількість
1	1A	SIEMENS CLS200	Датчик рівня	1
2	1B	Pepperl+Fuchs KFD2-STC4-Ex1	Перетворювач сигналу	1
3	1C	Yokogawa DX200	Регструючий прилад	1
4	1E	БРУ-16	Блок ручного управління	1
5	1F	МЕО 25/63-0,25	Пускач ПБР	1
6	1G	МЄО-100	Виконавчий механізм	1
7	1H	ДУП-М	Дистанційний показчик положення	1

## **7 Організаційне забезпечення системи автоматизації та розрахунок техніко-економічних показників**

### **7.1 Організаційне забезпечення системи автоматизації**

На заводі "Запоріжсталь" функціонують важливі служби автоматизації та механізації, які відіграють ключову роль у забезпеченні ефективності і безперебійності виробничих процесів. Ці служби мають на меті не лише впровадження та підтримку сучасних засобів автоматизації, механізації та вимірювальної техніки, але й постійно вдосконалюють їх для підвищення продуктивності, якості продукції та безпеки праці.

У цеху КВПіА, який є невід'ємною складовою заводу, служба забезпечує нормальне функціонування автоматизованих систем. Вони впроваджують нове обладнання і вдосконалюють існуючі технології, зокрема у реконструкції агломашини для оптимізації газоочищення, що є критичним для забезпечення стабільності виробничих процесів.

Ці служби не лише управляють існуючими технічними системами, але й активно розробляють і впроваджують нові технології і рішення для покращення ефективності та надійності виробничих процесів. Вони враховують всі аспекти виробництва, включаючи потреби в економічній ефективності, збільшення обсягів випуску продукції, покращення умов праці та зниження впливу на довкілля.

Завдяки комплексному підходу та системному керуванню, служби автоматизації та механізації грають важливу роль у забезпеченні конкурентоспроможності "Запоріжсталі" на ринку, дозволяючи підтримувати високі стандарти якості, ефективності і безпеки виробництва.

## 7.2 Розрахунок техніко-економічних показників

Техніко-економічне обґрунтування автоматизованої системи управління (АСУ) на заводі є ключовим етапом, спрямованим на обґрунтування її економічної доцільності та організаційно-економічних умов для її успішного впровадження і функціонування. Основні аспекти техніко-економічного аналізу включають розрахунок та аналіз витрат, необхідних для створення чи розвитку АСУ. Це охоплює витрати на програмне забезпечення, обладнання, налагодження системи, а також на підготовку персоналу.

Другий крок полягає в порівнянні цих витрат з очікуваними результатами після впровадження АСУ. Це включає збільшення обсягів виробництва продукції та підвищення її якості через оптимізацію використання ресурсів, таких як сировина, матеріали, паливо і трудові ресурси. Досягнення цих цілей сприяє економічній ефективності через зниження витрат та підвищення продуктивності праці завдяки усуненню простоїв обладнання і оптимізації часових ресурсів.

Для оцінки ефективності АСУ використовуються діючі оптові ціни та тарифні ставки, що дозволяє реалістично оцінити економічні показники системи. Очікуваний річний економічний ефект порівнюється з планованими показниками виробничо-господарської діяльності в умовах, коли АСУ не впроваджувалась, що дозволяє чітко визначити внесок системи в підвищення ефективності підприємства.

## 7.3 Розрахунок одноразових витрат АСУ

Одноразові витрати на створення АСУ визначаються за формулою:

$$K^A = K_{\Pi}^A + K_K^A \quad (7.1)$$

де  $K_{\Pi}^A$  – до виробничі витрати, грн;

$K_K^A$  – капітальні витрати, грн,

Довиробничі витрати на розробку АСУ розраховується за формулою:

$$K_{\Pi}^A = K_{\Pi P}^A + K_{\Pi O}^A + K_{\Pi IO}^A \quad (7.2)$$

де  $K_{\Pi P}^A$  – витрати на проектування АСУ, грн;

$K_{\Pi O}^A$  – витрати на розробку програмного забезпечення, грн;

$K_{\Pi IO}^A$  – витрати на підготовку інформаційного забезпечення тривалого користування (створення бази даних АСУ), грн.

Величина капітальних витрат визначається за формулою:

$$K_K^A = K_{KTC}^A + K_{\text{МОНТ}}^A - K_{\text{ВИВ}}^A, \quad (7.3)$$

де  $K_{KTC}^A$  – кошторисна вартість комплексу технічних засобів (КТЗ), грн;

$K_{\text{МОНТ}}^A$  – витрати на установку, монтаж і запуск КТЗ в роботу, грн..

