

ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА»
Факультет автоматизації виробництва та цифрових технологій
Кафедра автоматизації, електро- та робототехнічних систем

«Допущено до захисту»
Гарант ОПП

Олексій КОЙФМАН

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня магістра

за підсумками виконання
освітньо-професійної програми
«Інтелектуальні системи управління та робототехнічні комплекси
в гірничо-металургійному виробництві»
за спеціальністю 174 Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології
та робототехніка

**на тему «Модернізація АСУ лінією приготування маси для пресу
з виробництва вогнетривів в умовах цеху магnezіальних виробів
заводу з виробництва вогнетривких виробів»**

Керівник роботи

Олексій РАЗЖИВІН

Консультант від
бази практики

Олексій ПІПКО

Кваліфікаційна робота містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело

Здобувач

Віктор ДОЦЕНКО

Підсумкова оцінка за атестацію			
--------------------------------	--	--	--

Голова ЕК

Андрій ЛЕОНОВ

Запоріжжя 2025

ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА»

Факультет	<u>автоматизації виробництва та цифрових технологій</u>
Кафедра	<u>автоматизації, електро- та робототехнічних систем</u>
Освітньо-кваліфікаційний рівень	<u>магістр</u>
Спеціальність	<u>174 Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка</u>
ОПП	<u>Інтелектуальні системи управління та робототехнічні комплекси в гірничо-металургійному виробництві</u>

ЗАТВЕРДЖУЮ

Гарант ОПП

_____ Олексій КОЙФМАН

27.11.2024 р.

**ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ МАГІСТРА**

ДОЦЕНКО Віктора Володимировича

(прізвище, ім'я, по батькові здобувача)

1. Тема роботи Модернізація АСУ лінією приготування маси для пресу з виробництва вогнетривів в умовах цеху магnezіальних виробів вогнетривкого заводу
керівник роботи Разживін Олексій Валерійович, доцент, канд. техн. наук
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)
затверджені наказом Університету від 14.10.2024 р. №238/14.10.2024
2. Термін подання роботи 03.02.2025 р.
3. Вихідні дані до роботи Навчальна література, державні стандарти з автоматизації, методична література з спеціальних дисциплін та дипломування, науково-дослідницькі роботи з тематики автоматичного регулювання та управління, літературні джерела, технологічні інструкції, результати власних експериментів та досліджень тощо
4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань) Анотація. Зміст. Вступ. 1. Аналіз предметної області (літературний огляд, недоліки існуючих систем, сучасні тенденції). 2. Постановка задач автоматизації та обґрунтування запропонованої структури системи управління та сигналізації технологічних параметрів (Основні задачі АСУТП, концепція роботи системи, обґрунтування та вибір технічних рішень). 3. Реалізація запропонованої системи (3.1. Вибір та обґрунтування технічних засобів автоматизації, 3.2. Проектування АСУ лінією приготування маси для пресу, 3.3. Математичне, алгоритмічне та програмне забезпечення окремих задач системи). 4. Економічне обґрунтування запропонованої системи. Висновки. Перелік використаних джерел. Додатки.
5. Перелік графічного (демонстраційного) матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень): 1. Схема функціональна автоматизації. 2.Взаємозв'язок функціональних завдань. 3. Схема структурна комплексу технічних засобів. 4. Блок-схеми алгоритмів керування та програмного забезпечення. 5. Презентація магістерської роботи.

Плакати (за вибором): результати розрахунків, розрахунок економічного ефекту, графіки, екранні форми тощо.

6. Консультанти по роботі, із зазначенням розділів роботи, що стосуються їх.

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта
Усі розділи	Разживін О.В., доцент кафедри АБЕРС

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи (проєкту)	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Розділ 1. Аналіз предметної області	31.12.2024	
2	Розділ 2. Постановка задач автоматизації та обґрунтування запропонованої структури комп'ютерної системи управління	03.01.2025	
3	Розділ 3. Реалізація запропонованої системи автоматизації	17.01.2025	
4	Розділ 4. Економічне обґрунтування запропонованої системи автоматизації	27.01.2025	
5	Висновки, перелік посилань, вступ, зміст, реферат	31.01.2024	
6	Подання завершеної роботи. Перевірка на академічний плагіат	03.02.2025	
7	Остаточне оформлення роботи, презентаційного матеріалу, автореферату	10.02.2025	
8	Рецензування завершеної роботи. захист	17.02.2025	

Здобувач вищої освіти _____ В.В. Доценко
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник курсового проєкту _____ Разживін О.В.
(підпис) (прізвище та ініціали)



ЗМІСТ

ВСТУП	6
1 АНАЛІЗ ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ (ЛІТЕРАТУРНИЙ ОГЛЯД, НЕДОЛІКИ ІСНУЮЧИХ СИСТЕМ, СУЧАСНІ ТЕНДЕНЦІЇ)	7
1.1 Опис існуючої системи управління технологічним об'єктом автоматизації.....	7
1.2 Аналіз недоліків існуючої системи автоматизації	14
1.3 Літературний огляд сучасних рішень при побудові системи автоматизації лінією приготування маси для пресу	16
1.4 Постановка завдань на проектування	19
2 ПОСТАНОВКА ЗАДАЧ АВТОМАТИЗАЦІЇ ТА ОБҐРУНТУВАННЯ ЗАПРОПОНОВАНОЇ СТРУКТУРИ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ТА СИГНАЛІЗАЦІЇ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ (ОСНОВНІ ЗАДАЧІ АСУТП, КОНЦЕПЦІЯ РОБОТИ СИСТЕМИ, ОБҐРУНТУВАННЯ ТА ВИБІР ТЕХНІЧНИХ РІШЕНЬ).....	21
2.1 Розробка функціональної схеми АСУ	21
2.2 Вибір засобів контролю технологічних параметрів	23
2.3 Вибір виконуючих механізмів регулювання технологічних параметрів	25
3 РЕАЛІЗАЦІЯ ЗАПРОПОНОВАНОЇ СИСТЕМИ.....	28
3.1 Вибір та обґрунтування технічних засобів автоматизації	28
3.2 Проектування АСУ лінією приготування маси для пресу	36
3.3 Математичне, алгоритмічне та програмне забезпечення окремих задач системи)	40
4 ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ЗАПРОПОНОВАНОЇ СИСТЕМИ .	49
4.1 Розрахунок вартості обладнання та робіт з модернізації	49
4.2 Розрахунок витрат при використанні лінії в поточному стані.....	52
4.3 Розрахунок витрат при приготуванні маси на інших лініях цеху.	53
4.4 Визначення економічної доцільності реалізації проекту	54
ВИСНОВКИ	56
ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	58
ДОДАТОК А.....	60
ДОДАТОК Б.....	62
ДОДАТОК В.....	63

АНОТАЦІЯ

Доценко Віктор Володимирович. Модернізація АСУ лінією приготування маси для пресу з виробництва вогнетривів в умовах цеху магnezіальних виробів заводу з виробництва вогнетривких виробів. - Кваліфікаційна праця на правах рукопису.

Кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня магістра за спеціальністю 174 «Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка». ОПП «Інтелектуальні системи управління та робототехнічні комплекси в гірничо-металургійному виробництві» – ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА», Запоріжжя, 2025.

Апробація роботи.

Об'єктом дослідження є система автоматичного управління лінією приготування маси для пресу з виробництва вогнетривів.

Предметом дослідження є автоматизація лінії до рівня, що вимагається сучасними умовами виробництва.

В першому розділі проаналізована предметна область автоматичної системи приготування маси. Надана загальна характеристика технологічного процесу та наявної системи автоматизації. Виявлені основні недоліки наявної системи автоматизації, проведено огляд літературних джерел з обраної тематики. Як результат – визначена необхідність модернізації наявної системи, та сформована основна частина задач, що їх планується вирішити в рамках кваліфікаційної роботи.

В другому розділі була розглянута лінія приготування маси як об'єкт управління, була розроблена структурна схема системи, підібрані засоби контролю за технологічними параметрами та виконавчі механізми регулювання.

В третьому розділі була розроблена структура системи автоматизації, обрані та обґрунтовані технічні засоби, спроектована лінія приготування маси для пресу, розроблене математичне, алгоритмічне та програмне забезпечення.

В четвертому розділі були розглянуті економічні питання модернізації лінії, розрахована вартість впровадження системи, вартість експлуатації системи в поточному стані, вартість виконання задач, що покладаються на лінію приготування маси на інші лінії приготування маси, що розташовані в цеху та оцінений очікуваний економічний ефект впровадження модернізації.

АВТОМАТИЗАЦІЯ, ЗВАЖУВАННЯ, МОДЕРНІЗАЦІЯ, ДОЗУВАННЯ, ПІД КОНТРОЛЕР, ЗМІШУВАЧ, УПРАВЛІННЯ, ТОЧНІСТЬ.



ВСТУП

У сучасному промисловому виробництві автоматизація відіграє дуже важливу роль у забезпеченні високої продуктивності, якості продукції та зниженні експлуатаційних витрат. Металургійне виробництво, зокрема виготовлення вогнетривкої цегли, вимагає точного дозування компонентів, ефективного змішування та високонадійних процесів виробництва. Використання застарілих методів керування суттєво обмежує можливості технологічних ліній, знижує якість готової продукції та збільшує витрати підприємства. Саме тому модернізація технологічних ліній є нагальною потребою для підвищення ефективності виробництва.

Одним із важливих процесів у виробництві вогнетривів є приготування маси для подальшого формування. Наразі лінія приготування маси пресу №4 цеху магнезійних виробів ПрАТ "Запоріжвогнетрив" має значні технічні недоліки, серед яких ручне керування, низька точність дозування та відсутність можливості оперативного регулювання параметрів процесу. Впровадження сучасної автоматизованої системи управління дозволить значно покращити точність дозування, досягти більш стабільної роботи обладнання, мінімізувати простой та зменшити витрати людських ресурсів. Крім того, автоматизація забезпечить можливість збору та аналізу даних про технологічний процес, що сприятиме подальшому вдосконаленню виробництва.

Актуальність даної роботи полягає в необхідності розробки нової системи управління технологічним процесом приготування маси, яка враховуватиме сучасні вимоги до автоматизації, дозволить підвищити якість продукції та знизити витрати на виробництво. Проєкт передбачає розробку алгоритмів управління, вибір та інтеграцію апаратного та програмного забезпечення, що забезпечить ефективне функціонування модернізованої лінії.

Апробація роботи:

Доценко В. В. Огляд модернізації лінії приготування маси для пресу вогнетривких виробів. Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології у виробництві та освіті : Всеукр. науково-практ. конф., м. Черкаси, 17 берез. 2024 р. с.46-47

1 АНАЛІЗ ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ (ЛІТЕРАТУРНИЙ ОГЛЯД, НЕДОЛІКИ ІСНУЮЧИХ СИСТЕМ, СУЧАСНІ ТЕНДЕНЦІЇ)

1.1 Опис існуючої системи управління технологічним об'єктом автоматизації

Лінія приготування маси для пресу з виробництва вогнетривів, система управління якої має бути модернізована в межах даної кваліфікаційної роботи, розташована на пресовій дільниці цеху магnezіальних виробів ПрАТ Запоріжвогнетрив, та приймає участь в технологічному ланцюгу виготовлення вогнетривкої цегли з сировини що основними компонентами містить хроміт та магнезит.

Коротко розглянемо виробничий ланцюг, елементом якого є лінія приготування маси. Сировина для виробництва (хроміт, магнезит, барда) транспортується до підприємства за допомогою залізничного або автомобільного транспорту та вивантажується на відповідних складах. За допомогою мостового крану та транспортерів мінеральна сировина подається на конусні, або шоківі дробарки де вона подрібнюється до необхідної фракції, далі за допомогою транспортерів та елеваторів сировина завантажується до гуркоту, де відбувається розподіл сировини на калібровані фракції, та завантаження в відповідні бункери. З бункерів сировина подається до пресової дільниці (відмітка 17,5м), або для подальшого подрібнення транспортується до дільниці трубних млинів, де подрібнюється до дрібної фракції з додаванням допоміжних компонентів за необхідності (уротропін, бита цегла та інше). Подрібнена сировина за допомогою балонів та пневматики транспортується трубопроводами до пресової дільниці. Барда за допомогою насосів подається на пресову дільницю під тиском зі складу барди. На пресовій дільниці сировина завантажується до бункерів місткістю 10-30тон на відмітці 17.5м. Бункери на дні мають механічну засувку, за допомогою якої відбувається завантаження в вагові бункери лінії приготування маси (відмітка 12.5м). Зважена сировина потрапляє в проміжні бункери, а потім в змішувач, де відбувається її вимішування разом із бардою (відмітка 9.5м) яка відміряється об'ємним методом. Після вимішування готова маса висипається на стрічку транспортеру та транспортується в бункер пресу (відмітка 5м). За допомогою вбудованого в прес транспортера сировина може або вивантажуватися в мішки, або використовуватися самим пресом. Автоматичний прес розворушує сировину в дробарці, та за допомогою завантажувальної каретки завантажує її в отвір матриці, де відбувається пресування цегли під високим тиском. Пресована цегла вивантажується на транспортер, та перевантажується на візки, або на вагон. В залежності від марки цегла сушиться в газовому сушилі, або випалюється в тунельній печі. Після випалювання або сушки вагон транспортується на місце вистигання, а потім на дільницю сортування. Цегла, що відповідає стандартам якості вантажиться на палети та

транспортується на склад, де пакується та відправляється замовнику залізничним або автомобільним транспортом, а бракована цегла за допомогою щокочових дробарок подрібнюється та використовується повторно.

Якщо розглянути лінію приготування маси більш детально то вона складається з трьох технологічних ланок: система дозування, система змішування та система транспортування до пресу. Лінія фізично розташована на кількох рівнях в будівлі цеху: система дозування (рисунок 1.1) розташована найвище (відмітка 12,5м), рівнем нижче знаходиться змішувач з проміжними бункерами, ще нижче транспортер для переміщення сировини в прес, та на нижньому рівні розташований прес, бункер та транспортер якого теж частково використовується в роботі лінії.



Рисунок 1.1 – Вигляд вагових дозаторів

Сировина накопичується в п'яти бункерах, об'ємом 20 тон, сировина в які завантажується на відмітці 17,5 м, на дні бункери мають засувку з ручним приводом для грубого регулювання швидкості завантаження сировини, два бункери містять дрібні порошки хроміту чи магнезиту, завантаження з них здійснюється за допомогою шнекових живильників, електропривід виконаний на основі асинхронного двигуна та магнітного пускача, швидкість набору не регульована, завантаження з цих бункерів здійснюється в ваговий дозатор №1 місткістю 300 кг. Три інші бункери містять великі порошки, та завантажуються до вагового дозатора №2 за допомогою вібраційних живильників, привід яких здійснюється за

допомогою магнітних пускачів та випрямляча, швидкість завантаження не регульована.

Відмірювання ваги здійснюється за допомогою аналогового ваговимірювального реле (рисунок 1.2), яке налаштовується на необхідну вагу поворотом вказівника та замикає свій контакт при досягненні встановленої маси.



Рисунок 1.2 – Ваговимірювальний модуль

Фізичне вимірювання ваги виконується за допомогою трьох тензOMETричних датчиків на кожному з ваговимірювальних бункерів (рисунок 1.3-А, 1.3-В). Датчики з'єднані в паралель та підключені до ваговимірювального модулю.

Після зважування заданої кількості компонента дно дозатора відчиняється та сировина пересипається до змішувача, відчинення відбувається за допомогою пневматичного циліндра та пневматичного розподільника. Положення засувки на дні контролюється за допомогою кінцевих датчиків. Після завантаження першого компонента відбувається завантаження наступного в той же ваговий дозатор, але за допомогою іншого ваговимірювального модулю, кожен з яких налаштований на свою вагу.

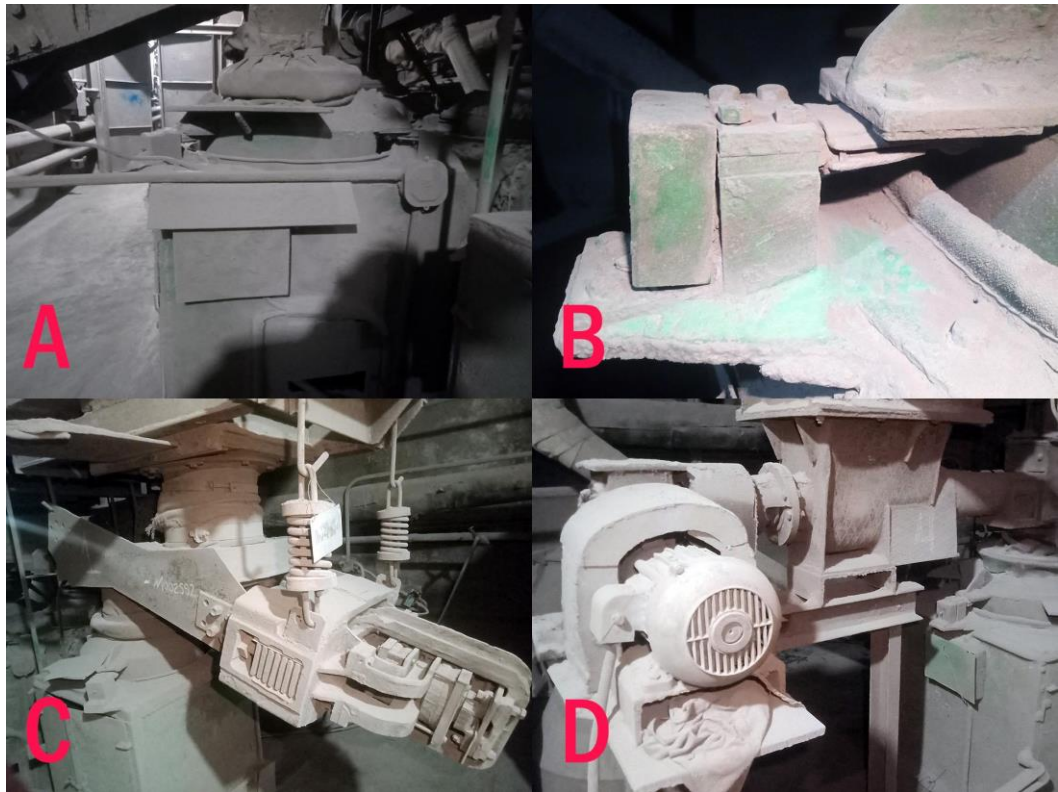


Рисунок 1.3 – Обладнання системи дозування: А – ваговий бункер; В – тензOMETричний датчик; С – вібраційний живильник; D – шнековий живильник

Паралельно з цим відбувається набір барди. Барда подається на рівень змішувача зі складу барди під тиском по трубопроводу, набір здійснюється за допомогою гідравлічної засувки з пневматичним приводом. Контроль рівня барди здійснюється за допомогою датчика рівня барди, який являє собою електрод, що спрацьовує при контакті з рідиною, спрацювання електроду фіксує сигналізатор рівня ЕС1011-М, та замикає свій контакт. Дозування відбувається об'ємним методом, кількість барди регулюється положенням електроду.

Вивантаження сировини з дозаторів відбувається при увімкненому змішувачі (рисунок 1.4) всередину нього. Після висипання порошоків до них додається відмірена доза барди. Змішування відбувається певний час, після чого вмикається транспортер завантаження у прес (рисунок 1.5), та шибер вивантаження зі змішувача та вимішана маса висипається на стрічку транспортеру, та перевантажується до прийомного бункеру пресу.

Увімкнення змішувача відбувається в ручному режимі та бокується датчиками закритого положення люку змішувача та датчиками наявності захисних огорожень. Електропривід змішувача – асинхронний двигун потужністю 75кВт, увімкнення електромагнітним пускачем.



Рисунок 1.4 - Змішувач



Рисунок 1.5 – Шибер змішувача та транспортер

Увімкнення транспортеру також здійснюється в ручному режимі, та може блокуватися захисними тросиками та датчиками наявності кожухів транспортеру. Електропривід транспортеру – асинхронний двигун

потужність 3 кВт, запуск двигуна здійснюється електромагнітним пускачем.

Положення шибери вивантаження зі змішувача контролюється за допомогою кінцевих вимикачів.

Рухаючись стрічкою транспортеру маса проходить під пристроєм який вилучає з неї металеві включення, що могли потрапити туди з трубних млинів, або на інших етапах виробництва. Пристрій являє собою електромагніт потужністю близько 1 кВт, до якого прилипають магнітні включення. Очищена сировина потрапляє в бункер пресу.

Хоча прес (рисунок 1.6) і не є частиною лінії приготування маси, він використовується і в її роботі. В звичайному режимі роботи лінія приготування маси виробляє сировину для пресу, і після завантаження її до бункеру пресу, сировина за допомогою вбудованого в прес транспортеру подається в дробарку пресу і використовується ним для виробництва цегли.



Рисунок 1.6 – Транспортер завантаження в прес та прес з виробництва вогнетривів

При виготовленні маси не для використання пресом, сировина після приготування також потрапляє в бункер пресу, але транспортер пресу вмикається в реверсивному режимі та сировина вивантажується в спеціальні мішки.

При роботі лінії на стінках змішувача утворюється налипання з сировини, який необхідно очищувати за допомогою відбійних молотків, відходи, які при цьому утворюються також вивантажуються через бункер

пресу та транспортер до кубелів, та транспортуються на повторну переробку.

Автоматика системи управління виконана, на базі електромеханічного командного приладу КЕП12-у (рисунок 1.7-С), який фактично являє собою дванадцять механічних таймерів, синхронізованих між собою спільним валом. На валу розташовані шайби спеціальної форми які при обертанні валу замикають відповідні контакти по заздалегідь встановленому алгоритму. Відлік часу таймеру може зупинятися, за умови певних обставин.

