

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Сумський державний університет
Факультет електроніки та інформаційних технологій
Кафедра комп'ютеризованих систем управління

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри КСУ

_____ Петро ЛЕОНТЬЄВ

_____ 2023 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
на здобуття освітнього ступеня бакалавр

зі спеціальності 151 – Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології
освітньо-професійної програми

«Комп'ютеризовані системи управління та робототехніка»

на тему: «Автоматизація дозування компонентів при виробництві цементу»

Здобувача групи СУ-91

Давиденко Ілля Леонідович

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

Ілля ДАВИДЕНКО

(підпис)

Керівник: доцент кафедри КСУ, к. т. н. Георгій КУЛІНЧЕНКО.

(підпис)

Ном.поз	Формат	Позначення	Найменування	Кількість	№ екз.	Примітки
			Документація загальна			
			Застосована			
1	A4		Завдання кафедри	2		
2	A4	T3	Технічне завдання	3		
3	A4		Реферат	1		
4	A4	СУ-91 6.151.01.06.ПЗ	Пояснювальна записка	53		
			Документація конструкторська			
5	A3	СУ-91 6.151.01.06.K1	Кінематична схема конвеєрного дозатора	1		
6	A3	СУ-91.6.151.01.06.E3	Схема електрична принципова	1		

					<i>СУ-91.6.151.01.06.ВП</i>		
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>			
		<i>Ілля ДАВИДЕНКО</i>			<i>Лім.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
		<i>Георгій КУЛІНЧЕНКО</i>					
<i>Реценз.</i>		<i>Петро ЛЕОНТЬЄВ</i>			<i>СумДУ, СУ-91</i>		
<i>Н. Контр.</i>							
<i>Затверд.</i>							
					<i>Автоматизація дозування компонентів при виробництві цементу</i>		

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Кафедра комп'ютеризованих систем управління

ЗАТВЕРДЖУЮ:
Зав. кафедри КСУ
_____ Петро

ЛЕОНТЬЄВ

_____ 2023 р.

ЗАВДАННЯ

на кваліфікаційну роботу бакалавра здобувачу вищої освіти
Давиденко Іллі Леонідовичу

1. Тема кваліфікаційної роботи: «Автоматизація дозування компонентів при виробництві цементу»
затверджена наказом ректора СумДУ № 0263 VI від "14" березня 2023р.
2. Термін здачі студентом закінченої роботи " 01 " червня 2023 р.
3. Вихідні дані до кваліфікаційної роботи: _звіт з переддипломної практики, наукові публікації, статті, технічна документація та перелік літературних джерел з матеріалом про подібні системи.
4. Зміст кваліфікаційної роботи (питання, що підлягають розробленню): аналіз технологічного процесу, аналіз існуючих подібних систем керування, загальний опис процесу, розробка структурної схеми системи, функціональний аналіз, розробка функціональної схеми, вибір технічних засобів автоматизації, розробка електричної принципової схеми.
5. Перелік графічних матеріалів: 17 рисунка, 6 таблиць, 2 додатка.
6. Календарний план виконання роботи:

№ етапу	Зміст етапу проектування	Термін виконання
1	Аналіз технічних вимог до автоматизації процесу дозування компонентів при виробництві цементу	21.02.2023- 01.03.2023

2	Розробка технічного завдання. Визначення основних елементів системи та побудова структурної схеми.	02.03.2023-16.04.2023
3	Розробка функціональної схеми	16.04.2023-19.04.2023
4	Вибір засобів автоматизації	20.04.2023-25.04.2023
5	Розробка технічної документації.	25.04.2023-05.05.2023
6	Технічне оформлення проекту.	06.05.2023-28.05.2023

7. Дата видачі завдання " 19 " лютого 2023 р.