$K_{\text{ВИВ}}^A$  – коштоварисна вартість комплексу технічних засобів, що вивільнилися у результаті впровадження АСУ, грн.

Таблиця 7.1 – КТЗ для створення АСУ

Найменування впроваджуваної автоматики	Кіл-сть	Цена, грн	Сума, грн	Встановлена потужність, W
КТР-1000	1	15000	15000	15
Omega PR-20-3-100	1	3500	3500	-
БРУ-42	3	4500	13500	3.6

WIKA A-10	2	1200	2400	2,8
ТХА-2388	2	2200	4400	-
ДУП-М	3	1300	3900	15
Endress+Hauser Micropilot FMR67	1	1500	1500	-
IFM Electronic TR7430	2	1250	2500	1,6
Yokogawa DX200	1	7000	7000	12
МСО-25/63-0,25	2	5000	10000	50
ПБР-3А	4	2500	10000	70
CFM310	1	9000	9000	10
Контроллер Allen- Bradley 1769-L32E	1	90000	90000	31
Супутні матеріали			8200	
Разом	24	-	180900	170.6

Таблиця 7.2 – Перелік одноразових витрат

Найменування	Сума, грн
1. Довиробничі витрати на розробку АСУ:	110000
• витрати на проектування АСУ	50000
• витрати на розробку програмного забезпечення	30000
• витрати на підготовку інформаційного забезпечення	30000
2. Капітальні витрати:	190000
• вартість комплексу технічних засобів	180900
• витрати на встановлення, монтаж та запуск КТЗ у роботу	9100
• вартість КТЗ, що вивільнилися в результаті впровадження	-
Всього одноразових витрат на створення АСУ	300000

#### 7.4 Розрахунок експлуатаційних витрат на функціонування АСУ

$$Z_{\text{експ}} = Z_{\text{зп}} + Z_{\text{ЕЛ}} + Z_{\text{А}} + Z_{\text{МАТ}} + Z_{\text{РЕМ}}, \quad (7.4)$$

де  $Z_{\text{зп}}$  – річні витрати на заробітну плату спеціалістів в умовах функціонування АСУ з відрахування на соціальне страхування, грн;

$Z_{\text{ЕЛ}}$  – річна вартість електроенергії, споживаної АСУ, грн.;

$Z_{\text{А}}$  – річна сума амортизаційних відрахувань, грн;

$Z_{\text{МАТ}}$  – річна вартість матеріалів, необхідних для функціонування АСУ (2% від вартості КТЗ), грн;

$Z_{\text{РЕМ}}$  – річна вартість ремонту обладнання (7% від вартості КТЗ), грн.

Розрахунок заробітної плати фахівця в умовах функціонування АСУ здійснюється за формулою:

$$Z_{\text{зп}} = \text{ЄСВ} + \text{ФОП}, \quad (7.5)$$

де ЄСВ – єдиний соціальний внесок (22% від ФОП);

ФОП – фонд оплати праці (Ставка робітника за рік).

Оскільки ставка робітника на місяць складає 13000 грн. Звідси маємо що  $\text{ФОП} = 12 * 13000 = 156000$ .

За формулою (7.5):

$$Z_{\text{зп}} = 156000 + 31200 = 187200 \text{ грн.}$$

Річна вартість електроенергії, споживаної АСУ, визначається формулою:

$$Z_{\text{ел}} = W * T_{\text{еф}} * C_{\text{е}}, \quad (7.6)$$

де  $W$  – встановлена потужність КТЗ, кВт;

$T_{\text{еф}}$  – ефективний фонд години роботи ТЗ, рік;

$C_e$  – вартість 1 кВт\*рік електроенергії, грн.

Річна вартість матеріалів, необхідних для функціонування АСУ розраховується за формулою:

$$Z_{\text{мат}} = 1124926 * 0,2 = 224985 \text{ грн};$$

$$Z_{\text{рем}} = 1124926 * 0,7 = 782448 \text{ грн.}$$

$$Z_{\text{експ}} = 14252449,9 + 2177,28 + 652,48 + 130496 + 456736 = 14842511,66 \text{ грн}$$

За формулою (7.4):

$$Z_{\text{ЕКСП}} = 117120 + 3173 + 12831 + 2333 + 8165 = 143662 \text{ грн}$$

### 7.5 Розрахунок очікуваної економії від впровадження АСУ

На даний момент агломашина випускає 1,140 тис. тонн агломерату на рік. З них 0,5% не придатного агломерату, що дорівнює 5700 тонн. Система АСУ дозволить знизити цей відсоток на 0,01%, що дорівнюватиме 114 тоннам.