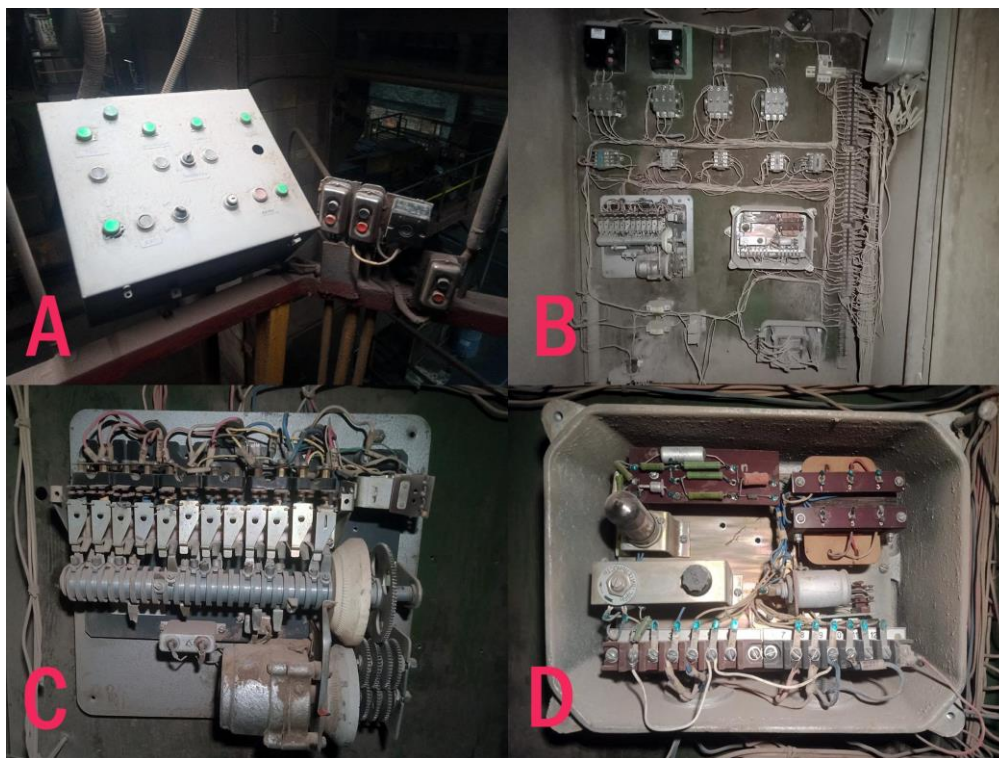


Рисунок 1.7 – Автоматика системи дозування: А – пульт керування; В – автоматика в шафі; С – електромеханічний командний прилад КЕП12-у; D – сигналізатор рівня ЕС1011-М

Керування лінією відбувається в автоматизованому режимі, коли оператор вручну вмикає такі пристрої як змішувач, транспортер, запускає завантаження компонентів або набор барди, а виконання операцій відбувається послідовно, за заздалегідь виставленим алгоритмом з витримками часу, які задані командним електромеханічним пристроєм. Зворотні зв'язки при цьому достатньо умовні, більшою частиною вони здійснюють блокування в таких випадках як незачинене положення шибери змішувача – вивантаження з вагових бункерів буде блоковане, при незачиненому положенні шибери вивантаження з вагового дозатору не буде починатися процес зважування і таке інше.

1.2 Аналіз недоліків існуючої системи автоматизації

Зважаючи на приведений вище опис наявної на даний час системи автоматизації та технологічної лінії в цілому можна виділити кілька суттєвих недоліків:

1) найбільшим недоліком є низький рівень автоматизації процесу приготування маси – оператор має постійно бути присутнім за органами керування лінії приготування маси та слідкувати за процесами набору вивантаження змішування, транспортування та іншими, це вимагає залучення набагато більшого залучення людських ресурсів до процесу виробництва;

2) ще одним вагомим недоліком є відсутність контролю більшості виконавчих механізмів, та, як наслідок відсутність блокувань при відхиленні технологічного процесу від завчасно визначеного алгоритму:, що може спричинити значні затримки так аварійні ситуації в ході виробництва. Так, при ввімкненні вивантаження змішувача при не ввімкненому транспортері може бути засипана стрічка транспортера, при завантаженні сировини в не ввімкнений змішувач він може бути механічно заблокований і так далі;


3) використання застарілих методів автоматизації призводить до того що оператору необхідно вручну запускати чисельні процеси та механізми у вірній послідовності, що потребує великої концентрації оператора, великих затрат людських ресурсів та може призвести в помилок в технології, аварійних ситуацій та інших негативних наслідків. Вручну запускаються такі процеси як попередній набір компонентів, запуск двигуна змішувача, транспортеру, електромагніту видалення металевих включень;

4) значні незручності оператору також доставляє те що органи керування лінією розосереджені по лінії, а сама лінія розташована на трьох рівнях в приміщенні цеху, це вимагає додаткових затрат часу на переміщення;

5) через те, що завантаження компонентів відбувається послідовно в один ваговий дозатор, та система управління не є інтелектуальною, на відмірювання компонентів чо завантажуються другим і третім відводиться додатковий час за який компонент має гарантовано завантажитися, і він є значно більшим ніж фактичний час, що затягує час роботи лінії;

6) через те що керування лінією здійснюється електромеханічним командним приладом немає можливості гнучкого регулювання витримок часу технологічних операцій, що негативно впливає на якість продукції, що виробляється на лінії;

7) при необхідності зміни якихось технологічних параметрів приготування маси потрібно регулювати шайби електромеханічного командного пристрою, який знаходиться в шафі автоматики, що вимагає залучення електротехнічного персоналу, та створює незручності в організації виробництва;



8) система побудована на досить архаїчному обладнанні, та не передбачає ведення журналу технологічного процесу, що унеможлиблює контроль за дотриманням технології оператором лінії, та може негативно сказатися на якості продукції;

9) конструктивно лінія приготування маси виконана таким чином, що на патрубках завантаження немає відсічних шиберів, тож після закінчення завантаження вібраційним живильником сировина може просипатися в вагові дозатори, що негативно впливає на точність завантаження та якість продукції;

10) неможливість регулювання швидкості завантаження шнековими та вібраційними живильниками збільшує вірогідність інерційного перевантаження сировини, що може привести до виробництва бракованих виробів, перевитрати сировини, та інших негативних факторів;

11) два попередніх фактори обумовлюють досить низьку та нестабільну точність завантаження сировини що знижує якість готової маси, чи навіть призводить до вироблення бракованої маси;


12) конструкцією лінії не передбачено проміжних бункерів для вже зваженої сировини, що унеможлиблює попереднє відмірювання компонентів до запуску процесу змішування, через це після зважування першого компоненту в ваговому дозаторі потребується увімкнути змішувач та вивантажити сировину, щоб звільнити ваговий дозатор. Завантаження наступних компонентів відбувається вже при працюючому змішувачі, що спричиняє надмірне споживання електричної енергії та невиправдану витрату ресурсу змішувача;

13) датчик барди має досить примхливу конструкцію - він вимірює рівень барди електродним методом, тож при застиганні барди на електроді датчику можливе не спрацювання датчику та перелив барди через верх бачку, що спричиняє технологічне забруднення та перевитрату барди, потребує зусиль на ліквідацію наслідків витоків та викликає простої обладнання як системи дозування, так і пресу з виробництва вогнетривів;

14) більшість елементів системи управління є дуже застарілими і вже давно знятими з виробництва, що викликає великі логістичні проблеми при необхідності заміни запчастин, та необхідність залучення інженерного персоналу в разі їх недоступності та необхідності переробки існуючої системи;

15) електропривід змішувача транспортеру та дозаторів виконаний на електромагнітних пускачах чи контакторах, та не має плавного пуску та можливості регулювання швидкості, що завдає великих ударних навантажень на електромережу та механічні приводи, що може спричинити передчасний вихід з ладу обладнання, що супроводжується вартісним ремонтом та простоями обладнання;

16) необхідність обертання змішувача з приводом потужністю 75кВт при завантаженні компонентів, неможливість регулювання швидкостей приводів, не автоматизовані механізми вмикання приводів викликають



суттєві перевитрати електричної енергії, що без потреби перевантажує енергомережу регіону, та негативно впливає на бюджет підприємства.

Таким чином, використання застарілих методів управління та застарілого обладнання автоматизації дозволяє зробити висновок про моральну та фізичну застарілість лінії та технологічну необхідність її модернізації.


1.3 Літературний огляд сучасних рішень при побудові системи автоматизації лінією приготування маси для пресу

Проводячи оцінку тематики кваліфікаційної роботи слід розглянути поточний стан наукової думки стосовно напрацювань в тематиці побудови систем приготування сумішей з мінеральної сировини, організації процесів дозування, змішування, транспортування, алгоритмів керування та інших аспектів, притаманних системам приготування маси. Тож, задля виконання цієї задачі буде проведено літературний огляд. Для пошуку наукових та популярних робіт були використані загальнодоступні інтернет джерела, такі як Scholar.google, IEEE Xplore, Grafiati, бібліотека технічного університету "Метінвест Політехніка" та інші.

Фундаментальні основи принципів автоматизації виробництва в цілому, а також принципи що використовуються при дозуванні сировини можна почерпнути в підручнику [1]. Це видання розглядає принципи побудови автоматизованих систем дозування, включаючи вибір датчиків, виконавчих механізмів та контролерів; методи регулювання процесів дозування (ПІД регулювання, адаптивне регулювання та інше; класифікацію методів дозування за принципом, з акцентом на їх перевагах, недоліках, та областях застосування; методи аналізу похибок дозування, з метою мінімізації впливу на точність процесу, а також інші відомості щодо проектування та експлуатації систем дозування.

Більш детально процеси вимірювання в автоматизації розглянуті в джерелі [2]. Проведено огляд різних методів вимірювання з акцентом на точність та похибки вимірювання. Розглянуті методи вимірювання маси (тензометричні, вагові платформи), об'єму (ємнісні, ультразвукові), витрати (електромагнітні, витратоміри змінного перепаду). Особлива увага приділена метрологічним характеристикам засобів вимірювання, для підбору датчиків, що найкращим чином підходять для забезпечення необхідної точності дозування, методам фільтрації та математичної обробки сигналів для зменшення впливу шумів та похибок на результати вимірювання.

Специфіку автоматизації в металургійній галузі розглядає посібник [3], зокрема питання транспортування та завантаження сипких матеріалів, системи контролю та управління технологічними параметрами, такими як температура, тиск, рівень, витрата, що є важливими для забезпечення стабільності технологічного процесу. Важливим аспектом що розглянуто в виданні є галузева специфіка, приклади реальних систем, та особливості застосування систем автоматизації в складних умовах. На



відміну від дисертації [18], що розглядає дозування металів за допомогою магнітних полів, цей посібник більш предметно освітлює питання побудови систем обробки мінеральної сировини.

Монографія [4] розглядає застосування сучасних інформаційних технологій в сільському господарстві. Хоча праця і не відноситься до металургійного виробництва, в контексті дозування сипучих матеріалів, вона містить інформацію про автоматизовані системи дозування матеріалів, методи підвищення точності дозування рідин та порошків.

Натомість, гарно передає галузеву специфіку та наводить приклади складних систем управління видання [5], тут розглянуто ієрархічні системи управління, від рівня окремих агрегатів до рівня цеху та підприємства, системи збору та обробки даних для моніторингу та аналізу технологічних процесів, системи диспетчеризації для координації роботи різних ділянок виробництва. Гарно подана ідея застосування комплексних систем управління в гірничо-металургійній галузі.

Принципи та тонкощі вагового дозування були розглянуті в наукових роботах, що зазначені нижче.

В статті [8] були розкриті питання розробки системи безперервного конвеєрного зважування гранульованих сипких матеріалів. Для безперервних технологічних процесів важливим фактором є точне зважування сировини під час її транспортування, це питання було розкрито з акцентом на проектування системи що мінімізує вплив динамічних факторів, таких як вібрації, коливання швидкості конвеєра на точність зважування.

Стаття [9] розглядає проблему підвищення точності зважування сипучих матеріалів в дозаторах з використанням двох тензодатчиків. Використання двох тензодатчиків дозволяє компенсувати вплив нерівномірного розподілу навантаження, динамічних відхилень та інших факторів, що призводять до похибок зважування. В роботі було проведено математичне моделювання процесу зважування та аналізі впливу різних факторів на точність.

Стаття [10] описує розробку малогабаритних комплексів для виробництва будівельних сумішей. Ідеєю статті є створення компактного та мобільного обладнання для приготування будівельних сумішей в умовах обмеженого простору або безпосередньо на будівельному майданчику. Особливу увагу автор приділив на оптимізацію конструкції та компонування обладнання, а також на автоматизацію процесів дозування та змішування. Напрацювання автора можуть бути доречними при проектуванні системи приготування маси в умовах обмеженого простору.

Окрім вагового дозування для приготування маси також можливо використовувати методи об'ємного дозування.

Так дисертація [17] присвячена дослідженню об'ємного дозування порошкових матеріалів за допомогою вібраційних модулів. Автор вивчав ідею використання вібрації для забезпечення рівномірної подачі та дозування порошкових матеріалів за об'ємом. Були досліджені впливи



параметрів вібрації (частота, амплітуда) на точність та рівномірність дозування.

В процесі приготування маси для пресу з виробництва вогнетривів не менш важливу роль відіграє процес дозування рідини, яка використовується в якості зв'язки в готовій суміші. Стаття [7] описує розробку інтелектуальної машини для наповнення йогуртом, що відповідає вимогам Industry 4.0. В роботі були розглянуті питання інтеграції сучасних інформаційних технологій (IoT, хмарні обчислення, штучний інтелект) в процес дозування рідини для підвищення ефективності, гнучкості та автоматизації виробництва. Особливу увагу автор приділив створенню системи, що здатна до самодіагностики, оптимізації параметрів дозування в реальному часі та обміну даними з іншими системами підприємства.

Інформаційно-вимірювальна система, що описана в статті [13] забезпечує гарний контроль за параметрами приготування сумішей для виробництва тротуарної плитки, жорсткий контроль за рецептурою дозволяє досягти стабільної якості готового продукту, та зниження відсотку браку.


Окрім технічного аспекту розробки систем автоматизації в сучасному світі дуже важливим є проектування зручних та наочних інтерфейсів оператора, що зазвичай реалізуються за допомогою SCADA-систем. Робота [14] присвячена вибору SCADA-системи для автоматизації дозування рідини. Автор зайнявся обґрунтування критеріїв вибору SCADA-системи, що найкраще відповідає вимогам конкретного процесу дозування. Акцент було зроблено на функціональних можливостях SCADA-систем, таких як збір даних, візуалізація, управління, сигналізація та звітність.

Системний підхід до розробки системи дозування також продемонстровано в дипломній роботі [19], автор якої створив математичну модель системи дозування та розробив просунутий алгоритм управління.

Не менш важливою задачею при проектуванні систем управління технологічними процесами є синтез регуляторів. Так, автори роботи [15] застосували методи теорії автоматичного керування для синтезу регуляторів, що забезпечують високу точність та швидкість дозування. Були розглянуті та промодельовані різні типи регуляторів, такі як нечіткі регулятори, адаптивні та ПІД регулятори.

В роботі [21] були розглянуті тонкощі побудови інформаційно-вимірювальних систем при виробництві сумішей, а в [16] практичний підхід до реалізації апаратно-програмного комплексу для автоматизованого дозування комбікормів. Містить практичну інформацію про інтерфейси зв'язку між елементами системи, алгоритми управління та методи калібрування дозаторів

Окрім вдосконалення алгоритмів управління процесами дозування можливо використовувати це й оригінальні пристрої дозування, а також їх



параметри, що може забезпечити більш безпроблемне та безупинне функціонування лінії.

Цікаве дослідження провели автори статті [12], де емпіричними методами було з'ясовано вплив характеристик органів, що регулюють вагових комірок (таких як засувки, клапана, живильники) на перебіг процесу дозування. Були проведені експерименти з різними типами виконавчих механізмів, вимірюючи їх характеристики, такі як швидкість спрацювання, точність дозування, лінійність, гістерезис. Результати експериментів використовуються для вибору оптимальних елементів для конкретних умов дозування. Експериментальний підхід дозволяє отримати реальні дані про характеристики елементів систем дозування, що є важливим для їх практичного застосування.

Праця [20] розглядає оптимізацію параметрів бункерного живильника для забезпечення рівномірної та точної подачі сипких матеріалів. Акцент зроблено на експериментальному дослідженні впливу конструктивних параметрів живильника на характеристики дозування, а джерело [6] детально розглядає конкретні приклади обладнання для дозування, зважування та пакування. Це дозволяє обирати обладнання під визначені характеристики об'єкту.

Так в патенті [22] представлена оригінальна конструкція дозатору сипких матеріалів, що може вирішувати проблему грудкування сировини. В патенті детально описано конструкція та принцип дії.

Ще одна цікава конструкція та метод дозування сипких матеріалів описана в патенті [24], автор описує конструкцію та особливості пристрою.


А патент [23] описує дозатор, призначений для дозування важкосипких матеріалів. Автор патенту поставив за мету розробити конструкцію дозатора, що забезпечує надійне дозування матеріалів, що мають тенденцію до злежування або утворення склепінь, та успішно реалізував її. Були розроблені технічні рішення, що запобігають заклинюванню та забезпечують рівномірну подачу матеріалу.

Хоча тематика проектування систем дозування наразі і розглядається в досить великій кількості наукових робіт, але більшість технологічних об'єктів вимагає підлаштування параметрів управління та методів під себе, особливо коли річ йде про модернізацію обладнання, що вже існує. Таким чином можна сказати що розробка системи приготування маси для пресу з виробництва вогнетривів має сенс для визначеного підприємства, що і буде реалізовано в наведеній роботі магістра.

1.4 Постановка завдань на проектування

Розробка системи управління для процесу дозування порошкоподібних компонентів передбачає кілька ключових етапів, кожен з яких спрямований на підвищення точності, продуктивності та надійності виробництва.

Одним із головних завдань є забезпечення точності дозування, що потребує постійного контролю параметрів та їх коригування. Важливо



оптимізувати алгоритми керування, щоб підвищити продуктивність і мінімізувати вплив людського втручання у процес.

Створення структури системи управління починається з вибору програмованого логічного контролера (ПЛК) та відповідних периферійних пристроїв. Далі розробляється функціональна схема, яка визначає взаємодію всіх елементів системи. Розробляється структура проекту, що складається з кількох польових станцій, визначається розміщення обладнання.

Розробка програмного забезпечення охоплює створення алгоритмів для дозування, змішування та транспортування сировини. Логіка керування реалізується через ПЛК, а візуалізації процесів та налаштування параметрів відбувається через сенсорну панель. Важливо також передбачити функції збору та аналізу статистичних даних, що дозволить оцінювати ефективність роботи системи та вчасно виявляти можливі відхилення.

Ще одним важливим аспектом є вибір та інтеграція технічних засобів. Для контролю технологічних параметрів підбираються відповідні датчики, а для реалізації керування – виконавчі механізми. Додатково впроваджуються засоби безпеки, які мінімізують ризики аварійних ситуацій.

Після розробки основних елементів системи проводиться оцінка її ефективності. Моделювання роботи дозволяє виявити слабкі місця та оптимізувати процеси. Аналіз витрат і продуктивності допомагає оцінити економічну доцільність впровадження, а порівняння з існуючими рішеннями дає змогу визначити переваги нової системи.

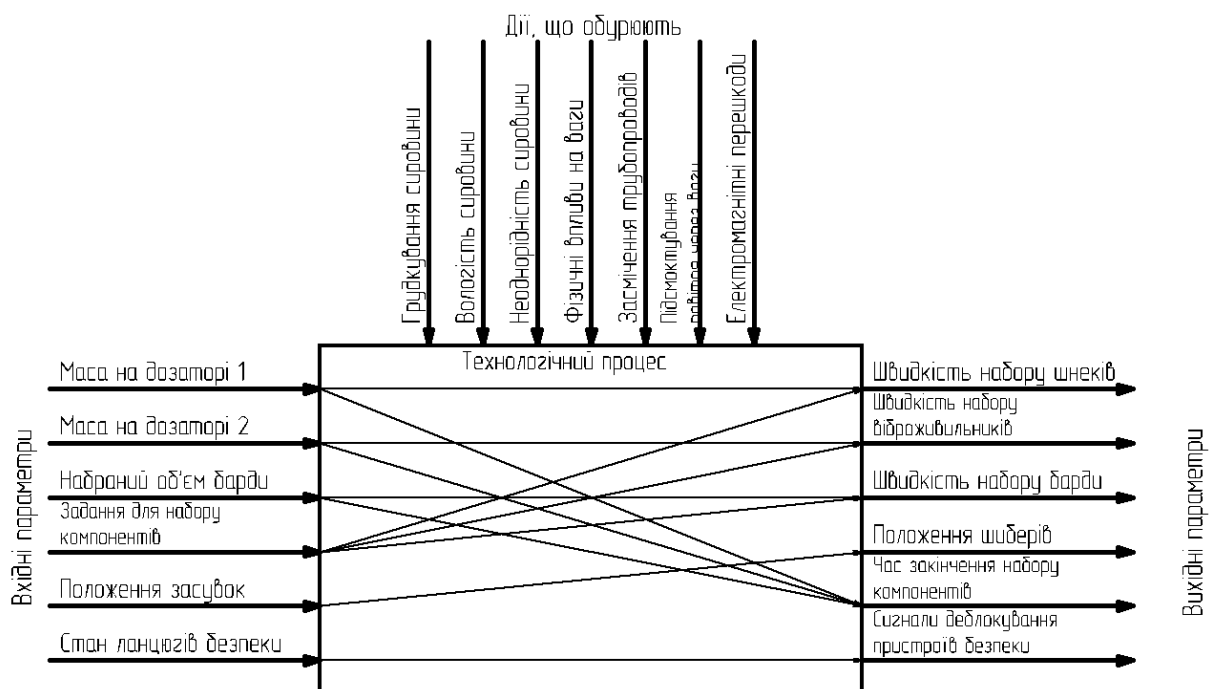
До автоматизованої системи висуваються високі вимоги. Вона має забезпечувати високу точність дозування, автоматично регулювати швидкість подачі компонентів та дозволяти швидке налаштування параметрів рецептури. Крім того, важливими є контроль аварійних ситуацій, збереження та аналіз даних, а також інтеграція з іншими системами управління підприємства.