Керівник проекту:

к.т.н. доцент кафедри КСУ
(науковий ступінь, вчене звання, посада)

(підпис)

Георгій Кулінченко
(ім'я та прізвище)

Здобувач:

студент гр. СУ-91
(шифр групи)

(підпис)

Ілля Давиденко
(ім'я та прізвище)

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Кафедра комп'ютеризованих систем управління

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

на проектування системи автоматичного дозування компонент
цементу

Розробник:
студент групи СУ-91

Давиденко І.Л.

Погоджено:
к.т.н., доцент

Кулінченко Г.В.

Суми – 2023

1. Назва і галузь застосування: автоматизована система дозування компонент цементу використовується в будівельній промисловості, може використовуватися при дозуванні сухих речовин.

2. Підстави для проектування: Наказ ректора Сумського державного університету № 0236-VI від «14» березня 2023р.

3. Мета і призначення проекту: Підвищення точності дозування системи автоматизованого дозування компонент цементу на базі конвеєрного дозатора.

4. Режими роботи об'єкта: Позмінний з регламентними роботами

5. Умови експлуатації дозатора та прикладного обладнання:

- Обладнання повинно працювати в умовах в агресивного впливу

- Промислове середовище, з високим рівнем пилу.

- Температура навколишнього повітря від 5°C до + 50°C.

- Відносна вологість 60-80 %

- Атмосферний тиск 84 -107 кПА

- Рівень вібрацій: Значення віброшвидкості 0.28-1,5 мм/с.

6. Технологічний процес

Процес безперервної дії: Система керування повинна забезпечувати дозування компонент згідно технологічного регламенту, надійність функціонування та точність дозування Процес безперервної дії передбачає тільки планові зупинки на обслуговування обладнання, він вимагає високої надійності та безперебійної роботи.

7.Технічні вимоги:

Масовий діапазон дозування	Від 200 до 1600 кг
----------------------------	--------------------

Електропривод

СУ має забезпечити швидкість конвеєрної стрічки	Від 0,1м/с до 0,8 м/с
---	-----------------------

Живлення

Система повинна живитись від електромережі	380/220В / 50±2 Гц
--	--------------------

Давачі

Має забезпечити вимір ваги(зусилля) при діапазоні швидкості(Від 0,1м/с до 0,8 м/с)	Від 0 до 1800кг з похибкою не більше 10%
Має забезпечити вимір швидкості конвеєрної стрічки	Від 0 до 1,2 м/с з похибкою не більше 5%
Має запобігати аварійним ситуаціям(сходження стрічки)	-

8. Стадії та етапи проектування:

№ етапу	Зміст етапу проектування	Термін виконання
1	Аналіз технічних вимог до автоматизації процесу дозування компонентів при виробництві цементу	21.02.2023 – 01.03.2023

2	Розробка технічного завдання. Визначення основних елементів системи та побудова структурної схеми.	02.03.2023-16.04.2023
3	Розробка функціональної схеми	16.04.2023-19.04.2023
4	Вибір засобів автоматизації	20.04.2023-25.04.2023
5	Розробка технічної документації	25.04.2023- 05.05.2023
6	Технічне оформлення проекту	06.05.2023-28.05.2023

9. Додаток А.

- СУ-91 6.151.06.К1 – Кінематична схема конвеєрного дозатора.

Додаток Б

- СУ-91.6.151.06.Е3 – Схема електрична принципова.

АНОТАЦІЯ

Тема роботи: Автоматизація дозування компонентів при виробництві цементу.

Автор: Давиденко Ілля Леонідович; Сумський державний університет; 4 курс; Суми.

Керівник: Кулінченко Георгій Васильович; доцент кафедри КСУ; кандидат технічних наук;

Робота містить вступ, чотири розділи та висновки в основному тексті, загальним обсягом 53 сторінок, 21 рисуноків, 7 таблиць, 23 джерел інформації.

Загальний опис системи, автоматизована система дозування компонент цементу складається з трьох дозаторів, дозатор складається з локального блока керування, засобів автоматизації таких як давачі та виконавчі пристрої, та самого стрічкового транспортера. Параметри системи: Максимальний об'єм дозування 1600 кг, діапазон швидкості системи 0,1м/с – 0,8м/с. Система забезпечує дозування з похибкою не більше 10%.