На даний час ціна за тону агломерату складає = 22000 грн.  
Річна економія від впровадження АСУ:

$$E = 114 * 22000 = 2508000$$

Для знаходження річного економічного ефекту скористаємося формулою:

$$EE = E - \text{ЗЕКСП} \quad (7.9)$$

де  $E$  – річна економія від впровадження АСУ;

ЗЕКСП – річні витрати на експлуатацію;

ЗЕКСП = 143 662 грн;

$E = 265620$  грн.

За формулою (7.9):

$$EE = 2508000 - 143662 = 2364338 \text{ грн.}$$

Ефективність визначається за показниками:

1) термін окупності капітальних витрат ( $T_p$ ) на АСУ

$$T = \frac{1237418,6}{2364338} = 0,420,42/\text{рік} \quad (7.10)$$

де  $K$  – капітальні вкладення в АСУ,

$EE$  – річна економія від провадження АСУ.

2) рентабельність капітальних вкладень на АСУ:

$$E_p = \frac{E_{\text{рік}}}{K_K^A} = \frac{2508000}{1237418,6} = 0,202 \quad (7.11)$$



Таблиця 7.3 – Результати техніко-економічних показників

Показники	Одиниця вимірювання	Показник
Капітальні витрати		
1) Вартість засобів автоматизації	Грн.	180900
2) Витрати на проектування	Грн.	50000
3) Витрати на підготовку інформаційного забезпечення	Грн.	56000
4) Інші затрати	Грн.	25000
Разом	Грн.	311900
Експлуатаційні витрати		
1) Амортизаційні витрати	Грн.	15000
2) Витрати на утримання і обслуговування системи	Грн.	5000
3) Витрати на ремонт	Грн.	10000
Разом	Грн.	30000
Річна економія	Грн.	256620
Річний економічний ефект	Грн.	121958
Термін окупності капітальних вкладень	рік	3,74
Рентабельність вкладень	%	20,2

## 8 Техніка безпеки та охорона праці

### 8.1 Засоби попередження

На агломераційних підприємствах питання техніки безпеки та охорони праці мають першорядне значення через високий рівень потенційних небезпек, що супроводжують виробничий процес. Для зменшення ризиків та запобігання нещасним випадкам, впроваджуються різноманітні засоби попередження.

Одним із ключових засобів попередження є регулярні інструктажі та навчання працівників. Нові працівники, а також ті, що переходять на нові посади або обладнання, повинні пройти початковий інструктаж з техніки безпеки. Регулярно проводяться повторні інструктажі для всіх працівників, що дозволяє оновлювати їхні знання та навички щодо безпечного виконання робіт. Також здійснюється спеціальне навчання для роботи з небезпечними матеріалами та реагування на аварійні ситуації.

Для попередження нещасних випадків використовуються сигнальні системи та знаки. У місцях з підвищеною небезпекою встановлюються попереджувальні знаки, які інформують працівників про можливі ризики. Звукові та світлові сигнали використовуються для оперативного оповіщення про небезпеку або аварійну ситуацію, що дозволяє швидко вжити необхідних заходів.

Особиста безпека працівників забезпечується за допомогою засобів індивідуального захисту (ОЗЗ). Працівники отримують каски, респіратори, захисні окуляри, рукавички та інші ОЗЗ, які знижують ризик отримання травм або впливу шкідливих речовин. Особлива увага приділяється регулярній перевірці стану та справності цих засобів, а також їх своєчасній заміні.

Ефективні системи вентиляції встановлюються для забезпечення належної якості повітря у виробничих приміщеннях. Це особливо важливо в умовах агломераційного виробництва, де можливе виділення шкідливих речовин. Вентиляційні системи допомагають знижувати концентрацію пилу, газів та парів, що позитивно впливає на здоров'я працівників. Регулярна перевірка та обслуговування вентиляційних систем є обов'язковою умовою їх ефективної роботи.

Контроль за станом обладнання здійснюється через регулярні технічні огляди та планові ремонти. Використання справного та сертифікованого обладнання значно знижує ймовірність аварій та нещасних випадків. Профілактичне обслуговування дозволяє вчасно виявляти та усувати можливі несправності, що є важливою складовою забезпечення безпечних умов праці.