Проєкт модернізації має значно підвищити ефективність виробництва, зменшити витрати сировини, скоротити простой обладнання та покращити якість кінцевого продукту.

2 ПОСТАНОВКА ЗАДАЧ АВТОМАТИЗАЦІЇ ТА ОБҐРУНТУВАННЯ ЗАПРОПОНОВАНОЇ СТРУКТУРИ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ТА СИГНАЛІЗАЦІЇ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ (ОСНОВНІ ЗАДАЧІ АСУТП, КОНЦЕПЦІЯ РОБОТИ СИСТЕМИ, ОБҐРУНТУВАННЯ ТА ВИБІР ТЕХНІЧНИХ РІШЕНЬ)

2.1 Розробка функціональної схеми АСУ

Розглянемо технологічний процес як об'єкт автоматизації можна зазначити що основними вхідними параметрами лінії є маса сировини у дозаторах, об'єм рідини, що в'яже, завдання для набору компонентів, положення засувок та стан ланцюгів безпеки. Вихідними ж параметрами є швидкості набору шнеками, віброживильниками, швидкість набору барди, завдання керування шиберами, сигнали деблокування пристроїв безпеки, та час закінчення набору компонентів. При цьому на технологічний процес діють такі дії, що обурюють, як грудкування сировини, зміна вологості сировини, неоднорідність сировини, засмічення трубопроводів, підсмоктування сировини, електричні перешкоди.



Рисунк 2.1 – Технологічний процес, як об'єкт управління

Виходячи з недоліків існуючої системи, та керуючись досвідом цеху з використання систем приготування маси, а також міркуваннями уніфікації обладнання цеху, та неможливості реалізації деяких функцій на поточному обладнанні, було прийнято рішення в проекті замінити бункери вагового дозатору на круглі бункери що монтуються до нерухомої рами консольно на тензометричному датчику. Також відсутність проміжного

бункеру не дає можливості відміряти необхідний для замісу об'єм сировини, тому доводиться набирати частину сировини, запускати змішувач, висипати сировину з вагового дозатору, та відміряти нову дозу вже при запусненому змішувачі, це спричиняє розтягування зважування по часу та велику перевитрату електричної енергії (див. п.4.2). Зважаючи на це вважаю доцільним додати проміжні бункери для вагового дозатору 1 та 2, та проектування виконувати для системи в якій вони присутні.

В проекті будуть наявні три основні підсистеми: підсистема нижнього рівня, що буди збирати інформацію з датчиків та реалізовувати впливи, що керують, інформаційну підсистему, та підсистему управління. Взаємозв'язок функціональних задач для цих підсистем наведено на рисунку 2.2.

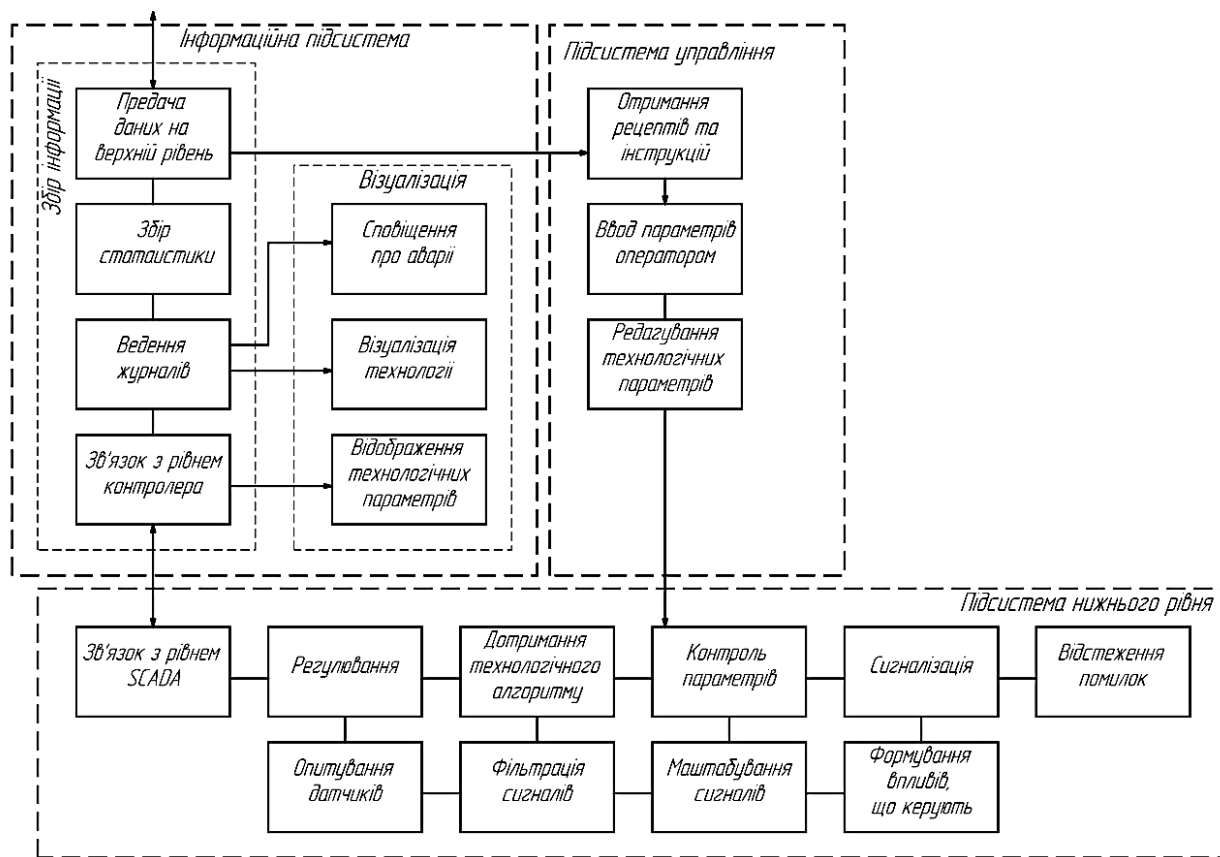



Рисунок 2.2 — Взаємозв'язок функціональних задач

На підсистему нижнього рівня, яка реалізована на базі ПЛК покладені основні функції керування технологічним об'єктом такі як опитування датчиків, фільтрація сигналів та їх масштабування, контроль технологічних параметрів та їх регулювання, дотримання алгоритми керування технологічним об'єктом, формування впливів, що керують, а також відстеження помилок в роботі лінії та сигналізація про них оператору.



Підсистема управління, що реалізована на базі панелі оператора, основною своєю функцією має задання технологічних параметрів, параметрів рецептів, та контроль за технологічним процесом з боку оператора.

Інформаційна підсистема, що також реалізована за допомогою панелі оператора, реалізовує функції візуалізації технологічного процесу, відображення технологічних параметрів та сигналів аварій, а також функції зв'язку з рівнем контролера, ведення журналів роботи лінії, збирання статистичних даних та передачі цих даних до бази даних системи верхнього рівня.

Враховуючи вищенаведене зауваження створимо функціональну схему за якою буди функціонувати лінія (додаток В).

2.2 Вибір засобів контролю технологічних параметрів

Керуючись стандартами АСУТП що наразі діють на підприємствах групи «Метінвест» та переліком обладнання що вже використовується на обладнанні цеху, та гарно себе зарекомендувало підберемо датчики для контролю необхідних технологічних та технічних параметрів.

Основними, та найважливішими параметрами, що мають контролюватися в лінії приготування маси є маса сировини що буде завантажуватися в змішувач, та об'єм барди, що буде використовуватися як зв'язка, ці параметри напряду впливають на якість готової продукції.

Для вимірювання ваги буде використаний тензOMETричний датчик CAS BCH-1T. Цей датчик фіксується однією стороною на нерухомому опорі, а на іншу консольно підвішується ваговий дозатор, таким чином що датчик вигинається на злам, фіксуючи вагу. Діапазон вимірювання датчика – до 1000кг, чого достатньо для бункера вагою близько 100кг та максимального об'єму сировини до 500кг. Вихідний сигнал датчику - резистивний міст, датчик буде підключатися напряду до ваговимірювального модулю контролера та не потребує додаткових перетворювачів.

Об'єм барди буде вимірюватися об'ємним методом за допомогою ультразвукового датчику Siemens 3RG6112. Барда буде поступати в циліндричну ємність площа горизонтального перетину якого заздалегідь відома, тож вимірявши висоту на яку піднялася барда буде порохований її об'єм. Датчик буде встановлено в кришку бачку. Діапазон вимірювання датчику 0,2-1м, а вихідний сигнал 4..20мА.

Для впевненої роботи пневматичних механізмів на вході пневматичної системи буде встановлено датчик тиску повітря 0..6 бар, 4..20мА, при бажаному робочому тиску в пневмосистемі 4-5 бар.

Положення пневматичних засувок, що будуть встановлені під живильниками №1-5, на дні дозаторів 1 та 2, на подачі та зливні барди, та на дні проміжних бункерів будуть контролюватися датчиками положення засувок Samozzi APL-220N/ MBP100. Блок контролю положення засувок має всередині безконтактні індукційні датчики да формує два дискретних сигнали – відкритого та закритого положення засувки.

Положення шибера вивантаження буде контролюватися герконовими датчиками Camozzi CST-232-5. Ці датчики будуть встановлені на пневматичний циліндр приводу шибера, та фіксувати відкрите та зачинене положення дискретними сигналами.


Для запобігання неконтрольованому заклинюванню приводів змішувача та транспортера, або виявлення інших ситуацій коли вони перестали обертатися на валу цих механізмів буде встановлено прапорець, обертання якого буде фіксуватись універсальним індуктивним датчиком Festo SIEH-M12B-PS-K-L-CR, що формує дискретний сигнал.

Для того щоб переконатися в успішному пересипанні сировини з проміжних бункерів до змішувача, в проміжних бункерах буде встановлено вібраційний датчик Endress+Hauser FTM-A4HA1J-00300mm. Над датчиком необхідно встановлювати захисний навіс, щоб уникнути хибних спрацювань. Вихід датчику релейний – він буде комутувати сигнал постійного струму та формувати дискретний сигнал.

Повний перелік використаних датчиків, та сигналів що вони формують, наведено в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 — Аналогові та дискретні датчики, що будуть використані на лінії, та діапазони їх сигналів

Параметр, що контролюється	Модель	Діапазон	Сигнал	Кількість
Маса бункеру 1, 2	CAS BCH-1T	0..1000 кг	Резистивний міст	2
Рівень в бачку бари	Siemens 3RG6112	0,2..1 м	4..20mA	1
Тиск повітря	Siemens 7MF1563-3BG00	0..6 бар	4..20mA	1
Положення засувки	Camozzi APL-220N/ MBP100	on-off	24VDC	10
Положення шибера вивантаження	Camozzi CST-232-5	on-off	24VDC	2
Контроль обертання змішувача, транспортера	Festo SIEH-M12B-PS-K-L-CR	on-off	24VDC	2
Контроль люку змішувача	Festo SIEH-M12B-PS-K-L-CR	on-off	24VDC	2
Контроль захисних огорожень	Festo SIEH-M12B-PS-K-L-CR	on-off	24VDC	4
Наявність сировини в бункерах	Endress+Hauser FTM-A4HA1J-00300mm	on-off	24VDC	2



З метою безпеки буде контролюватися закриття положення ревізійного люку змішувача, двома індукційними датчиками, що встановлені біля люку, такими самими датчиками буде контролюватися і закриття положення захисних огорожень, та наявність захисних кожухів транспортеру.

2.3 Вибір виконуючих механізмів регулювання технологічних параметрів

Апаратуру, що буде керувати лінією приготування маси для пресу з виробництва вогнетривів, можна розділити на дві групи: електропривід та електрообладнання, та пневматичне чи гідравлічне обладнання.

Завантаження дрібних компонентів до вагових дозаторів відбувається шнековими живильниками з приводом асинхронним двигуном, потужністю 3кВт. Керування двигуном будемо здійснювати за допомогою перетворювача частоти Schneider Electric ATV610 3кВт 380-460В IP20. Для забезпечення високої точності завантаження перетворювач частоти буде керуватися сигналом 0..10в для регулювання швидкості обертання шнеку. На два шнеки буде встановлено один частотний перетворювач, а необхідний шнек буде підключатися електромагнітним пускачем Siemens 3RT2016-1BB41, що керується дискретним сигналом 24в.

Завантаження великих компонентів буде здійснюватися вібраційним живильником, керувати яким будемо за допомогою блоку керування віброживильником Aviteq VIBTRONIC IC(E). Блок підтримує регулювання інтенсивності вібрації та керується сигналом 0..10в.

Частота обертання валу транспортеру не потребує регулювання під час роботи, тож управління частотним перетворювачем Schneider Electric ATV610 2,2кВт 380-460В IP20 буде здійснюватися дискретним сигналом, а необхідна частота обертання валу транспортеру буде задана в налаштуваннях самого перетворювача частоти.

Привід змішувача має досить велику потужність (асинхронний двигун 75кВт) та важкий старт, тож для зниження пускових струмів, та ударних навантажень на електромережу та механічну частину змішувача привід підключено через пристрій плавного пуску Siemens 3RW4427-1BC44. Привід керується дискретним сигналом. Перед запуском приводу з міркувань безпеки вмикається сигналізація.

Сигналізація Siemens 8WD4420-0EA2 буде розташована так, щоб її було чути біля змішувача та транспортера, вмикається дискретним сигналом.

Виконавчі пристрої електроприводу та електрообладнання, та діапазони їх сигналів керування наведені в таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 – Виконавчі пристрої електроприводу та електрообладнання, та діапазони їх сигналів

Параметр, що керується	Модель	Діапазон	Сигнал	Кількість
Блок управління віброживильником 3-5	Aviteq VIBTRONIC IC(E)	1..100%	0..10VDC	3
Частотний привід шнеків	Schneider Electric ATV610 3кВт 380-460В IP20	1..100%	0..10VDC	1
Частотний привід транспортеру	Schneider Electric ATV610 2,2кВт 380-460В IP20	on-off	24VDC	1
УПП приводу змішувача	Siemens 3RW4427-1BC44	on-off	24VDC	1
Пускач шнеку 1, 2	Siemens 3RT2016-1BB41	on-off	24VDC	2
Сирена	Siemens 8WD4420-0EA2	on-off	24VDC	1

Регулювання подачі барди на лінії буде здійснюватися пропорційною гідравлічною засувкою Belimo AVK24A-SZ-TPC, одночасно з цим ця засувка виконує функцію аварійного клапану подачі барди. Відсоток відкриття регулюється сигналом 0..10в, та відстежується по зворотному зв'язку.

Окрім пропорційного клапану набирання барди обмежується ще дискретною засувкою що приводиться в дію пневматикою через пневматичний розподільник Camozzi 358-015-02IL. Розподільник керується електромагнітом 24в постійного струму з модулю дискретних виходів контролера.

Злив барди так само здійснюється пневматичною засувкою з пневматичним розподільником Camozzi 358-015-02IL.

Обдув бункеру дрібних компонентів здійснюється пневматикою за допомогою спеціальних форсунок, стиснене повітря до форсунок подається з допомогою такого самого розподільника, так само, як і обдув дозатору дрібних компонентів.

Шибер змішувача має привід виконаний на базі пневматичного циліндру, тиск на який подається та скидається пневматичним розподільником. Пневматичний циліндр має всередині спеціальний магнітний шток, за допомогою якого герконовими датчиками можна відстежувати положення штоку.

Шибери подачі компонентів 1-5, дно дозаторів 1 та 2, дно проміжних бункерів 1 та 2 приводяться в рух пневматичними приводами, які керуються пневматичними розподільниками Camozzi 358-015-02IL.

Виконавчі пристрої пневматичної та гідравлічної системи лінії, та сигнали що необхідні для здійснення керування ними наведено в таблиці 2.3.

Таблиця 2.3 – Виконавчі механізми пневматичної та гідравлічної системи лінії, та їх сигнали керування

Параметр, що керується	Модель	Діапазон	Сигнал	Кількість
Аварійний клапан барди	Belimo AVK24A-SZ-TPC	1..100%	0..10VDC	1
Шибери подачі компонентів 1-5	Camozzi 358-015-02IL	on-off	24VDC	5
Обдув дозатору 1	Camozzi 358-015-02IL	on-off	24VDC	1
Обдув проміжного бункеру 1	Camozzi 358-015-02IL	on-off	24VDC	1
Дно дозатору 1,2	Camozzi 358-015-02IL	on-off	24VDC	2
Дно проміжного бункеру 1,2	Camozzi 358-015-02IL	on-off	24VDC	2
Подача барди	Camozzi 358-015-02IL	on-off	24VDC	1
Злив барди	Camozzi 358-015-02IL	on-off	24VDC	1
Відкриття шибера змішувача	Camozzi 358-015-02IL	on-off	24VDC	1

3 РЕАЛІЗАЦІЯ ЗАПРОПОНОВАНОЇ СИСТЕМИ

3.1 Вибір та обґрунтування технічних засобів автоматизації

Функціонально лінію приготування маси можна розділити на три основні технологічні підсистеми, а саме на:

- систему дозування;
- систему змішування;
- систему транспортування.

Ці системи розташовані на різних рівнях в виробничому приміщенні, тому найкращою в даному випадку схемою компонування системи автоматики є система з контролером та розподіленою периферією.

Така компоновка дозволить мінімізувати довжину дротів, якими будуть підключені датчики та виконавчі механізми, що дозволить знизити вплив електромагнітних перешкод, зекономити кошти на прокладці кабельних трас, підвищити зручність обслуговування та ремонту обладнання. В системі керування будемо використовувати три станції, та пульт управління.

Перша станція буде містити в своєму складі програмований логічний контролер з модулями периферії та буде розташована в головній шафі автоматики. Ця станція буде обслуговувати пристрої автоматики в силовій шафі, та знаходитися на нижньому рівні, поряд з транспортером та приводом змішувача.

Друга станція буде розташована на рівні змішувача та буде обслуговувати в основному датчики та виконавчі механізми, що там розташовані, це обладнання що здійснює завантаження та вивантаження сировини до змішувача та проміжних бункерів, а також кнопки та перемикачі на пульті керування. Сам пульт з панеллю керування також буде розташований на цьому рівні, неподалік від змішувача.

Третя станція буде розташована на верхньому рівні, поряд з ваговими дозаторами, та буде обслуговувати апаратуру що здійснює подачу сировини в дозатор, зважування її, та пересипання до проміжних бункерів.

З'єднання станцій буде виконуватися за допомогою мережевих кабелів, комутація яких буде здійснюватися через мережевий комутатор, розташований в головній шафі автоматики.

Живлення станцій буде відбуватися з блоку живлення 24VDC, через автоматичні вимикачі. Окремі лінії живлення будуть підключені до груп вихідних модулів, що також дозволить захистити їх автоматичними вимикачами, та реалізувати систему аварійного відключення за допомогою реле безпеки. Ланцюги безпеки, такі як датчики спрацювання тросиків транспортеру, кінцеві вимикачі кожухів приводів механіки, кінцеві вимикачі оглядового люку змішувача, кнопки аварійного зупину будуть мати по два нормально замкнених контакти, один з яких буде сигналізувати контролеру про їх стан, а інший буде задіяний в релейній

схемі безпеки. Така компоновка системи живлення забезпечить високий рівень безпеки, та спрощує пошук поломок, пов'язаних з живленням.

Топологія системи автоматизації представлена на рисунку 3.1.

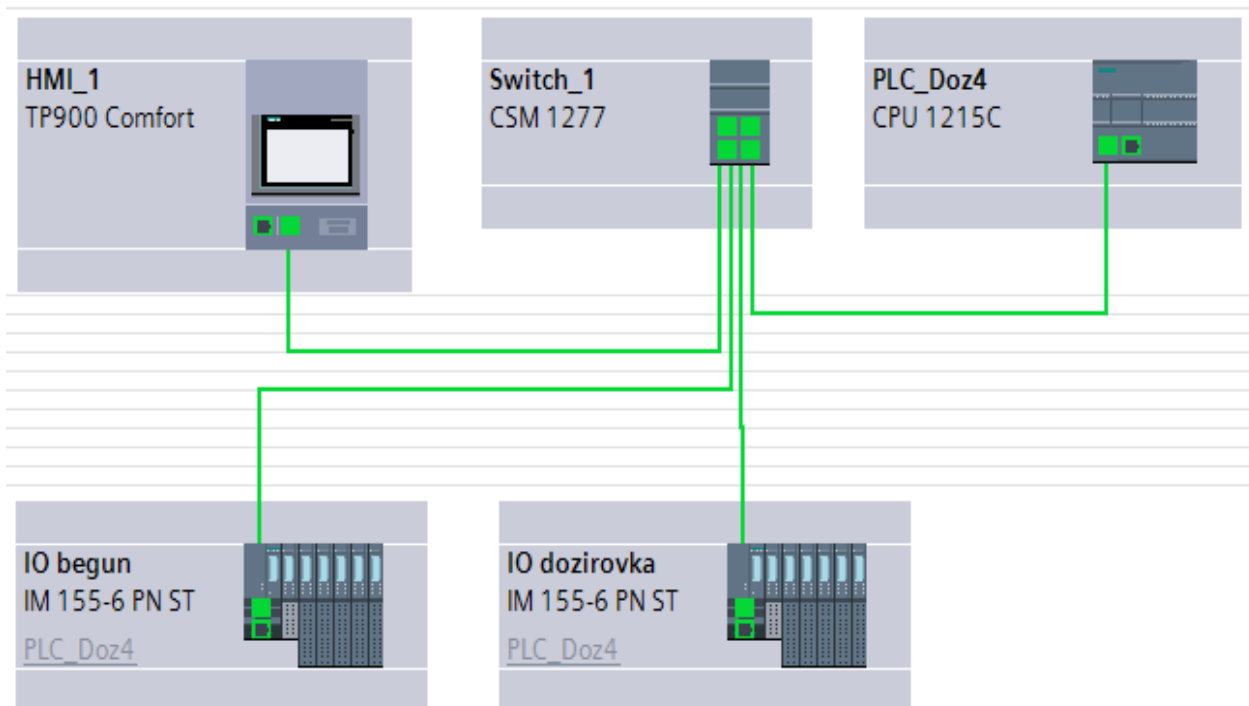


Рисунок 3.1 – Топологія проекту

Структурувавши надану вище інформацію було розроблено структурну схему автоматизації, яка зображує основні принципи взаємодії обладнання лінії, застосованих датчиків, електрообладнання, виконавчих механізмів та засобів автоматики, що використані на лінії. Структурну схему автоматизації наведено на рисунку 3.2.