В першому розділі розглядається та описується технологічний процес виготовлення цементу та особливості дозування. В другому розділі як об'єкт керування розглянуто конвеєрні дозатори, їх типи, конструкції та принцип дії, сформулюванні завдання для конвеєрних дозаторів. Третій розділ присвячений вибору та обґрунтуванню апаратної частини та засобів автоматизації, компонуванню електромонтажних шаф дозатора та головного блока керування. Четвертий розділ присвячений розроблені SCADA - системи та створенню мнемосхеми оператора, аналізу факторів які впливають на точність дозування. Основною метою роботи є досягнення ефективності та підвищення точності дозування систем автоматичного дозування компонент цементу.

Була розроблена структурна, функціональна, кінематична та принципова схеми системи, описані контури контролю, обрано апаратну частину, розроблено схеми компонування електромонтажних шаф, розроблено інтерфейс SCADA системи описано алгоритм системи.

Ключові слова: мікроконтролер, конвеєрний дозатор, електропривод, регулятор, конвеєрна стрічка, ваговий дозатор, система автоматично регулювання.

ABSTRACT

Work topic: Automation of component dosing in cement production.

Author: Davydenko Ilya Leonidovych; Sumy State University; 4th course; Sumy.

Head: Kulinchenko Georgy Vasylyovych; associate professor of the KSU department; candidate of technical sciences;

The work contains an introduction, four sections and conclusions in the main text, totaling 53 pages, 21 figures, 7 tables, 23 sources of information.

General description of the system, the automated dosing system of cement components consists of three dispensers, the dispenser consists of a local control unit, means of automation such as sensors and actuators, and the belt conveyor itself. System parameters: Maximum dosing volume 1600 kg, system speed range 0.1m/s - 0.8m/s. The system provides dosing with an error of no more than 10%.

The first chapter examines and describes the technological process of cement production and dosage features. In the second section, conveyor dispensers, their types, designs and principle of operation, task formulation for conveyor dispensers are considered as a control object. The third section is dedicated to the selection and justification of the hardware and automation tools, the layout of the electrical cabinets of the dispenser and the main control unit. The fourth chapter is dedicated to the developed SCADA system and the creation of the operator's mnemonic scheme, analysis of factors affecting dosing accuracy. The main goal of the work is to achieve efficiency and increase the dosing accuracy of automatic dosing systems of cement components.

The structural, functional, kinematic and principle diagrams of the system were developed, the control circuits were described, the hardware part was selected, the layout diagrams of electrical cabinets were developed, the SCADA system interface was developed, and the system algorithm was described.

Key words: microcontroller, conveyor dispenser, electric drive, regulator, conveyor belt, weight dispenser, automatic adjustment system.

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет електроніки та інформаційних технологій
Кафедра комп'ютеризованих систем управління

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри КСУ
_____ Петро ЛЕОНТЬЄВ
_____ 2023 р.

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до дипломного проекту:

зі спеціальності 151 – Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології
на тему:

«Автоматизація дозування компонентів при виробництві цементу»

Дипломник:

Студент гр. СУ-91

Давиденко.І.Л.

Керівник проекту:

к.т.н., доцент

Кулінченко Г.В.