## 8.2 Шкідливі та небезпечні фактори у виробничій сфері

У виробничій сфері агломераційних підприємств існують численні шкідливі та небезпечні фактори, які можуть негативно впливати на здоров'я та безпеку працівників.

До фізичних факторів належать високі температури, що виникають під час випалення агломерату, а також шум від роботи обладнання та транспорту. Постійний вплив цих факторів може призводити до теплового стресу, опіків, порушень слуху та інших захворювань. Для зниження їх впливу використовуються засоби захисту та організаційні заходи, такі як обмеження часу перебування в небезпечних зонах, забезпечення охолоджуючих пристроїв та засобів захисту слуху.

Хімічні фактори включають виділення пилу, газів та парів під час виробничих процесів. Контакт з агресивними хімічними речовинами може призводити до отруєнь, опіків та інших негативних наслідків для здоров'я працівників. Для захисту від хімічних факторів використовуються

респіратори, спеціальний одяг, а також ефективні системи вентиляції, які забезпечують належну якість повітря у виробничих приміщеннях.

До механічних факторів відносяться ризики отримання травм через рухомі частини обладнання, падіння важких предметів або обвалення конструкцій. Для запобігання механічним травмам використовуються огороження, блокувальні пристрої, а також навчання працівників безпечним методам роботи з обладнанням.

Біологічні фактори включають можливість зараження інфекційними захворюваннями через контакт з біологічно небезпечними матеріалами. Для запобігання біологічним ризикам застосовуються заходи санітарного контролю, забезпечення особистої гігієни та використання відповідних засобів захисту.

### 8.3 Захист працівників від небезпечних речовин

Захист працівників від впливу небезпечних речовин є важливим аспектом охорони праці на агломераційних підприємствах. Для цього впроваджуються різноманітні заходи, що дозволяють зменшити або повністю усунути ризики для здоров'я.

Основним методом захисту є використання засобів індивідуального захисту (ОЗЗ). До них відносяться респіратори, які захищають дихальні шляхи від пилу, газів та парів, а також спеціальні костюми, рукавички та захисні окуляри, що оберігають шкіру та очі від контакту з небезпечними речовинами. Правильне використання та регулярна перевірка стану ОЗЗ є обов'язковими умовами їх ефективності.

Іншим важливим заходом є впровадження ефективних систем вентиляції, які забезпечують постійне оновлення повітря у виробничих приміщеннях. Це дозволяє знижувати концентрацію шкідливих речовин у повітрі та створювати безпечні умови для праці. Системи вентиляції повинні регулярно обслуговуватися та перевірятися на справність.

Організаційні заходи також відіграють важливу роль у захисті працівників. Це включає обмеження часу перебування у небезпечних зонах, забезпечення належних умов праці, дотримання норм та стандартів охорони праці. Проведення регулярних медичних оглядів дозволяє вчасно виявляти можливі захворювання, спричинені впливом шкідливих речовин, та вживати необхідних заходів для їх лікування.

#### 8.4 Законодавчі вимоги

Законодавчі вимоги до охорони праці на агломераційних підприємствах регулюються різними нормативними актами, які визначають правила та стандарти безпеки, обов'язкові для виконання.

Основним документом у сфері охорони праці є Закон України «Про охорону праці», який визначає основні принципи державної політики у цій галузі, права та обов'язки працівників і роботодавців, а також порядок організації та забезпечення охорони праці на підприємствах.

Крім того, існують галузеві нормативні акти, що регулюють специфічні вимоги до безпеки праці в окремих галузях виробництва. Наприклад, для агломераційних підприємств це можуть бути стандарти, що визначають правила роботи з небезпечними речовинами, вимоги до обладнання та засобів захисту.

Контроль за дотриманням законодавчих вимог здійснюється спеціальними органами, такими як Державна служба України з питань праці. Вони проводять регулярні перевірки підприємств, виявляють порушення та вживають заходів для їх усунення. Порушення вимог охорони праці може призводити до накладання штрафів, зупинки виробництва або інших санкцій.

Таким чином, дотримання законодавчих вимог та впровадження ефективних засобів попередження є ключовими аспектами забезпечення безпеки та охорони праці на агломераційних підприємствах.