Для реалізації проекту було вирішено обрати контролер S7-1215C DC/DC/DC (6ES7215-1AG40-0XB0). Цей контролер повністю задовольняє вимогам, та добре зарекомендував себе на іншому обладнанні, що використовується в цеху магnezіальних виробів. Розподілену периферію утворюють дві польові станції на базі комунікаційних модулів ET200SP(6ES7155-6AU01-0BN0).

Для роботи оператора була використана панель серії Simatic Comfort TP900 (6AV2124-0JC01-0AX0). Ця панель має достатню діагональ для комфортної роботи оператора, та задовольняє вимогам. Для можливості об'єднання ПЛК, польових станцій та панелі оператора також був використаний мережевий комутатор Compact switch module CSM 1277 (6GK7 277-1AA10-0AA0), з'єднання обладнання відбувається за допомогою мережевого кабелю за допомогою протоколу ProfiNet. Розглянемо більш детально кожен з представлених стоек контролера.

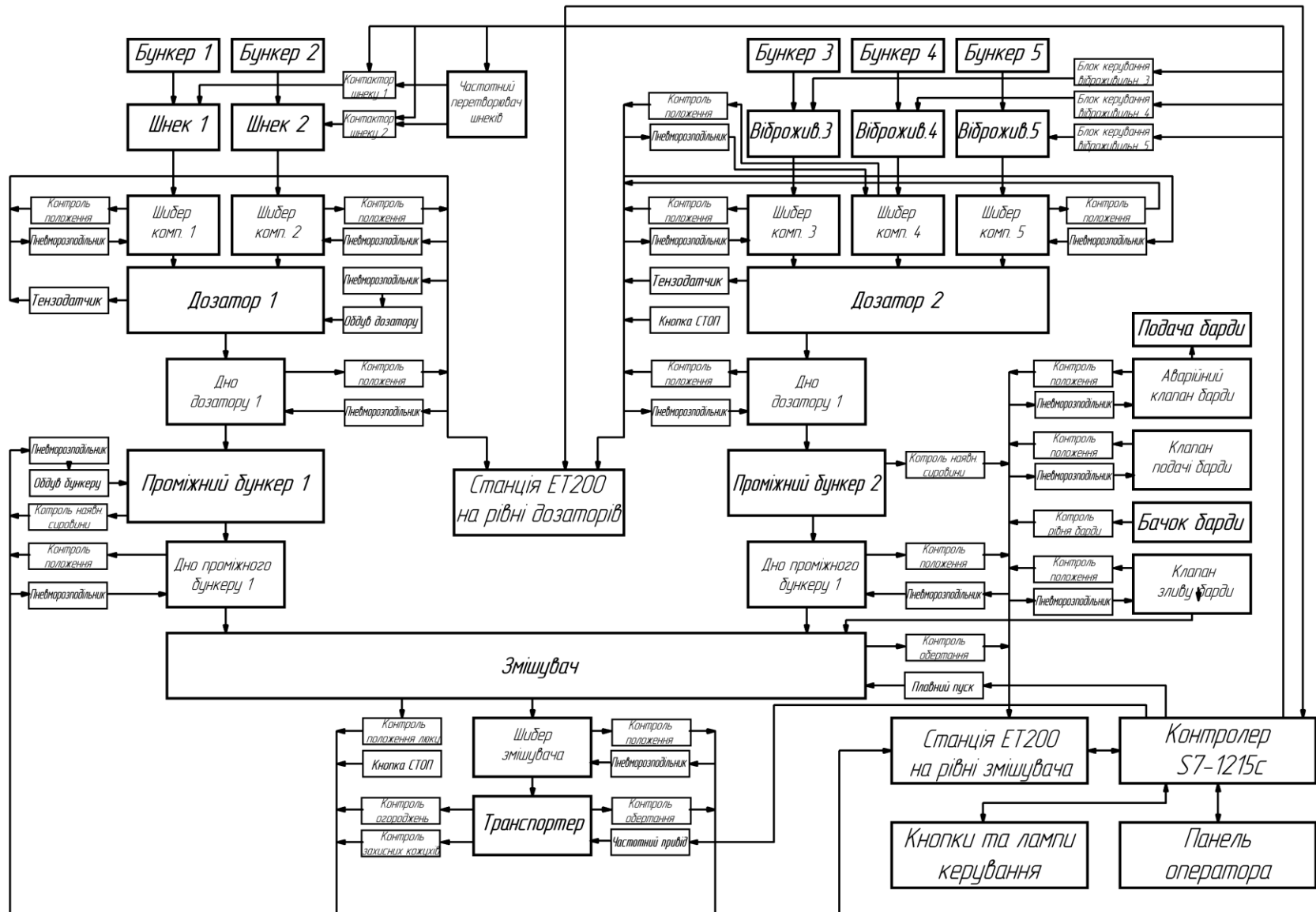


Рисунок 3.2 – Структурна схема АСУ

Для обробки даних та формування впливів, що керують для головної шафи достатньо 8 дискретних входів, 7 дискретних виходів та 6 аналогових виходів 0..10в. Дискретні входи та виходи будуть використовуватися вбудовані в контролер, а аналогові виходи будуть реалізовані за допомогою двох модулів AQ 4x14bit (6ES7 232-4HD32-0XB0). Сигнали, та модулі що будуть їх реалізувати наведені в таблиці 3.1, вигляд стойки в проекті наведено на рисунку 3.3.

Таблиця 3.1 – Модулі та відповідні сигнали для стойки контролеру

Модуль	Параметр	Адреса
DI 14x24VDC Вбудовані в контролер	Змішувач - двигун розігнано	%I0.0
	Змішувач - Немає аварії	%I0.1
	Транспортер - двигун розігнано	%I0.2
	Транспортер - Немає аварії	%I0.3
	Віброживильник 1 - Немає аварії	%I0.4
	Віброживильник 2 - Немає аварії	%I0.5
	Віброживильник 3 - Немає аварії	%I0.6
	Напруги живлення в нормі	%I0.7
DO 10x24VDC Вбудовані в контролер	Змішувач - Увімкнути	%Q0.0
	Транспортер - Увімкнути	%Q0.1
	Віброживильник 1 - Увімкнути	%Q0.2
	Віброживильник 2 - Увімкнути	%Q0.3
	Віброживильник 3 - Увімкнути	%Q0.4
	Пускач шнеку 1 - Увімкнути	%Q0.5
	Пускач шнеку 2 - Увімкнути	%Q0.6
AQ 4x14bit	Завдання віброживильника 1	%QW28
	Завдання віброживильника 2	%QW30
	Завдання віброживильника 3	%QW32
	Завдання приводу шнеків	%QW34
AQ 4x14bit	Завдання приводу транспортера	%QW36
	Завдання аварійного клапану барди	%QW38

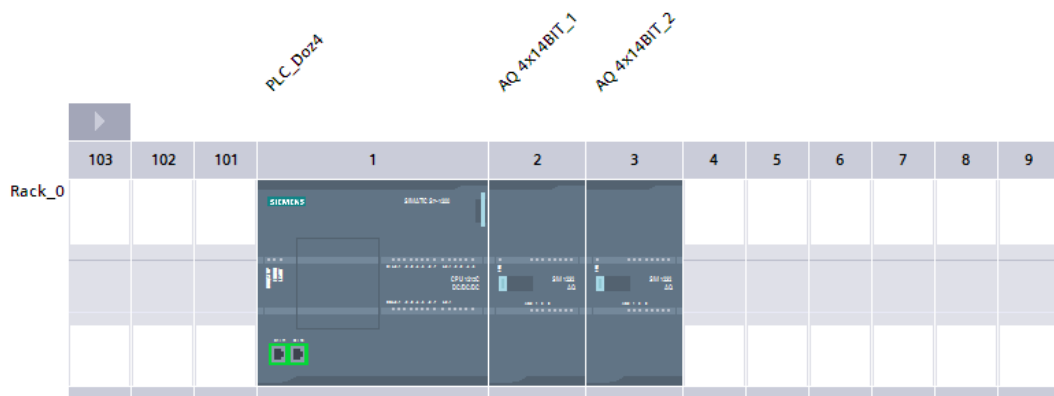


Рисунок 3.3 – Стійка контролеру

Для реалізації функцій стійки, що розташована на рівні змішувача необхідно обробляти такі сигнали: дискретні входи – 21, дискретні виходи – 9. Будемо використовувати три модулі DI 8x24VDC (6ES7 131-6BF01-0BA0) та три модулі DO 4x24VDC 2A (6ES7 132-6BD20-0BA0). Для монтажу модулів та вимикання їх живлення з міркувань безпеки будуть використовуватися базові модулі (6ES7 193-6BP00-0BA0) в кількості 6 штук, а також, для правильного функціонування станції, кінцевий модуль (6ES7 193-6PA00-0AA0). Сигнали, та модулі що будуть їх реалізувати наведені в таблиці 3.2, вигляд стійки в проекті наведено на рисунку 3.4.

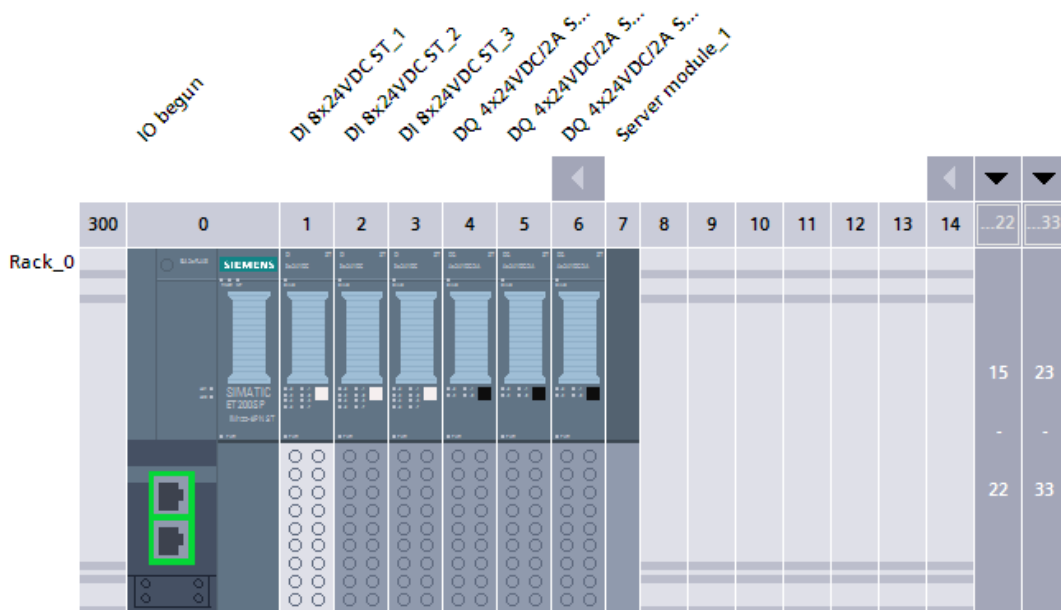


Рисунок 3.4 – Стійка розподіленої периферії, розташована на рівні змішувача

Таблиця 3.2 – Модулі та відповідні сигнали для стойки на рівні змішувача

Модуль	Параметр	Адреса
DI 8x24VDC	Дно пром. бункеру 1 Відкрито	%I6.0
	Дно пром. бункеру 1 Зачинено	%I6.1
	Дно пром. бункеру 2 Відкрито	%I6.2
	Дно пром. бункеру 2 Зачинено	%I6.3
	Набор барди Відкрито	%I6.4
	Набор барди Зачинено	%I6.5
	Злив барди Відкрито	%I6.6
	Злив барди Зачинено	%I6.7
DI 8x24VDC	Шибер змішувача Відкрито	%I7.0
	Шибер змішувача Зачинено	%I7.1
	Наявність сировини в ПБ1	%I7.2
	Наявність сировини в ПБ2	%I7.3
	Контроль обертання змішувача	%I7.4
	Контроль обертання транспор- теру	%I7.5
DI 8x24VDC	Люк змішувача 1 Зачинено	%I8.0
	Люк змішувача 2 Зачинено	%I8.1
	Захисні тросики (зліва) ОК	%I8.2
	Захисні тросики (зправа) ОК	%I8.3
	Захисний кожух (ближній) ОК	%I8.4
	Захисний кожух (дальній) ОК	%I8.5
	Кнопка СТОП (транспортер) ОК	%I8.6
DO 4x24VDC 2A	Відкрити дно пром. бункеру 1	%Q6.0
	Відкрити дно пром. бункеру 2	%Q6.1
	Обдув пром. бункеру 1	%Q6.3
DO 4x24VDC 2A	Набір барди	%Q7.0
	Злив барди	%Q7.1
	Відкрити авар. клапан барди	%Q7.2
DO 4x24VDC 2A	Сирена	%Q8.0
	Світлофор червоний	%Q8.1
	Світлофор зелений	%Q8.2

Для реалізації функцій стойки, що розташована на рівні дозаторів необхідно обробляти такі сигнали: дискретні входи – 14, дискретні виходи – 8, аналогові входи – 2, сигнали с резистивного мосту - 2. Будемо використовувати два модулі DI 8x24VDC (6ES7 131-6BF01-0BA0), три модулі DO 4x24VDC 2A (6ES7 132-6BD20-0BA0), один модуль AI 4x16bit (6ES7 134-6GD01-0BA1) та два модулі Siwarex 321 (7MH4 138-6AA00-0BA0). Для монтажу модулів та вимикання їх живлення з міркувань безпеки будуть використовуватися базові модулі (6ES7 193-6BP00-0BA0) в кількості 8 штук, а також, для правильного функціонування станції, кінцевий модуль (6ES7 193-6PA00-0AA0). Сигнали, та модулі що будуть їх

реалізувати наведені в таблиці 3.3, вигляд стойки в проекті наведено на рисунку 3.5. Повний перелік технічних засобів автоматизації, що використовується на лінії наведено в таблиці 3.4.

Таблиця 3.3 – Модулі та відповідні сигнали для стойки на рівні дозаторів

Модуль	Параметр	Адреса
DI 8x24VDC	Шибер бункеру 1 Відкрито	%I10.0
	Шибер бункеру 1 Зачинено	%I10.1
	Шибер бункеру 2 Відкрито	%I10.2
	Шибер бункеру 2 Зачинено	%I10.3
	Шибер бункеру 3 Відкрито	%I10.4
	Шибер бункеру 3 Зачинено	%I10.5
	Шибер бункеру 4 Відкрито	%I10.6
	Шибер бункеру 4 Зачинено	%I10.7
DI 8x24VDC	Шибер бункеру 5 Відкрито	%I11.0
	Шибер бункеру 5 Зачинено	%I11.1
	Дно дозатору 1 Відкрито	%I11.2
	Дно дозатору 1 Зачинено	%I11.3
	Дно дозатору 2 Відкрито	%I11.4
	Дно дозатору 2 Зачинено	%I11.5
DO 4x24VDC 2A	Відкрити шибер бункеру 1	%Q10.0
	Відкрити шибер бункеру 2	%Q10.1
	Відкрити шибер бункеру 3	%Q10.2
	Відкрити шибер бункеру 4	%Q10.3
DO 4x24VDC 2A	Відкрити шибер бункеру 5	%Q11.0
	Відкрити дно дозатору 1	%Q11.2
	Відкрити дно дозатору 2	%Q11.3
DO 4x24VDC 2A	Обдув дозатора 1	%Q12.0
AI 4x16bit	Рівень барди в бачку	%IW28
	Тиск повітря в магістралі	%IW30
Siwarex 321	Дозатор 1	%IW68
Siwarex 321	Дозатор 2	%IW84

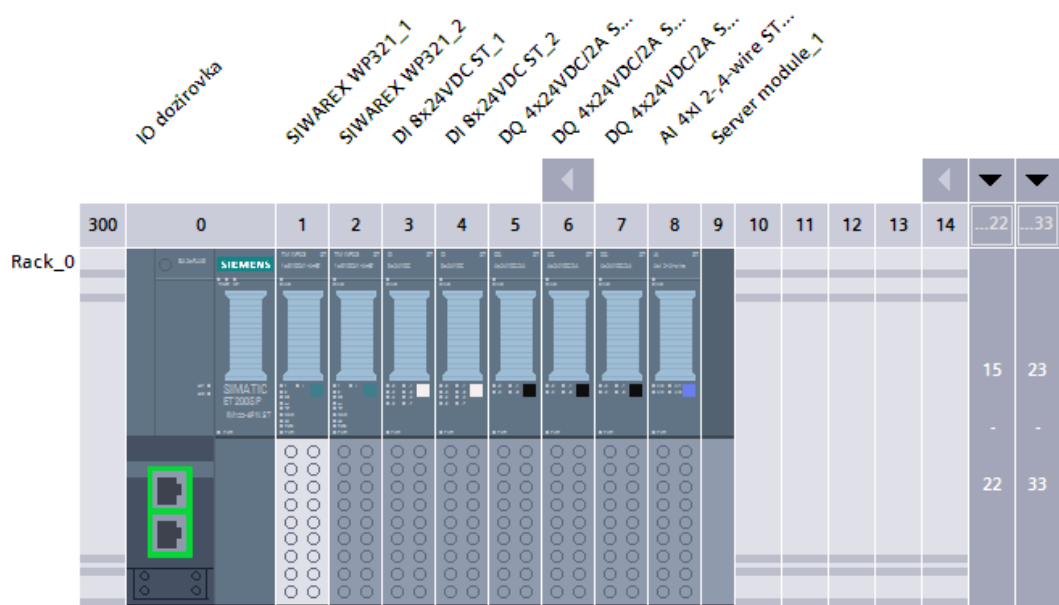


Рисунок 3.5 – Сійка розподіленої периферії, розташована на рівні дозаторів

Таблиця 3.4 – Засоби автоматички що використовується при функціонуванні лінії

Параметр	Модель	Кількість
ПЛК S7-1215C DC/DC/DC	Siemens 6ES7215-1AG40-0XB0	1
Комунікаційний модуль ET200SP	Siemens 6ES7155-6AU01-0BN0	2
Панель оператора TP900	Siemens 6AV2124-0JC01-0AX0	1
Модуль дискретних входів DI8 x 24VDC ST	Siemens 6ES7 131-6BF01-0BA0	5
Модуль дискретних виходів DQ4 x 24VDC / 2A ST	Siemens 6ES7 132-6BD20-0BA0	6
Модуль аналогових виходів AQ4 x 14 bits	Siemens 6ES7 232-4HD32-0XB0	2
Модуль аналогових входів AI4 x 1 2-,4-wire ST	Siemens 6ES7 134-6GD01-0BA1	1
Модуль зважування SIWAREX WP321	Siemens 7MH4 138-6AA00-0BA0	2
Кінцевий модуль	Siemens 6ES7 193-6PA00-0AA0	2
Базова панель розширення	Siemens 6ES7 193-6BP00-0BA0	14
Compact switch module CSM 1277	Siemens 6GK7 277-1AA10-0AA0	1

3.2 Проектування АСУ лінією приготування маси для пресу

Лінія приготування маси для пресу з виробництва вогнетривів є системою, функціями якої є дозування компонентів, їх змішування та транспортування до бункеру пресу. Очевидно, що технологічний параметр, що потребує найбільшої уваги — це маса порошкоподібних компонентів, яка контролюється ваговими дозаторами, та регулюється швидкістю та часом набору за допомогою шнекових живильників, або віброживильників (для першого та другого дозаторів відповідно). Також точність дозування має вирішальний вплив на якість готової сировини та на економічну складову, бо перевитрата компонентів не тільки здорожує конкретну партію продукції, але й може призвести до виробництва бракованих виробів. Тож параметр регулювання якого буде розглянуто в курсовому проекті — це вага компонентів.

Для уніфікації обладнання в межах цеху для подачі з витратних бункерів до бункерного вагового дозатору об'ємом до 500кг будуть використовуватися такі ж самі живильники, як і на інших системах дозування, що використовуються в цеху магнезіальних виробів. Завдяки цьому є можливість зняти робочі характеристики із обладнання, що вже працює.

Об'єктом дослідження стали шнекові та вібраційні живильники, що завантажували масу в дозатори лінії приготування маси №1 ЦМВ. На шнекових живильниках були відсутні частотні перетворювачі, а блоки керування віброживильниками були налаштовані на максимальну продуктивність, без використання регуляторів. Зважування відбувалося на тензOMETричних датчиках, аналогічних до тих, що будуть встановлені на лінії №4, за допомогою модулів Siwarex-U та ПЛК S-300.

Щоб не заважати технологічному процесу експерименти проводилися в штатному режимі роботи лінії, при якому завантажувалося по 120кг шнековими живильниками, та по 240кг вібраційними живильниками. Середня швидкість завантаження склала 4,5кг/с та 5,1кг/с відповідно. Також прийємо до уваги, що пристрої подачі не мають працювати на швидкості менше ніж 10% від максимальної, щоб запобігти заклинюванню шнеків, або зависанню сировини над віброживильниками.