Суми – 2023

ЗМІСТ

СКОРОЧЕННЯ І УМОВНІ ПОЗНАЧЕННЯ.....	4
ВСТУП.....	5
1. ОПИС ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ.....	6
1.1 Переміщення сировини.....	7
1.2 Етап дозування.....	8
1.3 Особливості технологічного процесу безперервної дії.....	9
1.4 Типи дозаторів.....	9
2. КОНВЕЄРНИЙ ДОЗАТОР ЯК ОБ’ЄКТ УПРАВЛІННЯ.....	13
2.1 Регулювання витрат компонентів.....	14
2.2 Задачі керування.....	15
3. ОБГРУНТУВАННЯ І ВИБІР ЗАСОБІВ АВТОМАТИЗАЦІЇ.....	18
3.1 Вибір давачів ваги.....	18
3.2 Драйвер ваг.....	22
3.3 Давач швидкості.....	24
3.4 Давач контролю сходження стрічки.....	25
3.5 Вибір електроприводу.....	26
3.6 Частотний перетворювач.....	28
3.7 Вибір контролерів.....	30
3.8 Перетворювач інтерфейсів.....	32
3.9 Перетворювачі напруги.....	34
3.10 Відображення інформації.....	35
3.11 Компонування шафи дозатора.....	37
3.12 Компонування шафи ГБК.....	38
4. SCADA-СИСТЕМИ.....	40
4.3 Розрахунок витрати.....	40
4.4 Контроль якості.....	41
4.5 Точність дозування.....	42
4.6 Алгоритм.....	44
4.7 Впровадження SCADA-системи та завдання оператора.....	46
ВИСНОВОК.....	51
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	52

СКОРОЧЕННЯ І УМОВНІ ПОЗНАЧЕННЯ

МК – мікроконтролер

ВД – ваговий дозатор

САР - система автоматично регулювання

АЦП – аналого-цифровий перетворювач

АС – асинхронний

ЕП – електропривод

ККД – коефіцієнт корисної дії

ГБК- головний блок керування

ОЗП – оперативний запам'ятовувальний пристрій

					СУ-91 6.15101.06ПЗ	Лист
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		55

ВСТУП

В наш час будівельна промисловість відіграє важливу роль в економіці та відновленні країни, тому потребує найскорішої оптимізації автоматизованих процесів. Основним напрямком будівельної промисловості є своєчасне та якісне забезпечення будівельними матеріалами усіх споживачів.

Найпоширенішим і найнеобхіднішим будматеріалом є бетоні вироби. Основною складовою бетону є цемент, заводи які спеціалізуються на даній галузі виробництва мають два головних критерія: виробнича потужність (максимальний річний випуск продукції) та якість кінцевого виробу.

Неперервний технологічний процес – є найбільш ефективним, коли мова йде про виробничу потужність заводу.

Для отримання продукту заданої якості, перш за все, необхідно забезпечити точність дозування вихідних компонентів суміші. При цьому передбачається як стабілізація співвідношень компонентів так і сумарних витрат. Одним із прогресивних рішень схем дозування є стрічкові дозатори, які забезпечують неперервне переміщення сировини і одночасне зважування, також забезпечують високу точність дозування.

Конвеєрні дозатори у промисловій сфері України не мають широкого застосування, але як показує досвід та тенденції наших закордонних партнерів вони зарекомендували себе як найсучасніше рішення дозування сипучих матеріалів.

Основною метою створення системи автоматичного дозування компонент на базі конвеєрного дозатора при виготовлені цементу є досягнення ефективності, їх оптимізація, підвищення точності дозування та просування таких систем в промислову сферу України.

					СУ-91 6.15101.06ПЗ	Лист
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		55

1. ОПИС ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ

Виготовлення цементу - це складний технологічний процес, який включає кілька етапів. Основні етапи виробництва цементу:

Добування вапняку та глини:

Для виробництва цементу потрібні два основні компоненти: вапняк та глина. Вони добуваються з кар'єрів або шахт. Вапняк має високий вміст вуглецю та кальцію, а глина - кремнію, алюмінію та заліза.

Підготовка сировини:

Добуті вапняк та глина змішуються та подрібнюються, щоб утворити порошкоподібну сировину. Цей процес називається помелом. Для помелу сировини використовуються млини.

Дозування та суміш сировини:

Після помелу вапняку та глини суміш зветься сировиною. Сировина змішується в потрібній пропорції, додатково дробиться та перемішується. В результаті отримується суміш, яку називають сировинною масою.