## Висновок

Автоматизація агломераційної машини в умовах аглофабрики металургійного підприємства, зокрема ПАТ «Запоріжсталь», з впровадженням системи автоматичного регулювання подачі шихти на аглострічку, є значним кроком у підвищенні ефективності та якості процесу агломерації. Висновки даного проєкту підтверджують, що автоматизація цього процесу має значний потенціал покращити оперативність та рентабельність підприємства, зменшити витрати та покращити якість продукції.

Переваги впровадження системи автоматичного регулювання подачі шихти на аглострічку полягають у високій точності та швидкості реагування на зміни умов та параметрів процесу. Застосування сучасних технологій датчиків, контролерів та системи зворотного зв'язку дозволяє автоматично регулювати параметри подачі шихти, забезпечуючи оптимальні умови для досягнення високої якості агломерату.

Автоматизація агломераційної машини дозволяє зменшити втрати матеріалів, енергії та часу, які раніше виникали внаслідок людського фактору та недосконалостей ручного керування. Система автоматичного регулювання подачі шихти на аглострічку може забезпечити оптимальне розподілення матеріалу, підтримуючи стабільні умови термообробки. Це дозволяє досягти більш однорідної якості агломерату та зменшити відсоток бракованих виробів.

Крім того, автоматизація процесу агломерації значно підвищує рівень безпеки на робочому місці. Людські помилки та ризики, пов'язані з втратою контролю над процесом, мінімізуються завдяки системі автоматичного регулювання. Це зменшує ймовірність аварійних ситуацій та негативних наслідків для працівників та обладнання.

Впровадження проєкту автоматизації агломераційної машини з системою автоматичного регулювання подачі шихти на аглострічку дозволяє металургійному підприємству досягти значних переваг, таких як підвищення продуктивності, зниження витрат, покращення якості продукції та забезпечення безпеки праці.

Цей проєкт є важливим кроком у напрямку модернізації технологічних процесів та підвищення конкурентоспроможності підприємства на ринку.

## Перелік посилань

1. Зінченко Ю.М., Барішенко О.М. Теорія автоматичного управління. Запоріжжя : ЗДІА, 2010. 35 с.
2. Ніколаєнко А.М. Технічні засоби автоматизації. Цифрові регулятори. Запоріжжя : ЗДІА, 2009.-84 с.
3. Ніколаєнко А.М. Програмування ПЛК у Softlogic-системі. Запоріжжя : ЗДІА, 2008. 203с
4. Розробка проектів АСУТП автоматизації технологічних процесів.  
URL: <https://www.avigan.com.ua/news/105/?page=1#> (Дата звернення: 10.03.2024)
5. Специфікація на технічні засоби автоматизації.  
URL: <https://studfile.net/preview/10078629/page:3/> (Дата звернення: 15.03.2024)
6. Замовна специфікація на прилади та засоби автоматизації. URL: <https://studfile.net/preview/7312707/page:6/> (дата звернення: 15.03.2024)
7. Бабіченко А.К., Тошинський В. І., Михайлов В.С. Промислові засоби автоматизації Ч. 1 ,Харків : НТУ ХПІ, 2001. 470 с
8. Бабіченко А.К., Тошинський В. І., Михайлов В.С. Промислові засоби автоматизації Ч. 2 ,Харків : НТУ ХПІ, 2004. 470 с
10. Виробництво Агломерату. URL: <https://metinvest.media/ua/page/chtotakoe-aglomerat> (дата звернення: 20.03.2024)
- 11.Технологія отримання агломерату. URL: <https://iua.waykun.com/articles/aglomeracijne-virobnictvo-tehnologija-otrimannja.php> (дата звернення 22.03.2024)
- 12.Проектування систем АСУТП. URL: <http://www.ksimex.ua/subprojects/apcs-engineering> (дата звернення: 28.03.2024)



13. Функції АСУТП. URL: <https://www.trigla.com.ua/kompleksna-avtomatizacziya> (дата звернення: 01.04.2024)
14. Автоматизована система керування технологічним процесом. URL: <https://www.t-m.com.ua/career-tips-for-emerging-photographers-2/> (дата звернення: 05.04.2024)
15. Розрахунок надійності схеми автоматизації. URL: <https://studfile.net/preview/8896139/page:3/> (дата звернення: 10.04.2024)
16. Експлуатація приладів та засобів автоматизації. URL: <https://www.kstu.kz/wp-content/uploads/2018/05/tsifrovaya-mitallurgiya/el-uch-po-ampr/g127.htm> (дата звернення 19.04.2024)
17. Охорона праці. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0666-18#Text> (дата звернення: 25.04.2024)