На рисунку 3.6 наведено криві, що відображають експериментальний набір ваги на бункерному дозаторі, а на рисунку 3.7 швидкості набору компонентів під час експерименту.

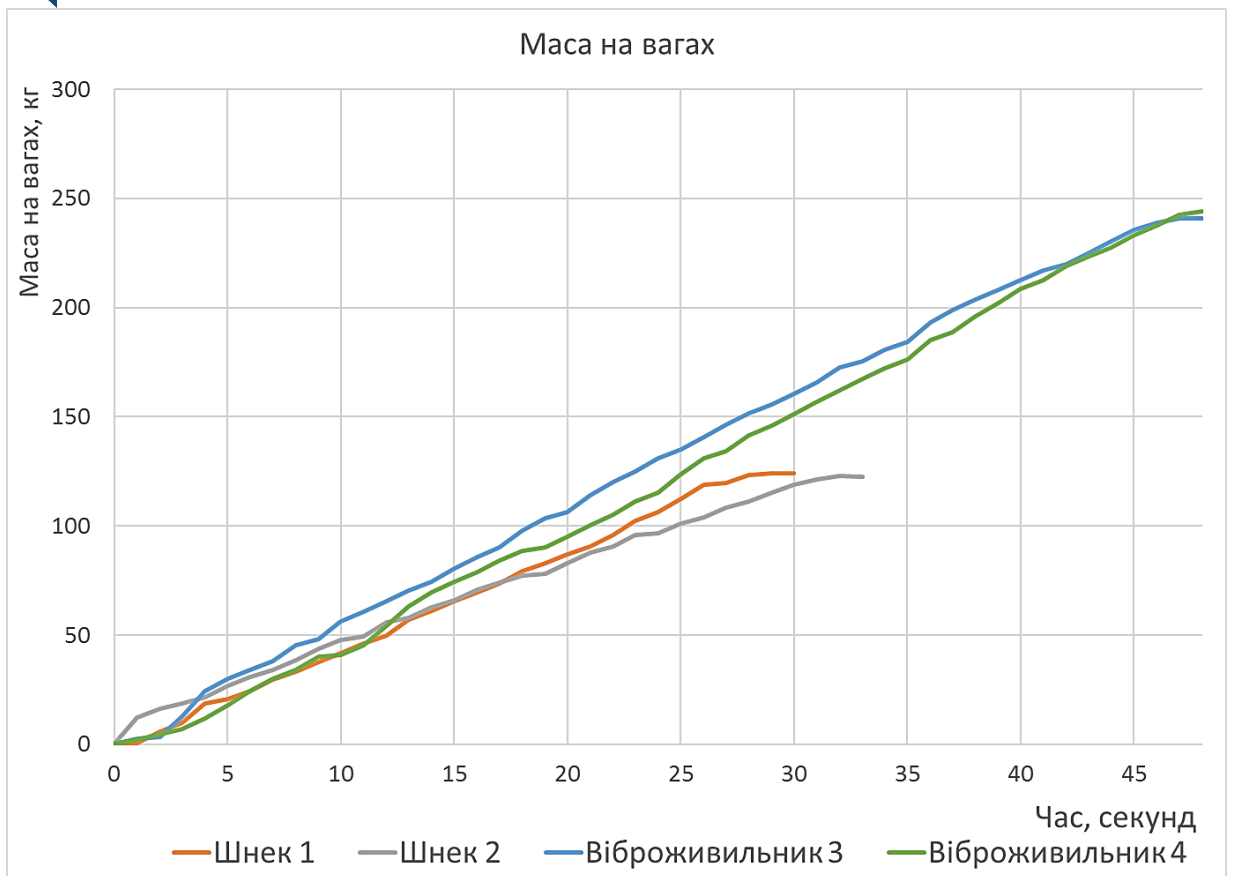


Рисунок 3.6 — Маса на ваговому дозаторі під час набору

Як можемо бачити, швидкість набору компонентів істотно стрибає під час набору, через неоднорідність сировини, а також її схильність до злежування та обвалювання. Ситуацію ускладнює те, що під час відкриття шибера подачі кілька кілограмів сировини падає до ємності дозатора. Через це точно визначити сталу часу та час запізнення системи не є можливим. Прийmemo час запізнення рівним 0,5с, а сталу часу 0,5сек, як 63% від часу наростання максимальної швидкості набору. На базі цих даних побудуємо модель системи в симуляторі Simulink з пакету MatLab (рисунок 17). Регульованою величиною в даному випадку є швидкість завантаження, а маса на вагах отримується шляхом інтегрування швидкості. Блоки управління вібраторами та частотні перетворювачі будуть керуватися напругою 0..10в, тому налаштуємо ПІД регулятор на максимальне значення вихідної величини 10. При завданні 10 максимальна швидкість завантаження складає 5кг/с, тож коефіцієнт передачі об'єкту дорівнює 0,5. Блоком Step задаємо завдання для набору 50кг.

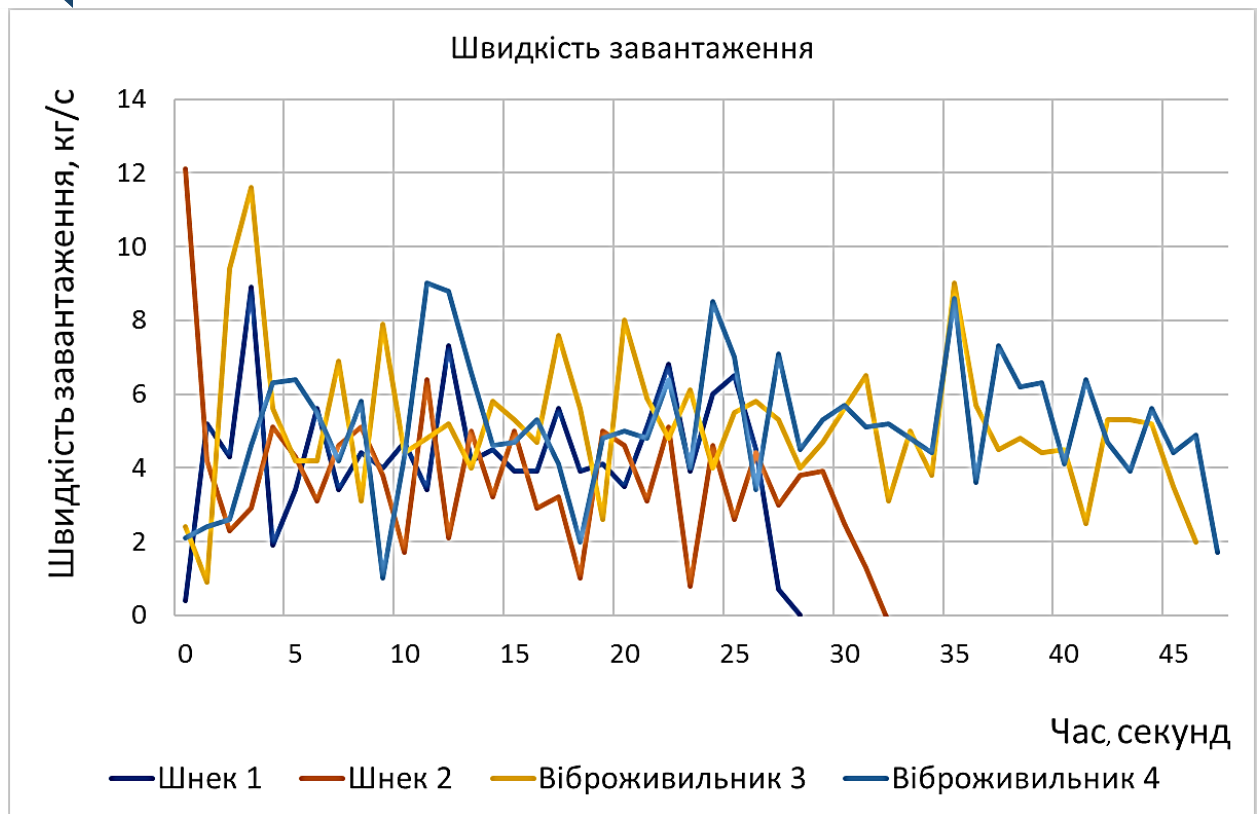


Рисунок 3.7 — Швидкість набору порошкових компонентів

Як можемо бачити, швидкість набору компонентів істотно стрибає під час набору, через неоднорідність сировини, а також її схильність до злежування та обвалювання. Ситуацію ускладнює те, що під час відкриття шибери подачі кілька кілограмів сировини падає до ємності дозатора. Через це точно визначити сталу часу та час запізнення системи не є можливим. Прийнемо час запізнення рівним 0,5с, а сталу часу 0,5сек, як 63% від часу наростання максимальної швидкості набору. На базі цих даних побудуємо модель системи в симуляторі Simulink з пакету MatLab (рисунок 3.8). Регульованою величиною в даному випадку є швидкість завантаження, а маса на вагах отримується шляхом інтегрування швидкості. Блоки управління вібраторами та частотні перетворювачі будуть керуватися напругою 0..10в, тому налаштуємо ПІД регулятор на максимальне значення вихідної величини 10. При завданні 10 максимальна швидкість завантаження складає 5кг/с, тож коефіцієнт передачі об'єкту дорівнює 0,5. Блоком Step задаємо завдання для набору 50кг.

Налаштування ПІД регулятора виконувалося за допомогою утиліти PID Tuner, при виключенні інтегральній ланці, так регулятор був налаштований для регулювання швидкості подачі. Коефіцієнти регулятора склали $K_p=5,43$ $K_i=0,15$ $K_d=5,32$.

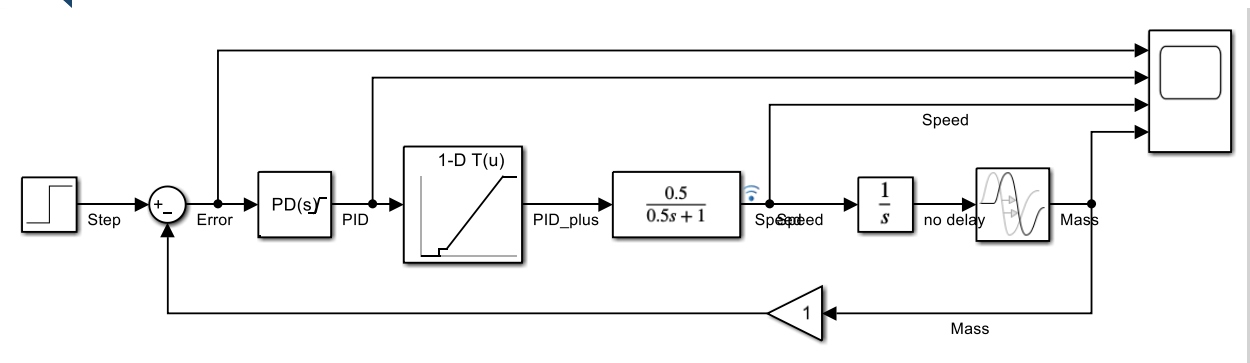


Рисунок 3.8 — Модель системи

Хоча перехідний процес по швидкості мав мінімальну динамічну похибку та коливальність, після повернення інтегральної ланки було проведено моделювання, в результаті якого було виявлено що система не знижує швидкість набору навіть при досягненні помилки значення 0, а завершує набір на вазі 100кг, що є неприйнятним (рисунок 3.9).

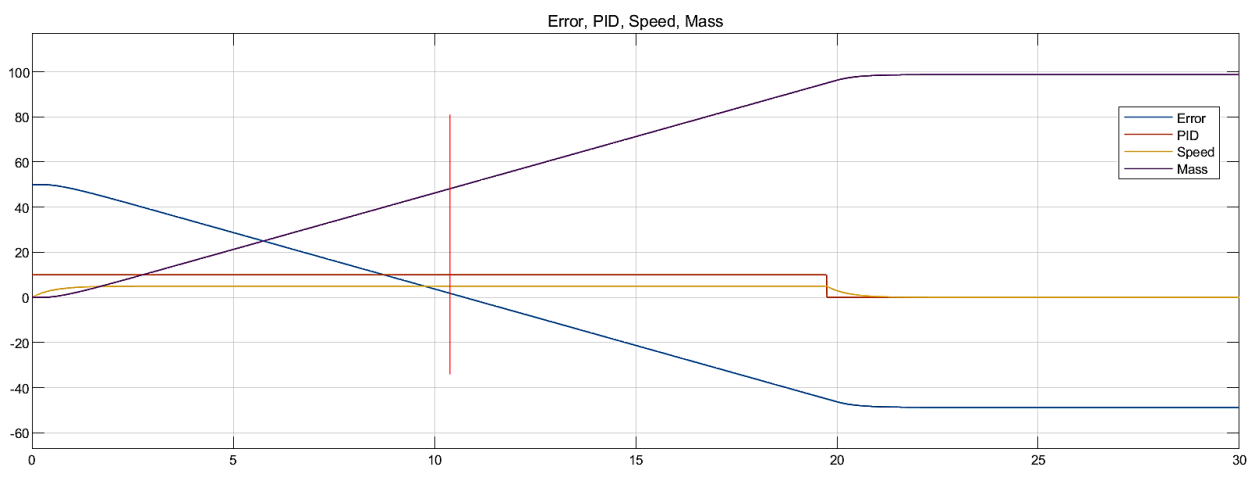


Рисунок 3.9 — Швидкість, маса, помилка при регулюванні

Причиною такої поведінки системи є накопичення величезної помилки інтегральною складовою регулятора, і компенсація цієї помилки відбувається протягом восьми секунд, за які завантажуються зайві 50 кг сировини. Тож в даному випадку регулятору використання інтегральної складової є неприйнятним, і регулятор був замінений на ПД. Програма PID Tuner не дуже адекватно розраховує ПД та ПІ регулятори, зводячи їх розрахунок до П регулятора, ігноруючи інтегральну та диференційну складову відповідно. Зважаючи на це, коефіцієнти регулятора були відредаговані вручну, спираючись на результати моделювання, після чого регулятор запрацював коректно (рисунки 3.10, 3.11). Коефіцієнти регулятора склали $K_p=6,88$ $K_d=5,12$.

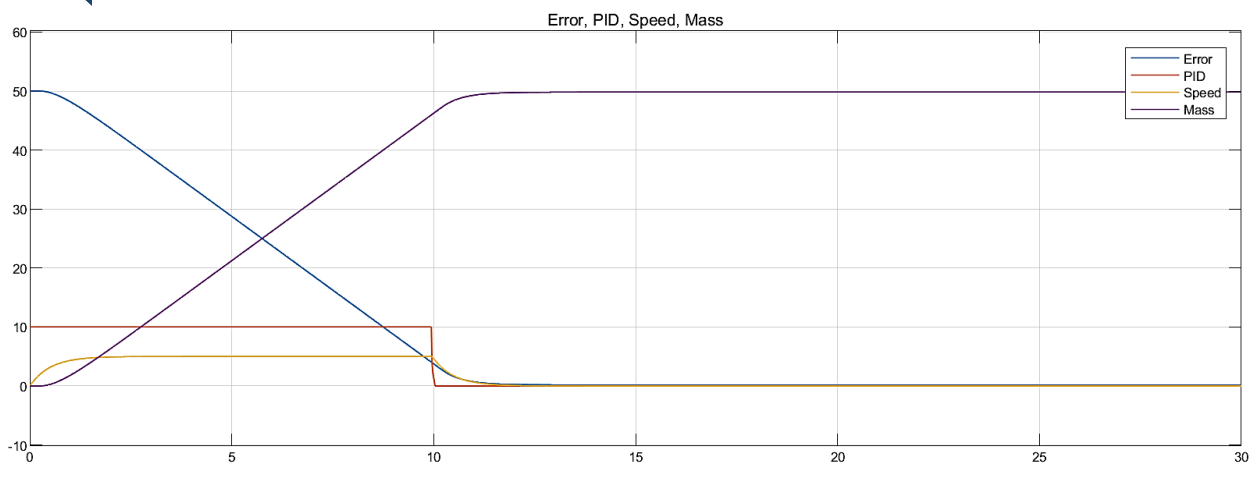


Рисунок 3.10 - Правильно налаштований регулятор для віброживильника

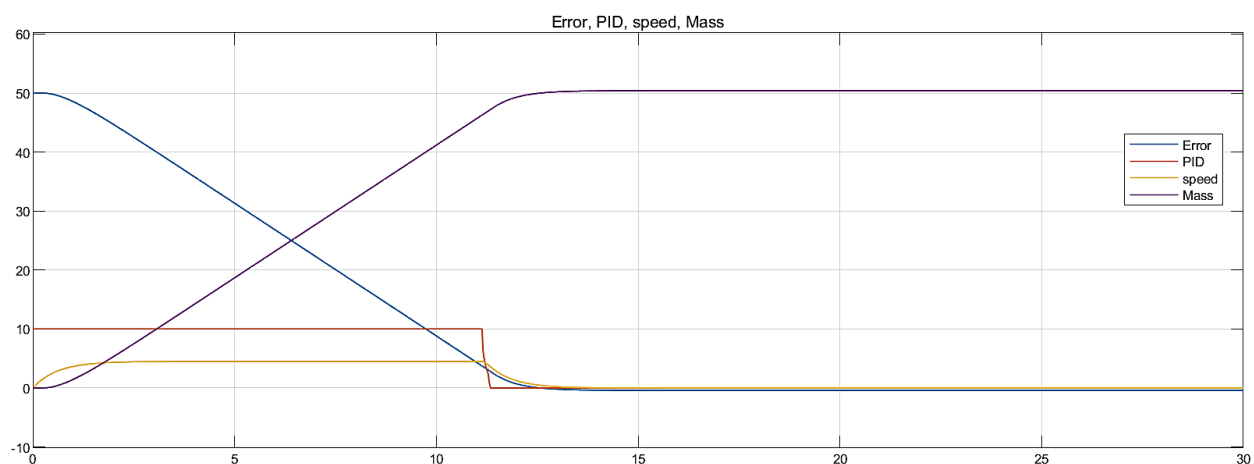


Рисунок 3.11 - Правильно налаштований регулятор для шнекового живильника

Аналогічно проведемо моделювання для шнекового живильника. Різниця в моделях лише в коефіцієнті передачі об'єкту та в сталій часу, які складають 0,45 та 0,6 відповідно.

3.3 Математичне, алгоритмічне та програмне забезпечення окремих задач системи

Модернізована лінія приготування маси для пресу з виробництва вогнетривів має працювати в автоматичному та напівавтоматичному режимі. Автоматичний режим роботи циклічний, при якому оператор лінії задає кількість замісів, що необхідно виконати, і лінія виконує їх без втручання оператора. Задля оптимізації часу приготування маси та зменшення простоїв завантаження компонентів для наступного циклу відбувається ще при виконуванні вимішування на поточному, як тільки звільняться вагові та проміжні бункери лінії. Алгоритм роботи лінії представлено на рисунку 3.12.

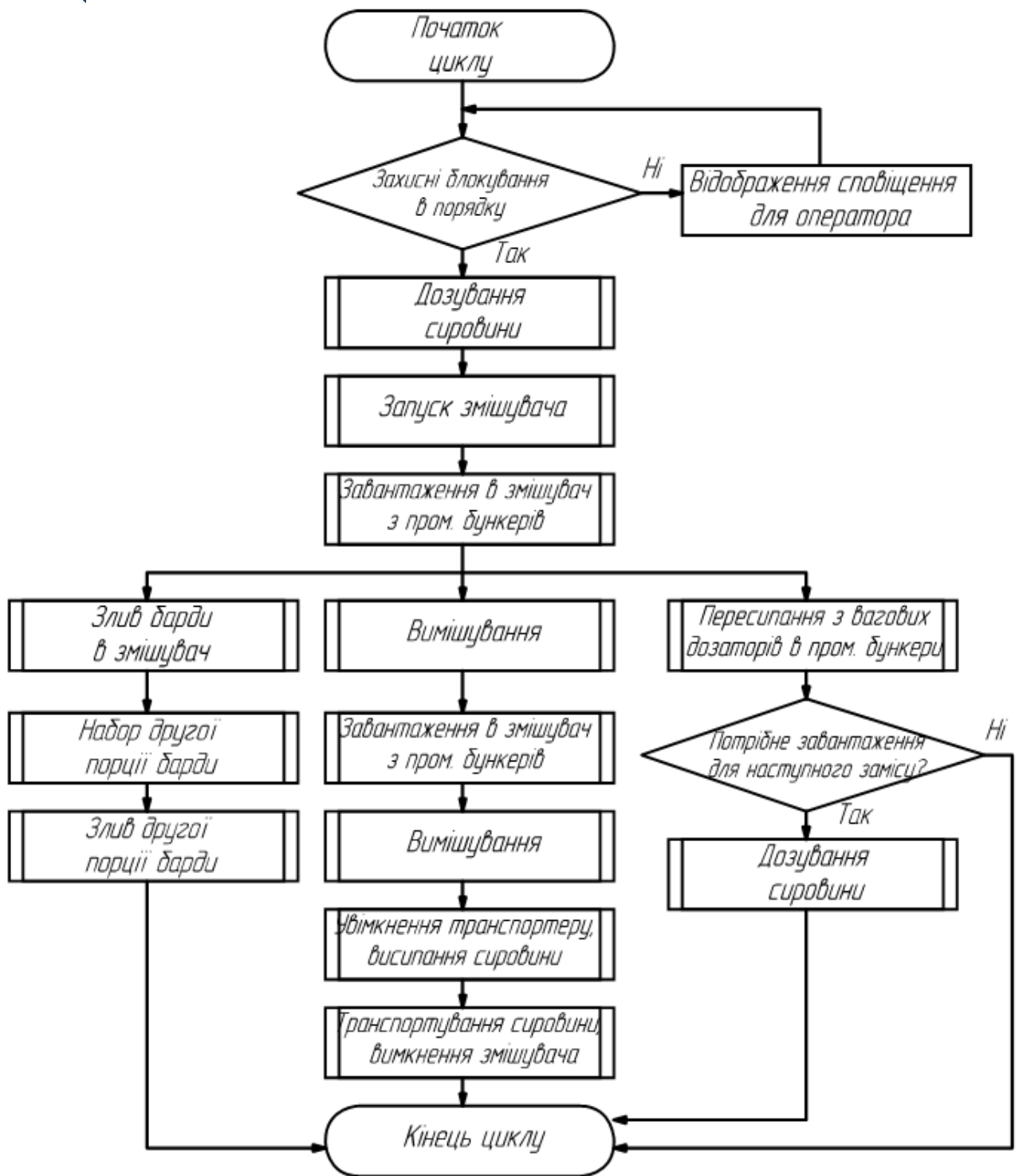


Рисунок 3.12 – Алгоритм роботи лінії приготування маси

Найважливішою частиною при приготуванні вогнетривкої маси можна вважати вагове та об'ємне дозування, алгоритм виконання якого представлено на рисунку 3.13.

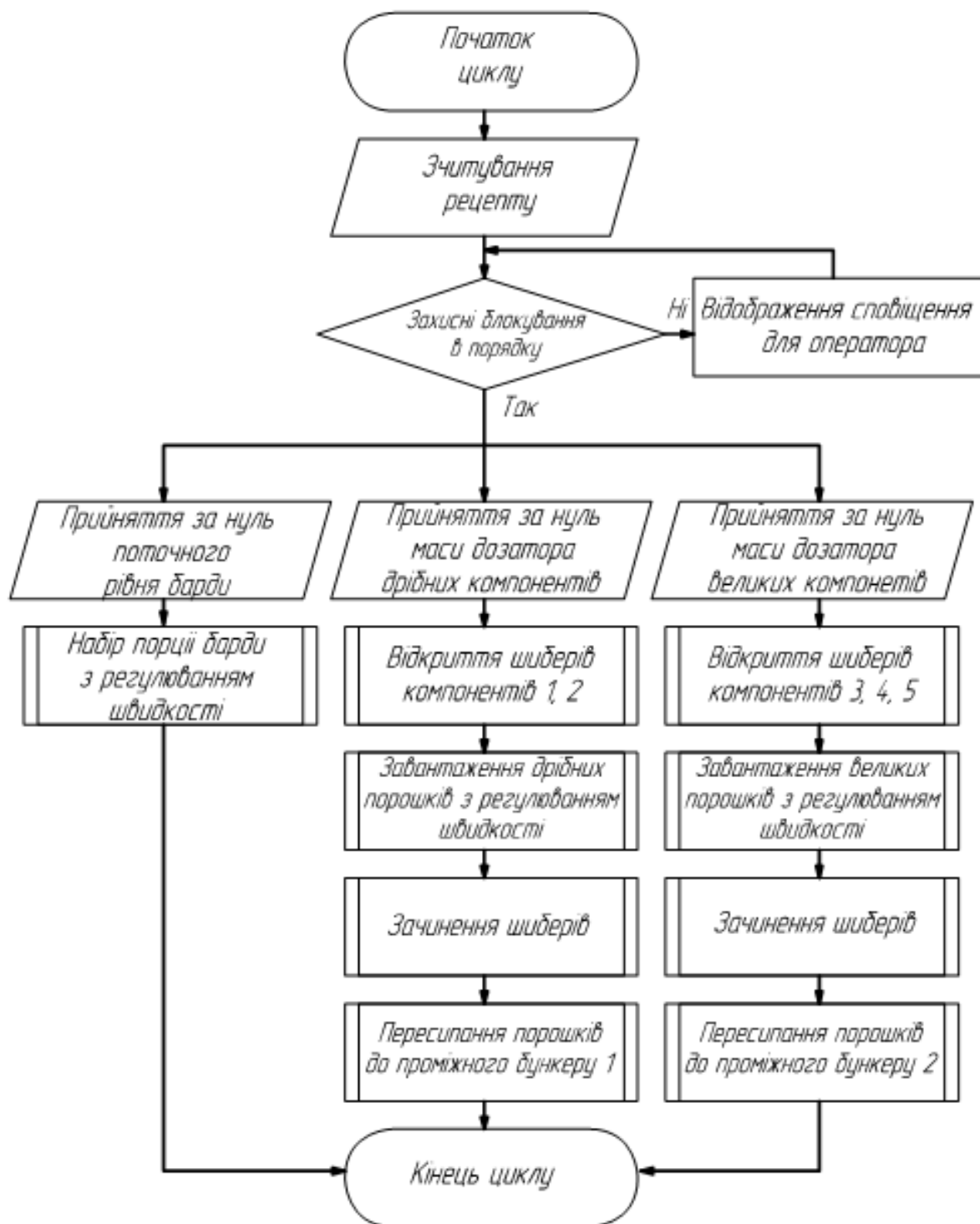


Рисунок 3.13 — Алгоритм роботи системи дозування

Розглянемо частину системи, яка забезпечує регулювання процесу завантаження порошкоподібних компонентів у вагові дозатори. Завдання на завантаження можуть надходити як із рецепту суміші, так і вводитися оператором вручну. Контроль маси здійснюється за допомогою тензодатчиків вагових дозаторів, а швидкість подачі регулюється шнековим або вібраційним живильником.

Регулювання швидкості набору реалізоване за допомогою ПД-регулятора, зворотний зв'язок при цьому реалізований на контролі маси набраного матеріалу. На початковому етапі завантаження подача здійснюється на максимальній швидкості. У міру досягнення маси, близької до заданого значення, швидкість поступово знижується через зменшення сигналу помилки. Як тільки швидкість падає нижче певного порогового рівня, що встановлюється в налаштуваннях і гарантує стабільну роботу живильника, завантаження триває з цією мінімально допустимою швидкістю аж до досягнення заданої маси.

Оскільки під час роботи можливе налипання матеріалу на стінках дозатора, а також через те, що одні і ті самі ваги може використовуватися для різних компонентів, перед кожним зважуванням проводиться тарування ваг. Це дозволяє нівелювати залишкову масу та розпочати вимірювання з нуля.

Крім того, під час процесу дозування враховуються сигнали захисних блокувань, а також дотримується алгоритм керування засувками та допоміжними механізмами.

Практична реалізація алгоритму роботи програми реалізована в програмному середовищі TIA Portal. Розробка відбувалася на мові LAD, для реалізації логічних функцій були використані відповідні логічні елементи. Для ПІД регулятора був використаний модуль PID control. Реалізація деяких елементів логіки набору одного з компонентів наведена на рисунка 3.14-3.16.

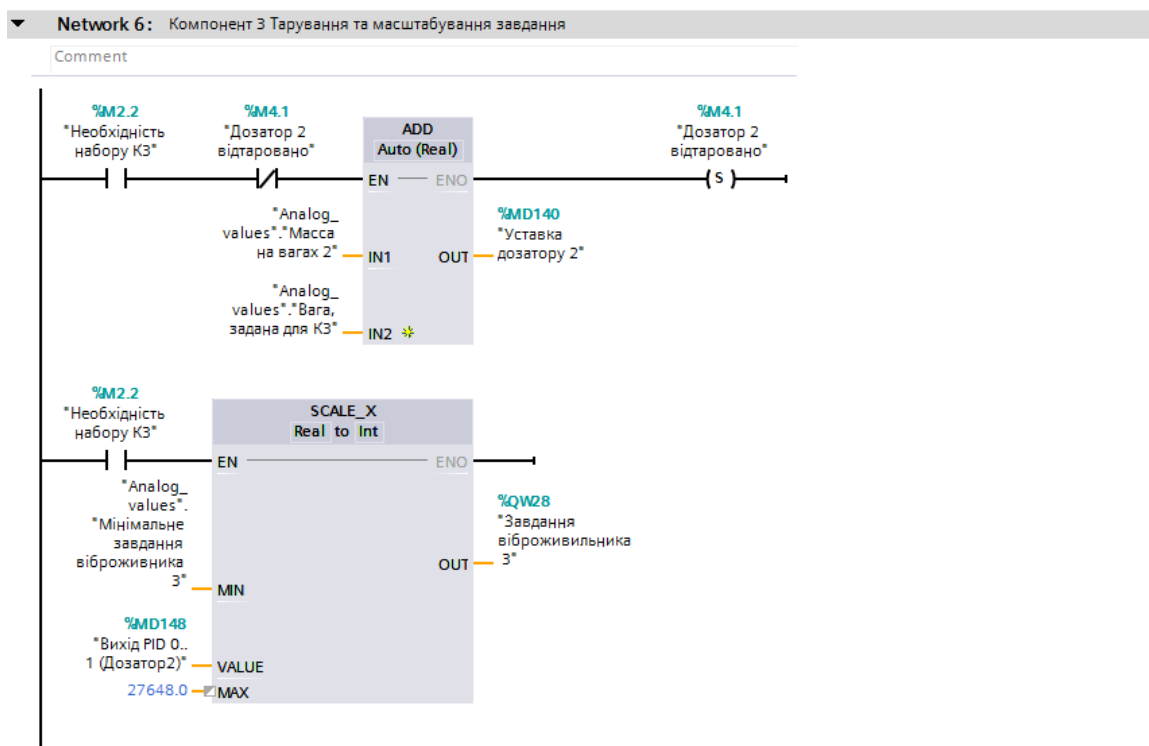


Рисунок 3.14 – Тарування дозатору та масштабування сигналу, отриманого від ПД регулятора

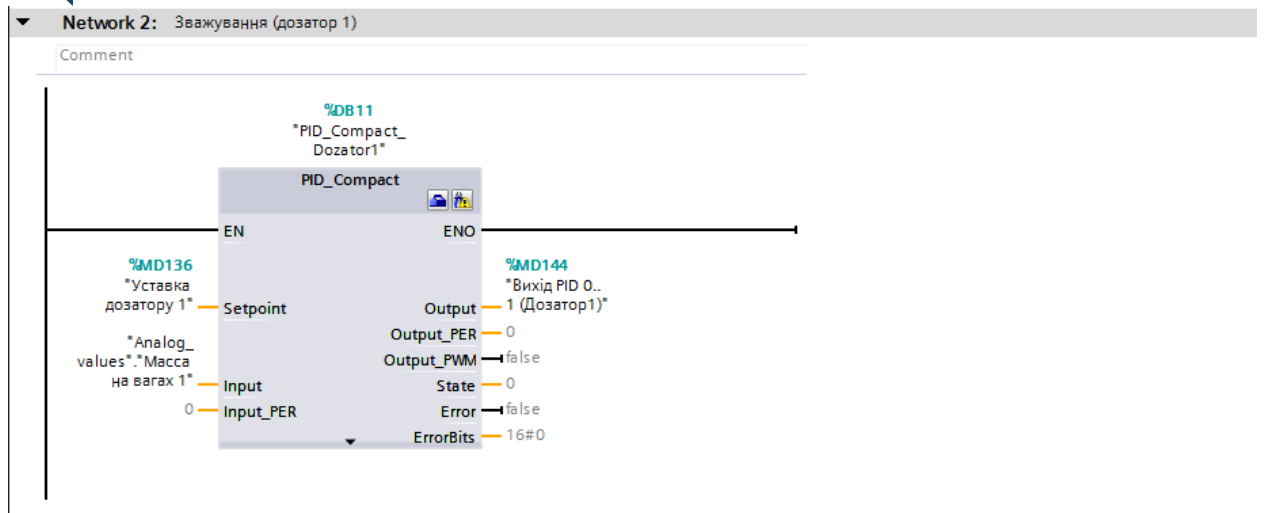


Рисунок 3.15 – ПІД регулятор, що використовується для регулювання швидкості набору

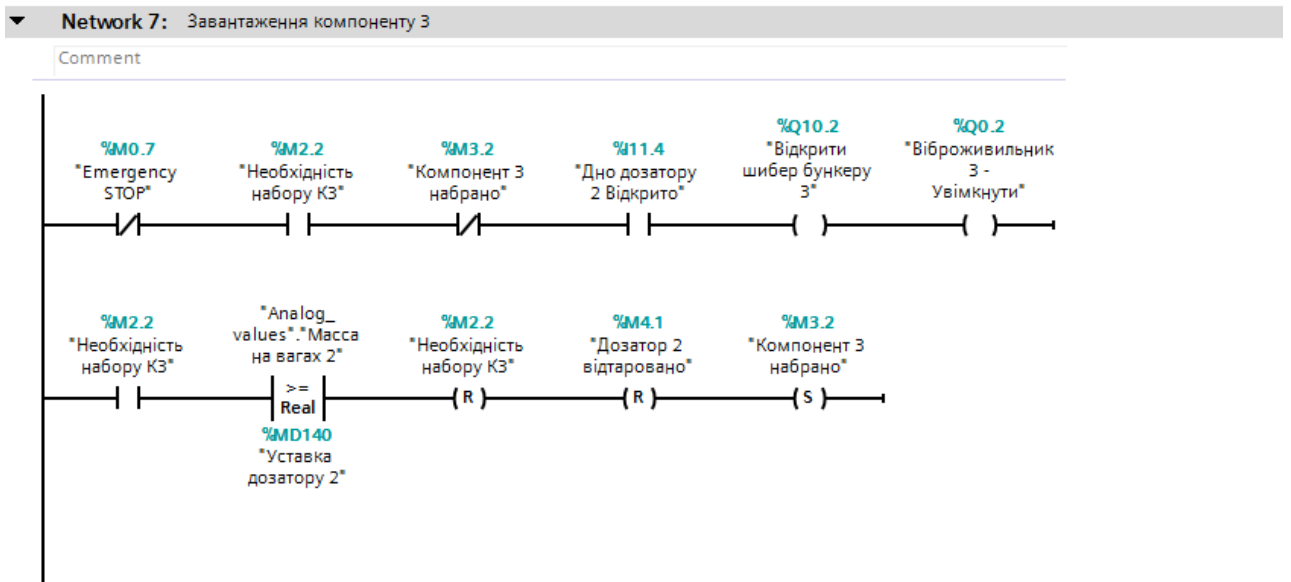



Рисунок 3.16 – Формування сигналів набору компоненту та його завершення

Керування лінією приготування маси буде здійснюватися за допомогою пульта керування з сенсорною панеллю оператора, на якій будуть відображатися вичерпна інформація про технологічний процес та засоби управління лінією, та додатковими фізичними кнопками та перемикачами, призначеними для керування окремими механізмами та запусками часто використовуваних функцій (наприклад пуск, стоп та переривання циклу). Такий підхід в організації панелі керування підвищує зручність та оперативність в управлінні лінією, та дозволяє розмістити на ній специфічні пристрої управління, такі як замки санкціонування управління лінією, кнопки аварійної зупинки та інше.



Фактично в даному проекті панель оператора являє собою верхній рівень АСУТП (рівень SCADA), та окрім основних функцій – керування технологічним процесом, на неї покладені ще й додаткові функції зв'язку з системами керування підприємством. Від систем керування підприємством оператор може отримувати завдання на поточну зміну з інструкціями щодо необхідної кількості замісів тої чи іншої рецептури, черговості та графіку їх виконання, а також самі рецепти, що можуть бути імпортовані до пам'яті системи приготування маси. В зворотному напрямку буде передаватися технологічна інформація щодо кожного замісу, та інші технічні, організаційні чи статистичні данні, щодо роботи лінії. Також система управління має можливість вести журнал роботи системи приготування маси, фіксуючі данні про фактичні параметри кожного замісу, їх кількість, статистичні данні тощо.

Програмне забезпечення верхнього рівня буде побудовано за допомогою програмного пакету TIA portal фірми Siemens.

Сенсорна панель керування буде налаштована таким чином, що буде мати верхню, нижню, праву та центральні області. Верхня область містить інформацію про поточний екран, поточний режим роботи лінії, дату та час, що синхронізуються з мережею підприємства, та логотип підприємства, натискання на який викликає екранну клавіатуру. Також в цій області відображаються помилки, що виникають при роботі лінії.

Нижня панель незмінна для всіх екранів панелі, та містить кнопки навігації по основних функціях лінії (такі як обладнання лінії, рецепт, циклограма, журнал, помилки, налаштування).

Бічна панель схожа на нижню, але на відміну від неї служить для навігації по підфункціям поточного екрану. Її вміст динамічно змінюється в залежності від обраного екрану. Наприклад для головного екрану ця панель містить кнопки для переходу до налаштувань дозатору 1, дозатору 2, набору барди, змішувача, транспортеру, пристроїв безпеки.

Центральна область містить основну інформацію притаманну обраному екрану.

На головному екрані панелі оператора (рисунок 3.17) буде відобразитися оглядовий вигляд технологічної лінії приготування маси для пресу вогнетривів, що зображує витратні бункери, із зазначенням маси набору кожного компоненту на поточному сеансі набору, пристрої завантаження, такі як вібраційні та шнекові живильники, із зазначенням поточного їх стану функціонування, шибери кожного компоненту, що можуть показувати своє положення як закриті, відчинені, чи в невизначеному (аварійному) стані, коли немає сигналу від жодного датчику їх положення. Нижче зображені вагові дозатори з зазначенням маси, що набрана в них на поточному циклі дозування, шибери на дні цих дозаторів, проміжні бункери, які можуть відобразитися повними чи порожніми, засувки на їх дні, змішувач, з індикацією стану своєї роботи, відкритого чи зачиненого стану шибери вивантаження, оглядового люку. На нижньому рівні зображено транспортер вивантаження з пресу, який

також може показувати стан своєї роботи, зупинки, аварійного стану захисних огорожень.

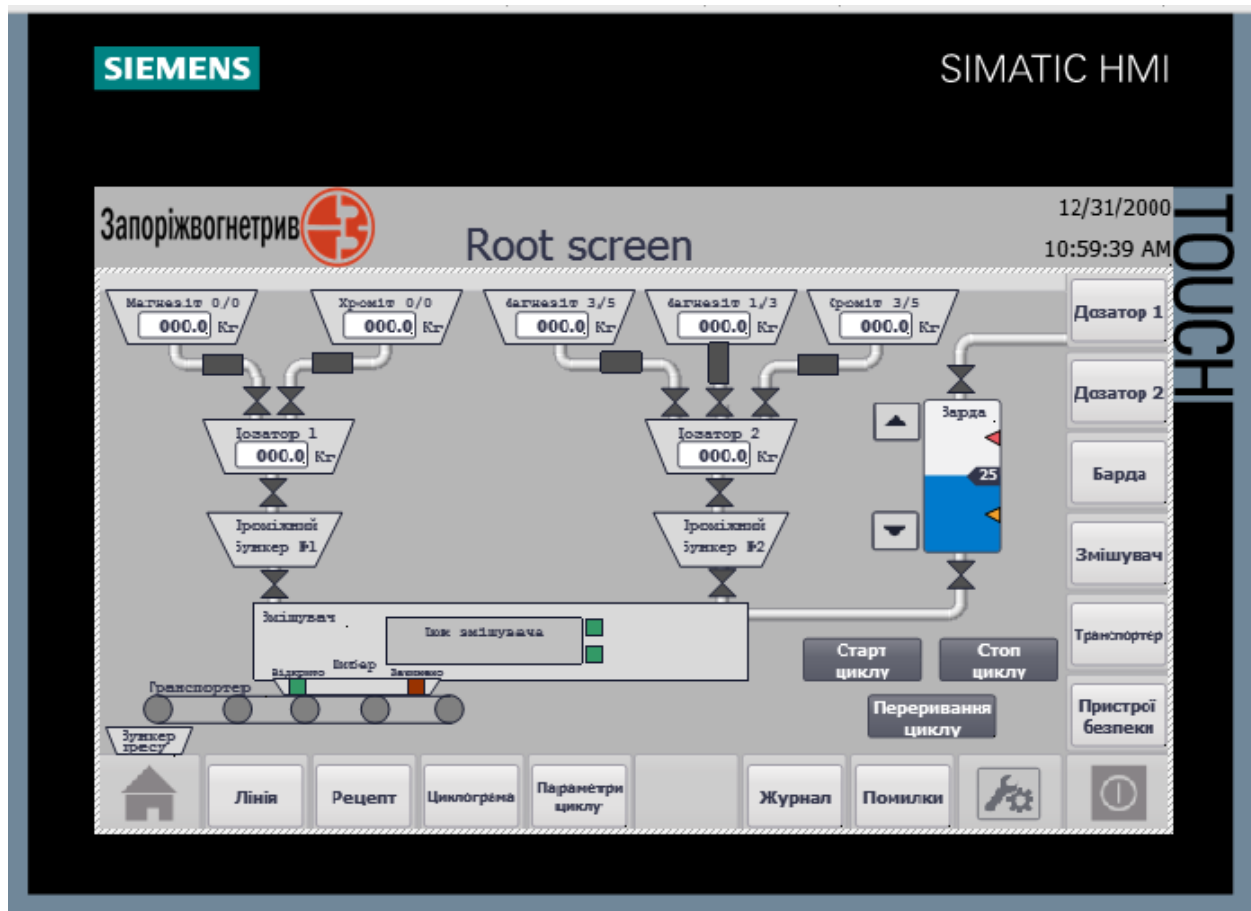


Рисунок 3.17 — Вигляд головного вікна системи

Також на головному екрані зображена система набору барди, яка показує рівень, що вже наявний в бачку, стан аварійного клапану барди, стан клапанів набору та зливу барди.

Для полегшення діагностування роботи лінії передбачені додаткові екрани, що відображують стани всіх наявних в системі вхідних та вихідних сигналів та показники аналогових датчиків (рисунок 3.18). Також корисною функцією є екрани відображення програмних змінних, та екрани що можуть фіксувати тренди зміни обраних вимірюваних величин та програмних змінних.

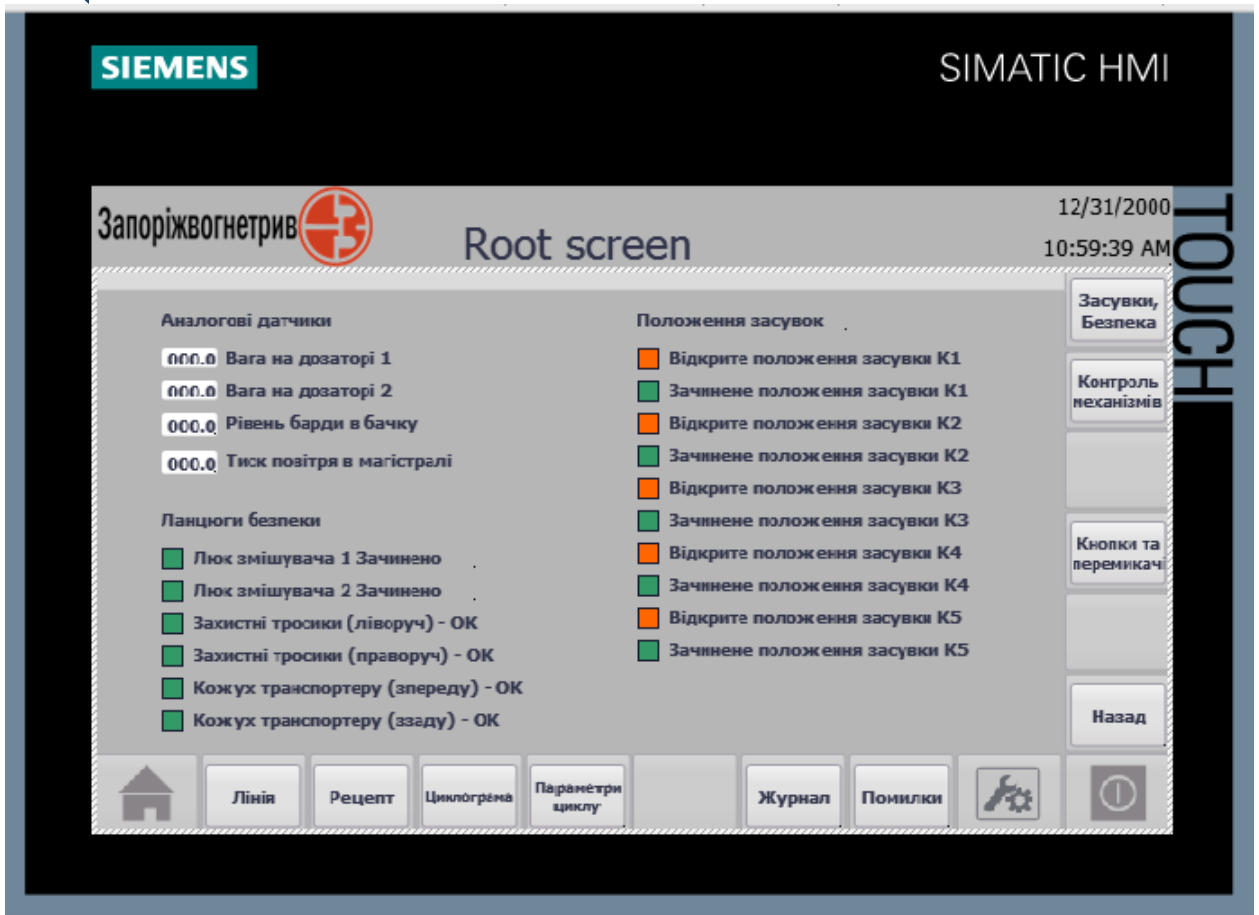


Рисунок 3.18 — Вигляд вікна відображення стану параметрів

Параметри лінії приготування маси будуть мати кілька рівнів налаштувань, та потребуватимуть різних прав доступу. Наприклад параметри налаштування дозатору мають основний екран, доступний оператору лінії (рисунок 3.19), на якому можна обрати бажану швидкість завантаження в залежності від параметрів сировини, а також метод завантаження (з ПІД регулятором подачі, або зі ступінчатим регулятором), а також додаткові екрани, на яких можна задавати параметри ПІД регулятора, мінімальну та максимальну швидкість роботи живильника, та інші технічні параметри, доступ до таких екранів буде мати технічний персонал, за допомогою паролю доступу.

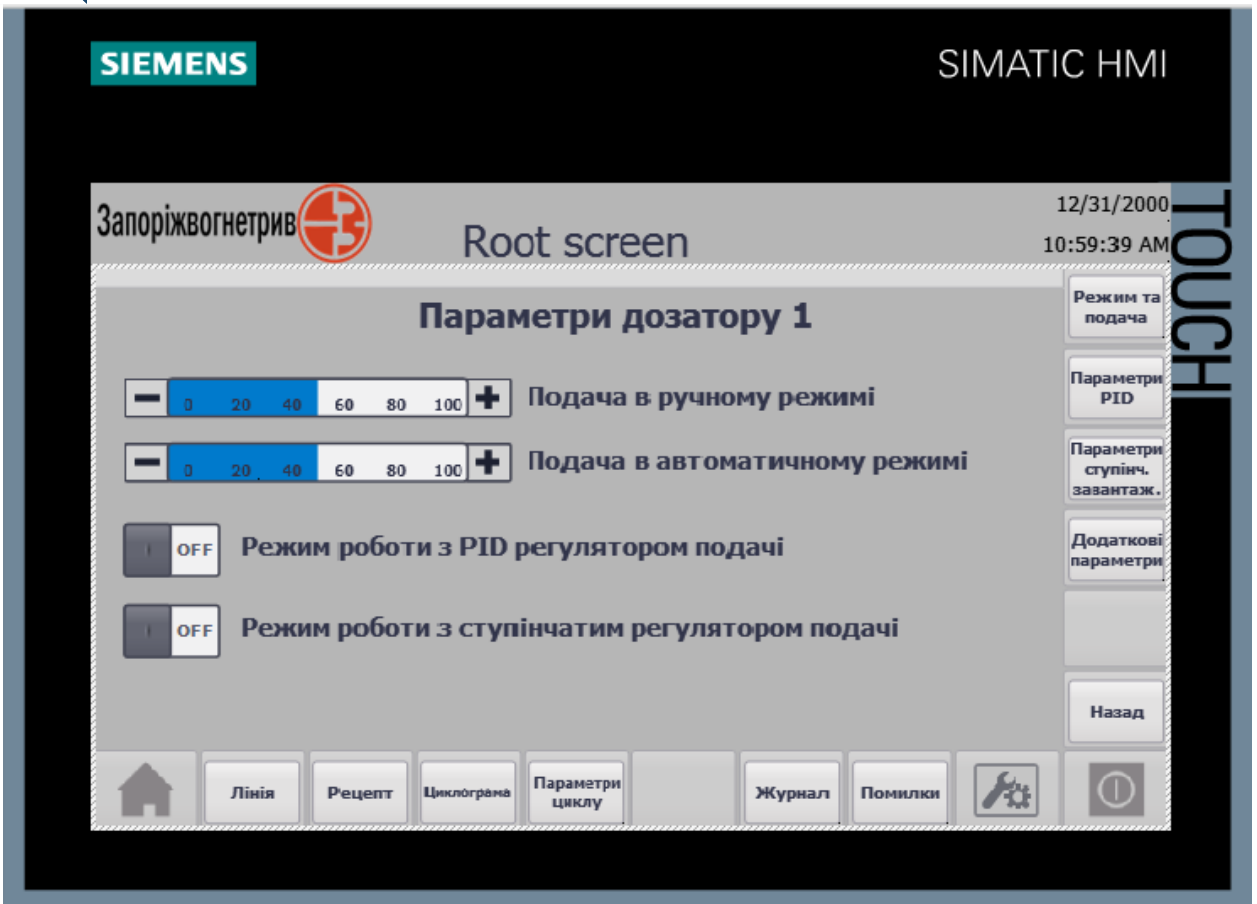


Рисунок 3.19 – Екран налаштування параметрів дозатору 1

4 ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ЗАПРОПОНОВАНОЇ СИСТЕМИ

4.1 Розрахунок вартості обладнання та робіт з модернізації

Основні затрати на комплектуючі та матеріали складаються з наступних статей (таблиці 4.1-4.5):

- витрати на датчики – 120904грн;
- витрати на електрообладнання – 214756грн;
- витрати на виконавчі механізми – 62747грн;
- витрати на пристрої автоматики – 200323грн;
- витрати на монтажні вироби – 71981грн;
- разом – 670711грн.

Таблиця 4.1 – Вартість датчиків для лінії приготування маси

Параметр	Модель	Кількість	Ціна, грн	Сума
Маса бункеру 1, 2	CAS BCH-1T	2	9670	19340
Рівень в бачку барди	Siemens 3RG6112	1	6448	6448
Тиск повітря	Siemens 7MF1563-3BG00	1	1980	1980
Положення засувки	Camozzi APL-220N/MBP100	10	5418	54180
Положення шибера вивантаження	Camozzi CST-232-5	2	618	1236
Контроль обертання змішувача, транспортера	Festo SIEH-M12B-PS-K-L-CR	2	612	1224
Контроль люку змішувача	Festo SIEH-M12B-PS-K-L-CR	2	612	1224
Контроль захисних огорожень	Festo SIEH-M12B-PS-K-L-CR	4	612	2448
Наявність сировини в бункерах	Endress+Hauser FTM-A4HA1J-00300mm	2	16412	32824
Разом				120904

Експлуатаційні витрати на обслуговування обладнання приймемо як 10% вартості комплектуючих, як середній показник по металургійній промисловості. Вони становитимуть 67071грн.

Виділимо по 10 днів та двох працівників на монтаж механіки, електроніки, програмне відлагодження та пусконаладжувальні роботи, разом 640 людино-годин по 181.33грн (див. п.4.2), або 116051грн.

Загальні витрати на лінію 786 762грн на впровадження, та щорічні витрати 67071грн на експлуатаційні витрати на обслуговування.

Таблиця 4.2 – Вартість електрообладнання для лінії

Параметр	Модель	Кількість	Ціна, грн	Сума
Блок управління віброживильником 3-5	Aviteq VIBTRONIC IC(E)	3	31600	94800
Частотний привід шнеків	Schneider Electric ATV610 3кВт 380-460В IP20	1	17873	17873
Частотний привід транспортеру	Schneider Electric ATV610 2,2кВт 380-460В IP20	1	14974	14974
УПП приводу змішувача	Siemens 3RW4427-1BC44	1	82830	82830
Пускач шнеку 1, 2	Siemens 3RT2016-1BB41	2	847	1694
Сирена	Siemens 8WD4420-0EA2	1	2585	2585
Разом				214756

Таблиця 4.3 – Виконавчі механізми для лінії

Параметр	Модель	Кількість	Ціна, грн	Сума
Аварійний клапан барди	Belimo AVK24A-SZ-TPC	1	45415	45415
Шибери подачі компонентів 1-5	Camozzi 358-015-02IL	5	1238	6190
Обдув дозатору 1	Camozzi 358-015-02IL	1	1238	1238
Обдув проміжного бункеру 1	Camozzi 358-015-02IL	1	1238	1238
Дно дозатору 1,2	Camozzi 358-015-02IL	2	1238	2476
Дно проміжного бункеру 1,2	Camozzi 358-015-02IL	2	1238	2476
Подача барди	Camozzi 358-015-02IL	1	1238	1238
Злив барди	Camozzi 358-015-02IL	1	1238	1238
Відкриття шибери змішувача	Camozzi 358-015-02IL	1	1238	1238
Разом				62747

Таблиця 4.4 - Монтажні вироби для лінії

Дріт Ethernet для з'єднання станцій ПЛК, 1м		50	18,5	925
Дріт 3x0,5 для підключення датчиків, 1м		100	11,48	1148
Дріт 2x0,75 1м		100	12,12	1212
Шафа	Rittal 5822600	1	43016	43016
Шафа	Rittal 1576000	2	5412	10824
Шафа	Rittal 1577000	1	4856	4856
Інші монтажні вироби		1	10000	10000
Разом				71981

Таблиця 4.5 – Автоматика для лінії приготування маси

Параметр	Модель	Кількість	Ціна, грн	Сума
ПЛК S7-1215C DC/DC/DC	Siemens 6ES7 215-1AG40-0XB0	1	15766	15766
Комунікаційний модуль ET200SP	Siemens 6ES7 155-6AU01-0BN0	2	6786	13572
Панель оператора TP900	Siemens 6AV2 124-0JC01-0AX0	1	64548	64548
Модуль дискретних входів DI8 x 24VDC ST	Siemens 6ES7 131-6BF01-0BA0	5	1443	7215
Модуль дискретних виходів DQ4 x 24VDC / 2A ST	Siemens 6ES7 132-6BD20-0BA0	6	1197	7182
Модуль аналогових виходів AQ4 x 14 bits	Siemens 6ES7 232-4HD32-0XB0	2	13217	26434
Модуль аналогових входів AI4 x I 2-,4-wire ST	Siemens 6ES7 134-6GD01-0BA1	1	5677	5677
Модуль зважування SIWAREX WP321	Siemens 7MH4 138-6AA00-0BA0	2	22624	45248
Кінцевий модуль	Siemens 6ES7 193-6PA00-0AA0	2	731	1462
Базова панель розширення	Siemens 6ES7 193-6BP00-0BA0	14	542	7588
Compact switch module CSM 1277	Siemens 6GK7 277-1AA10-0AA0	1	5631	5631
Разом				200323

4.2 Розрахунок витрат при використанні лінії в поточному стані

Розрахуємо вартість людських ресурсів, що витрачаються на рік.

Через низький ступінь автоматизації один працівник може обслуговувати максимум дві подібні лінії, тобто для роботи лінії потрібно 0,5 працівника, або два працівника на чотири зміни. Працівники на рік мають 34 дні відпустки та близько 10 днів лікарняних, та інших причин, коли вони не можуть бути на роботі. Підприємство працює безперервно, тож необхідні працівники для підміни. Один працівник при такому графіку може підміняти 7 людей. Тож для роботи лінії необхідно $2+2/7=2,28$ працівника.

Візьмемо зарплатню працівника до виплати податків рівною 20000грн на місяць, або 240000грн на рік. Додаймо до цього вартість засобів індивідуального захисту по нормам видачі для одного працівника на рік 7140грн (див. таблицю 13). Для урахування загальнопромислових витрат на утримання персоналу, скористаємося коефіцієнтом накладних витрат, який для металургійної промисловості становить 1,35. Витрати на утримання одного робітника дорівнюють $247140\text{грн} \cdot 1,35 = 333639\text{грн}$ на рік.

Таблиця 4.6 – Норми та ціни засобів індивідуального захисту для працівників пресової дільниці ЦМВ

Назва ЗІЗ	Норма видачі на рік	Ціна, грн	Сума, грн
Захисна каска	0,33	700	231
Захисні окуляри	2	135	270
Захисні беруші	1	95	95
Костюм робочий	1	2048	2048
Зимовий робочий костюм	0,33	3468	1144
Черевики захисні	1	870	870
Зимові захисні черевики	0,33	1200	396
Сорочка	1	470	470
Жилетка	0,33	654	216
Респіратор	80	11	880
Рукавички	40	13	520
Разом			7140

Розрахуймо вартість людино-години на підприємстві. Працівник має $365-44=321$ днів робочого графіку, або 160 змін на рік, або 1840 робочих годин на рік. Тож одна людино-година обходиться підприємству $333629\text{грн}/1840\text{год}=181.33\text{грн}/\text{год}$

Вартість трудових ресурсів для роботи лінії становить $2,28 \cdot 333629\text{грн} = 760697\text{грн}$ на рік.

При цьому при роботі на автоматичній лінії оператор може обслуговувати 4 лінії, тобто витрачається вдвічі менше трудових ресурсів, або на $1,14 \cdot 333629 = 380337\text{грн}$ менше.

Окрім перевитрати людських ресурсів, через недосконалість алгоритмів лінія набирає другу порцію порошоків при увімкненому змішувачі, що на 2 хвилини на заміс подовжує його роботу при споживаній потужності близько 45кВт, транспортер працює довше приблизно на 0,5 хв при потужності 2кВт, магніт для видалення металів не має автоматики вимикання та працює постійно, споживаючи близько 1кВт.

Приймемо, з урахуванням ремонтів та простоїв обладнання кількість робочих змін 680 на рік, за зміну для роботи пресу потрібно близько 42 замісів. За рік виконується $680 \cdot 42 = 28560$ замісів.

За рік:

- змішувач працює на $2 \text{хв} \cdot 28560 = 57120 \text{хв} = 952 \text{год}$ довше;
- перевитрата електроенергії $952 \text{год} \cdot 45 \text{кВт} = 42840 \text{кВт} \cdot \text{год}$;
- транспортер працює на $0,5 \text{хв} \cdot 28560 = 14280 \text{хв} = 238 \text{год}$ довше;
- перевитрата електроенергії $238 \text{год} \cdot 2 \text{кВт} = 476 \text{кВт} \cdot \text{год}$;
- магніт працює на $(720 \text{хв} - 42 \cdot 1 \text{хв}) \cdot 680 = 461040 \text{хв} = 7684 \text{год}$ довше;
- перевитрата електроенергії $7684 \text{год} \cdot 1 \text{кВт} = 7684 \text{кВт} \cdot \text{год}$;
- експлуатаційні витрати на обслуговування обладнання – 30000грн.

Загальна перевитрата електроенергії лінією дорівнює $42840 + 476 + 7684 = 51000 \text{кВт}$, при вартості електроенергії 4,32грн/кВт*год перевитрата коштів на електроенергію становитиме $51000 \text{кВт} \cdot 4,32 \text{грн/кВт} \cdot \text{год} = 220320 \text{грн}$. Витрати на обслуговування на 37071грн менше ніж у модернізованій лінії.

Загалом експлуатація немодернізованої лінії буде на $380337 + 220320 - 37071 = 563586 \text{грн}$ на рік дорожче за експлуатацію модернізованої.

4.3 Розрахунок витрат при приготуванні маси на інших лініях цеху

Зважаючи на те, що виробництво маси для пресу №4 в цеху магнезійних виробів можливе не тільки на лінії приготування маси №4, але й на лініях №1, 2, 3, 6, 7, розглянемо такий варіант роботи, та розрахуємо додаткові витрати на транспортування готової продукції до бункеру пресу.

Через те що інші лінії цеху мають достатній рівень автоматизації, та вимагають приблизно такого ж обсягу трудових ресурсів, як і модернізована лінія, для свого функціонування, а через конструктивну схожість експлуатаційні витрати теж не будуть сильно відрізнятися, ці витрати враховувати не будемо.

Транспортування маси з інших ліній виробництва відбувається наступним чином: сировина завантажується в бункер пресу, на лінії якого виробляється, та реверсом транспортеру пресу звантажується в мішок, на дні якого заслано шмат картону. Мішок підіймається кран-балкою та транспортується до бункеру пресу №4, розташовується над його бункером, де картон розрізається та вміст мішку всипається до бункеру. Мішок можна використовувати до 30 разів, картон кожного разу має бути новим. Типова кількість завантажень за зміну – 42, час завантаження –

близько 10 хвилин, (з них близько 2 хв працює кран-балка потужністю 2,2кВт). Режим роботи підприємства – безперервний, дві зміни на добу.

Прийmemo, з урахуванням ремонтів та простоїв обладнання кількість робочих змін 680 на рік.

За рік:

- відбувається $680 \times 42 = 28560$ завантажень;
- кількість використаного картону – 28560 штук;
- кількість використаних мішків $28650/30 = 952$ штук;
- затрачено людських ресурсів $10 \text{ хв} \times 28560 = 285600 \text{ хв} = 4760$ годин;
- час роботи кран-балки $28650 \times 2 \text{ хв} = 57300 \text{ хв} = 955$ годин;
- використано електроенергії $955 \text{ год} \times 2,2 \text{ кВт} = 2101 \text{ кВт/год}$.

Отже, матеріальні затрати на транспортування у річному виразі становитимуть:

- вартість використаного картону $28560 \text{ шт} \times 12,5 \text{ грн} = 357000 \text{ грн}$;
- вартість мішків $952 \text{ шт} \times 386 \text{ грн} = 367472 \text{ грн}$;
- вартість праці $4760 \text{ люд-год} \times 181,33 \text{ грн/люд-год} = 863130 \text{ грн}$;
- вартість електроенергії $2101 \text{ кВт/год} \times 4,3 \text{ грн/кВт/год} = 9034 \text{ грн}$.

Таким чином, додаткові витрати, що буде нести підприємство, транспортуючи сировину з інших ліній приготування маси становитимуть $357000 \text{ грн} + 367472 \text{ грн} + 863130 \text{ грн} + 9034 \text{ грн} = 1\,596\,636 \text{ грн}$ на рік.

4.4 Визначення економічної доцільності реалізації проекту


Як було показано вище (п.4.1-4.3) загальні витрати на впровадження модернізованої лінії становлять 786 762 грн, та щорічні витрати на обслуговування 67071 грн.

З врахуванням експлуатаційних витрат на обслуговування обладнання, експлуатація немодернізованої лінії буде на 563586 грн на рік дорожче за експлуатацію модернізованої.

Таким чином термін окупності модернізації лінії становитиме $786762 \text{ грн} / 563586 \text{ грн/рік} = 1,4$ роки. Але зважаючи на застарілість лінії, нижчої якості продукції що виробляється, більшої кількості виробничого браку та пов'язаних з цим простоїв лінії приготування маси та пресу, економічний вплив яких істотний, але важко вимірюваний термін окупності лінії ще нижчий. Фактично, зважаючи на вищенаведені фактори лінія приготування маси не експлуатується, а маса виробляється інших лініях цеху.

При приготуванні маси на інших лініях цеху та транспортуванні її мішками до пресу №4 додаткові витрати, що несе підприємство, становлять 1 596 636 грн на рік. Термін окупності модернізації лінії при цьому становитиме $786762 \text{ грн} / 1596636 \text{ грн/рік} = 0,5$ року.

При цьому використання модернізованої лінії дає ще додаткові технологічні, технічні та економічні переваги, вплив яких безперечно позитивний в економічному сенсі, але дуже важко піддається підрахунку, ось перелік деяких з них:

- 
- доступні додаткові бункери, в яких можна зберігати масу та розширити перелік марок, що можуть одночасно вироблятися цехом;
 - на час приготування маси не потрібно займати технологічну лінію іншого пресу. (При роботі через мішки якщо марка маси не співпадає з маркою маси пресу, на лінії якого вона виготовляється, вивантажувати її можна лише при порожньому бункері пресу, прес при цьому не може працювати);
 - вивантаження маси в мішки спричиняє досить великий обсяг технологічного пилу, вивантаження маси напряму в бункер пресу набагато більш екологічне, та наносить менше шкоди здоров'ю працівників;
 - додаткова лінія приготування маси може становити резерв для використання цехом;
 - модернізована лінія буде мати додатковий ресурс роботи обладнання, та при роботі на ній не буде витрачати ресурс інших ліній;
 - модернізована лінія буде використовувати пристрою плавного пуску двигунів, що згладжує ударні навантаження на енергомережу підприємства та на механічну частину змішувача та транспортера, що зменшує ризик поломки та підвищує їх ресурс;
 - модернізована лінія виконує автоматичний контроль за станом багатьох механізмів, що знижує ризик виготовлення технологічного браку як маси, що виготовлена на лінії, так і цегли, що виробляється з цієї маси. Також знижується вірогідність технологічних аварій, що потребують ресурсів для ліквідації їх наслідків та призводять до простою лінії приготування маси та пресу з виробництва вогнетривів.

Таким чином, можна підсумувати що окупність модернізації лінії з приготування маси настає вже через півроку після модернізації, та зменшить витрати на експлуатацію підприємства на 1596636грн на рік, а також забезпечить інші вигоди.

Отже модернізація лінії є дуже вигідною для підприємства, та може бути рекомендована для впровадження.

ВИСНОВКИ


В результаті виконання кваліфікаційної роботи було розглянуто лінію приготування маси для пресу з виробництва вогнетривів №4 цеху магнезійних виробів ПрАТ Запоріжвогнетрив. Була детально вивчена наявна система автоматизації, виявлені її основні недоліки та запропоновані шляхи їх виправлення, проаналізовані представлені в літературі підходи з проектування подібних систем. На базі цієї роботи була сформована функціональна схема модернізованої АСУ та підібрані технічні засоби автоматизації, датчики, виконавчі механізми та електрообладнання для роботи лінії.

Були розроблені алгоритмічне та програмне забезпечення окремих задач системи. На основі експериментальних даних було досліджено роботу системи дозування, зняті криві розгону на обладнанні, аналогічному до системи дозування, що проектується. На основі цих даних була побудована модель системи, розраховані параметри регуляторів та проведена симуляція процесу дозування в пакеті Simulink. В пакеті TIA portal було побудовано проект системи автоматизації, розроблені алгоритми роботи лінії, налаштовані ПІД регулятори. Також було розроблені основні елементи людино-машинного інтерфейсу, що дозволяють оператору зручно керувати лінією та отримувати всю необхідну інформацію про стан механізмів та технологічний процес.

Також було проаналізована вартість модернізації лінії приготування маси, розрахована вартість комплектуючих та робіт необхідних для запровадження системи. Вартість модернізації склала 787тис. грн, та щорічні експлуатаційні витрати на ремонт та обслуговування обладнання склали 67 тис. грн.

Було прораховано на скільки будуть знижені витрати на експлуатацію лінії при різних сценаріях її використання, та виявлено, що при експлуатації модернізованої лінії підприємство витратить на 1597000грн. на рік менше, ніж при роботі преса за сценарієм, що наразі використовується на підприємстві. При такій економії термін окупності лінії складе шість місяців, що є надзвичайно хорошим показником.

Окрім розрахованого економічного ефекту, будуть досягнуті позитивні ефекти, що важко піддаються економічному вимірюванню, а саме: залучення додаткових бункерів для зберігання сировини на пресовій дільниці, збільшення кількості марок маси, що одночасно може виробляти цех, можливість не використовувати інші лінії для роботи преса №4, зменшення викидів промислового пилу в цеху, додаткова лінія приготування маси, що може бути використана як резерв, модернізована лінія матиме додатковий ресурс напруцювання на відказ, та знизить навантаження на інше обладнання цеху, більш м'яке навантаження на електричну мережу підприємства, знижене навантаження на механічну частину лінії, що підвищує надійність та зменшує кількість аварій,




зниження кількості браку при виготовлені маси для пресу, та браку готової цегли.

Таким чином можна підсумувати, що модернізація лінії приготування маси для пресу з виробництва вогнетривів №4 цеху магнезійних виробів є дуже вигідною інвестицією та принесе чималу вигоду підприємству.

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Автоматизація виробничих процесів: підручник / І.В. Ельперін, О.М. Пупена, В.М. Сідлецький, С.М. Швед. — 2-ге вид., випр. — К.: Ліра-К, 2017. — 378 с.
2. Основи вимірювань та автоматизації технологічних процесів: підручник / А. К. Бабіченко [та ін.]; за заг. ред. А. К. Бабіченка; Нац. фармац. ун-т. — Харків: НФаУ: Золоті сторінки, 2007. — 515 с.
3. Кравченко В.П., Койфман О.О., Сімкін О.І. Автоматизація технологічних процесів і виробництв у чорній металургії: навч. посіб. — Одеса: Олді+, 2023. — 276 с.
4. Ладанюк А.П., Решетнюк В.М., Кишенько В.Д., Смітюх Я.В. Іноваційні технології в управлінні складними об'єктами агропромислового комплексу: монографія. — К.: Центр учбової літератури, 2014. — 280 с.
5. Сімкін О. І. АСУТП в гірничо-металургійному виробництві: конспект лекцій. — Запоріжжя: ТОВ «ТЕХН. УН-Т «МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА», 2022. — 179 с.
6. Voicea, I., Neagoe, M., Persu, C., Găgeanu, I., Oprescu, R., Nițu, M., ... & Popescu, C. (2019). Construction types of technical equipment for dosing, weighing, packaging and procedures used in milling units. *Annals of the University of Craiova-Agriculture, Montanology, Cadastre Series*, 48(2), 457–464.
7. Salah, B., Alsamhan, A. M., Khan, S., & Ruzayqat, M. (2021). Designing and Developing a Smart Yogurt Filling Machine in the Industry 4.0 Era. *Machines*, 9(11), 300.
8. Zhu J. F., Xu S. J., Li Y. W. The System Design of Granular Bulk Materials Continuous Conveyor Weighing Measurement // *Applied Mechanics and Materials*. — 2013. — Vol. 345. — P. 145–149. — DOI: 10.4028/www.scientific.net/amm.345.145.
9. Shilin D. V., Shestov D. A., Ganin E. Improving the Accuracy of Weighing Bulk Materials in a Dispenser On-Stream Flow Meter with Two Strain Gauges // *Vestnik MEI*. — 2019. — Vol. 3, no. 3. — P. 116–123. — DOI: 10.24160/1993-6982-2019-3-116-123.
10. Блажко В. [та ін.]. Малогабаритні комплекси для виготовлення будівельних сумішей різноманітного призначення // *Вісник Харківського національного автомобільно-дорожнього університету*. — 2024. — Т. 1, № 104. — С. 70. — DOI: 10.30977/bul.2219-5548.2024.104.1.70.
11. ТОВ "НПФ Огнеупоравтоматикасервис". Лінія приготування маси пресу №1: технічний опис та посібник з експлуатації 825.00.00.00.ПС. Запоріжжя: ТОВ "НПФ Огнеупоравтоматикасервис", 2003. 26 с.
12. Кріль Б.А. [та ін.]. Експериментальне дослідження регулюючих органів та вагових комірок для технологічного процесу дозування // *Перспективні технології та прилади*. — 2024. — Т. 1, № 23. — С. 38–47. — DOI: 10.36910/10.36910/6775-2313-5352-2023-23-06.



13. Цибуленко Н., Лукашук Г. Розробка інформаційно-вимірювальної системи контролю параметрів дозування матеріалів при виробництві тротуарної плитки // Specialized and multidisciplinary scientific researches. — 2020. — DOI: 10.36074/11.12.2020.v2.26.

14. Петренко Ю. А., Костиря Д. А., Аширов Д. В. Модель вибору SCADA-системи для автоматизації процесу дозування рідини // SCIENCE, ENGINEERING AND TECHNOLOGY: GLOBAL TRENDS, PROBLEMS AND SOLUTIONS. — 2020. — DOI: 10.30525/978-9934-588-79-2-1.16.

15. Ляпушкін С.В., Гусев Н.В. Синтез регуляторів системи автоматичного дозування сипких матеріалів // Сучасні техніка та технології: зб. праць XV Міжнародної науково-практичної конференції студентів, аспірантів та молодих учених. — 2009.

16. Банга В. І. Апаратно-програмне забезпечення автоматизованого дозатора комбікормів // Проблеми надійності машин: зб. матеріалів міжнар. наук.-практ. конф. — Харків, 2019. — С. 26–27.

17. Шоловій Ю. П. Розробка та дослідження гнучких вібраційних модулів для об'ємного дозування порошкових матеріалів: автореф. дис. ... канд. техн. наук. — Львів, 1993. — 18 с.

18. Глухенький О. І. Системи дозування рідких металів з перехресними електричними і магнітними полями при повздовжньому струмі в каналі: автореф. дис. ... канд. техн. наук. — Київ, 2007. — 20 с.

19. Ворошко М. В. Модель системи автоматичного дозування сипучих речовин: дипломна робота ... магістра: 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології. — Харків: ХНАДУ, 2023. — 81 с.

20. Верескля Д. В., Лизан Х. О. Дослідження оптимальних параметрів бункерного живильника для автоматизованого дозування сипучих матеріалів: магістерська робота. — Тернопіль: ТНТУ, 2018. — 86 с. — URL: <http://elartu.tntu.edu.ua/handle/lib/23615>.

21. Замосьний Ю.Ю. Інформаційно-вимірювальна система установки для вагового дозування тукосумішей: дипломна робота магістра за спеціальністю „152 — метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка“. — Тернопіль: ТНТУ, 2019. — 127 с.

22. Пристрій для дозування сипких матеріалів : пат. 8835 Україна : G01F 11/10 (2016.01). № u200502282 ; заявл. 14.03.2015 ; опубл. 15.08.2015, Бюл. № 8. 2 с.

23. Дозатор важкосипких матеріалів : пат. 56020 Україна : G01F 11/00. № u201005012 ; заявл. 26.04.2010 ; опубл. 27.12.2010, Бюл. № 24. 2 с.

24. Vorrichtung und Verfahren zum Dosieren von Schüttgut : patent DE102004012328 Germany : B65G 65/34. No. 102004012328 ; applied on 11.03.2004 ; published on 29.09.2005.



ДОДАТОК А СКАН-КОПІЯ ТЕЗ ДОПОВІДІ НА КОНФЕРЕНЦІЇ АКІТ

Доценко Віктор Володимирович
магістрант
ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
«МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА»
м. Запоріжжя

ОГЛЯД МОДЕРНІЗАЦІЇ ЛІНІЇ ПРИГОТУВАННЯ МАСИ ДЛЯ ПРЕСУ ВОГНЕТРИВКИХ ВИРОБІВ

На даний час в металургійному виробництві, як і в інших галузях виробництва, є актуальною тема приготування сухих та напівсухих сумішей з сипучої та рідкої сировини. Не винятком є і виробництво вогнетривкої цегли, де готові вироби отримуються шляхом пресування сумішей магнезиту, хроміту, рідини, що зв'язує та інших допоміжних компонентів. Точність дозування сумішей, якість перемішування, продуктивність, та гнучкість конфігурування для таких виробництв є важливою умовою успішного функціонування та вирішуються шляхом автоматизації виробництва. Саме тому дослідження, спрямоване на розробку нових алгоритмів, математичного моделювання функціонування з метою підвищення якості вогнетривкої цегли є актуальною науково-технічною задачею.

В дослідженнях розглянуто питання проектування автоматизованої системи приготування маси для пресу з виробництва вогнетривких виробів.

Зважаючи, що виробництво нової системи приготування маси потребує значних капітальних витрат, є доцільним модернізація обладнання, що вже є в наявності, але не відповідає вимогам якості роботи, або рівню автоматизації, що необхідна. Саме такої модернізації потребує система приготування маси пресу 4 цеху магнезійних виробів ПрАТ Запоріжвогнетрив. Наразі система приготування маси має ручне керування, та низьку точність дозування, тому впровадження автоматизованої системи керування підвищить точність та знизить періоди часу, коли прес буде простоювати з причини браку сировини. Автоматизація процесу дозволить підвищити точності дозування, позитивно вплине на якості продукції, стабілізувати роботу та уникнути простою обладнання, а також залучати менше людських ресурсів до процесу виробництва. Крім того автоматизована система дозволяє збирати статистичні дані, контролювати хід та дотримання

Рисунок А.1 – Скан-копія тез конференції

технологічного процесу, що також може допомогти підвищити якість продукції, що виготовляється.

Незважаючи на те, що системи дозування та змішування маси широко розповсюджені в промисловості [1, 2, 4], кожен технологічний об'єкт, навіть в межах одного виробництва потребує індивідуального підходу. Тому в роботі пропонується проєкт системи керування лінією приготування маси, яка буде спиратися на сучасні алгоритми дозування [3], та буде якнайкраще пристосована до умов виробництва в цеху магнезійних виробів.

Пропонується наступна реалізація АСУ технологічним об'єктом. Управління автоматикою буде здійснюватися за допомогою програмованого логічного контролера Siemens S7-1200, та сенсорної панелі оператора. Система дозування матиме два вагових дозатора бункерного типу, з почерговим завантажування сипучих компонентів, в один за допомогою шнекових питників, а в інший за допомогою вібраційних. Рідина, що в'яже, буде дозуватися за допомогою об'ємного дозатору. Після зважування компоненти з кожного дозатору перевантажуються до проміжних бункерів, звільняючи тим самим дозатор для подальшого завантаження. Після запуску змішувача, компоненти пересипаються у нього порціями, згідно з технологічним процесом, і також порційно додається барда, та вимішується певний час. Коли змішування завершиться готова сировина висипається на стрічку конвеєра та подається до бункера пресу.

Таким чином, лінія приготування маси зможе забезпечити прес якісною сировиною для виготовлення якісної продукції.

Список використаних джерел

1. Банга В. І. Апаратно-програмне забезпечення автоматизованого дозатора комбікормів. Проблеми надійності машин: зб. матеріалів міжнар. наук.-практ. конф. Харків, 2019.
2. Ладанюк А.П. Іноваційні технології в управлінні складними об'єктами агропромислового комплексу : монографія / А.П. Ладанюк, В.М. Решетнюк, В.Д. Кишеняко, Я.В. Смітюх. – К.: «Центр учбової літератури», 2014-280с.
3. Лянушкін С.В., Гусєв Н.В. Синтез регуляторів системи автоматичного дозування сипких матеріалів // Сучасні техніка та технології: збірка праць XV Міжнародної науково-практичної конференції студентів, аспірантів та молодих учених. - 2009.
4. Щокін В.П., Мисько С.М., Міщенко П.Д. Інтегрована інформаційно-керуюча система виробництва агломерату //Восточно-Европейський журнал передових технологій – 2005. – № 4/2(16).

Рисунок А.2 – Скан-копія тез конференції

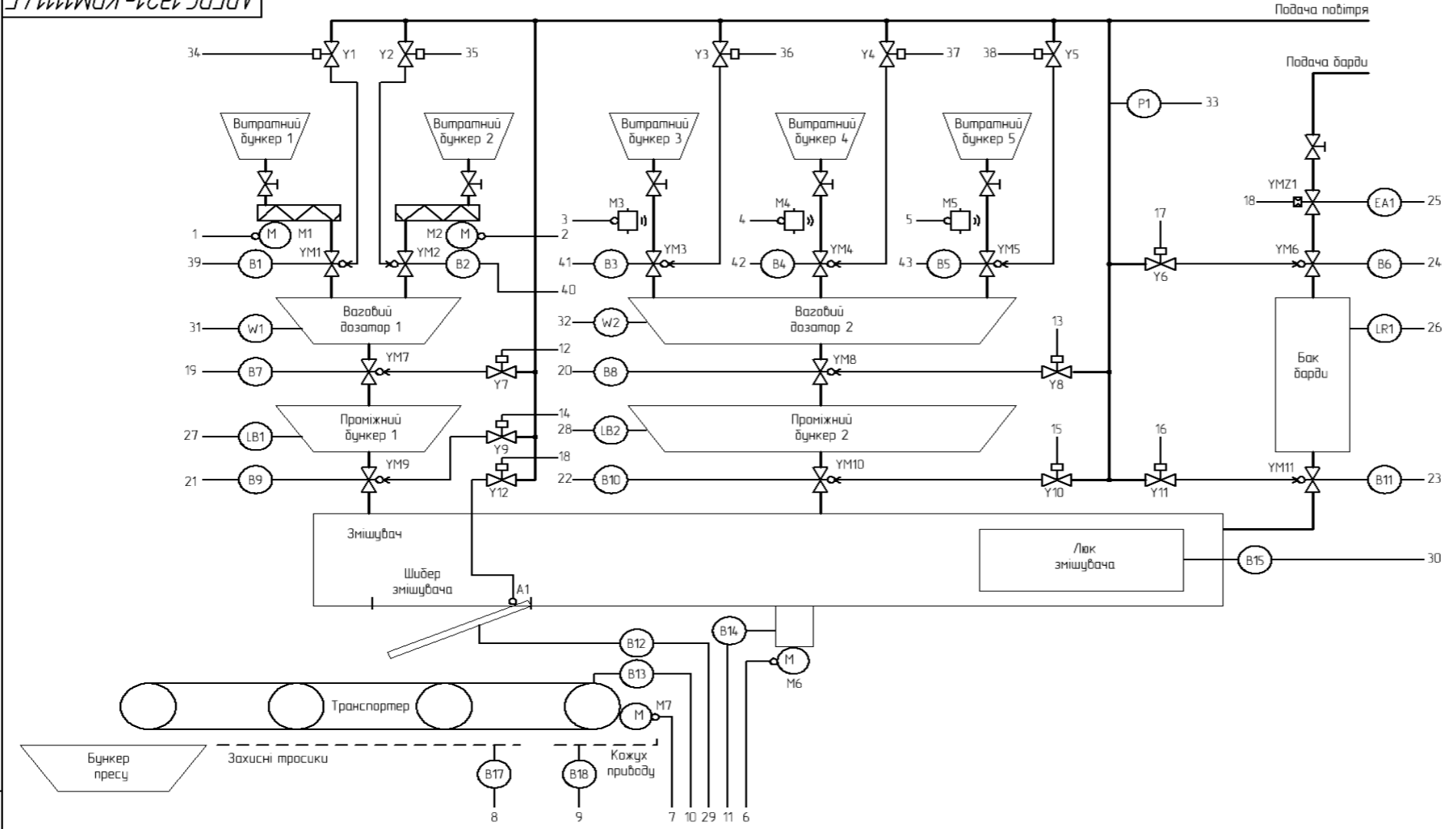
ДОДАТОК Б
СЕРТИФІКАТ УЧАСТІ В КОНФЕРЕНЦІЇ



Рисунок Б.1 – Сертифікат участі в конференції

ДОДАТОК В ФУНКЦІОНАЛЬНА СХЕМА АВТОМАТИЗАЦІЇ

АВЕРС.1021а.КРМ1111.4Б



Позиційне позначення	Найменування	Кількість	Примітка
M1, M2	Шнековий живильник, к комплекту з двигуном 2,2кВт	2	
M3-M5	Вібраційний живильник з блоком управління Aviteq VIBTRONIC IC(E)	3	
M6	Двигун приводу змішувача асинхронний, 75кВт	1	
M7	Двигун приводу транспортера, асинхронний, 2,2кВт	1	
Y1-Y12	Пневматичний розподільник Sotazzi 358-015-02II	12	
YMZ1	Засувка з електричним приводом Velita AVK24A-SZ-TPC	1	
YM1-YM11	Шливер з пневмоприводом з блоком контролю Sotazzi APL-220V/MBP100	11	
A1	Шливер змішувача з приводом від пневмоциліндру	1	
B1-B11	Блок контролю положення засувки Sotazzi APL-220V/MBP100	11	
B12	Датчик положення штоку пневмоциліндру Sotazzi CST-232-5	2	
B13-B18	Датчик індукційний Festo SIEH-M12B-PS-K-L-CR	6	
LB1-LB2	Датчик наявності сировини Endress+Hauser FTM-A4HA1J-00300mm	2	
LR1	Датчик рівняультразвуковий Siemens 3RG6112	1	
P1	Датчик тиску Siemens 7MF1563-3BG00	1	
EA1	Датчик положення засувки в комплекті засувки Velita AVK24A-SZ-TPC	1	
W1-W2	Температурний датчик CAS BCH-1T	2	

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43									
Головна шафа автоматизації	Q0.5	Q0.6	Q0.2	Q0.3	Q0.4	Q0.0	Q0.1	Q8.2	Q8.4	Q7.4	Q7.5																																									
Польова станція на рівні змішувача												Q11.2	Q11.3	Q6.0	Q6.1	Q7.1	Q7.0	Q7.2	Q11.2	Q11.4	Q6.0	Q6.2	Q6.6	Q6.4	QW28	Q7.2	Q7.3	Q17.0	Q8.0																							
Польова станція на рівні дозаторів																												QW32																								

Кд. № докум.
 Підпис та дата
 Кд. № докум.
 Підпис та дата
 Кд. № докум.
 Підпис та дата

АВЕРС.1021а.КРМ1111.4Б				
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата
Розроб		Доценко В.В.		
Перевір		Розживін О.В.		
Н.контр				
Затв.				
Лінія приготування маси для пресу вогнетривів			Лист	Маса
Функціональна схема автоматизації			Лист 1	Листів 1
Копія			Формат А2	