Обпал сировини:

Сировинна маса піддається високотемпературному обпалу. Цей процес відбувається в спеціальних печах при температурі близько 1450 °C. В результаті обпалу з сировинної маси виробляється клінкер - твердий кусок, який містить головні складові цементу.

Охолодження клінкеру:

Клінкер охолоджують до кімнатної температури. Для цього використовують спеціальні системи охолодження.

Додавання домішок:

Для отримання різних видів цементу додаватимуться різні домішки, такі як гіпс, попіл, флюсові матеріали тощо [1]. Розглянемо ті операції з виробництва цементу де найчастіше використовують конвеєри, на (рис.1.1)

										СЧ-91 6.15101.06ПЗ	Лист
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							55

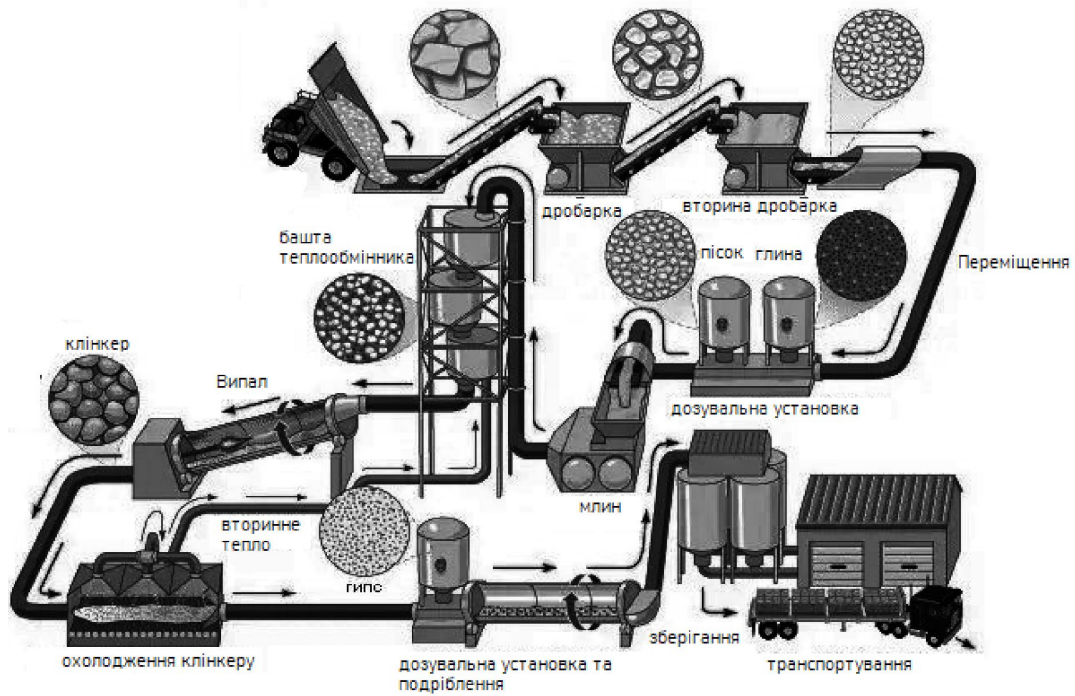


Рисунок 1.1 – Процес виготовлення цементу

А саме етап переміщення та дозування, у цих операціях конвеєрні стрічки дозволяють автоматизувати транспортування та дозування матеріалів, зменшуючи ручну працю та покращуючи ефективність виробництва. Вони забезпечують швидкий та безперебійний рух матеріалів, а також дозволяють контролювати потік і розподіл матеріалів відповідно до встановлених параметрів та рецептур.

1.1 Переміщення сировини

Оброблена сировина, яка була транспортована на виробництво, пересувається виключно за допомогою конвеєрних стрічок, що забезпечує неперервний технологічний процес. Конвеєрні стрічки виготовляються зі спеціального матеріалу, який дозволяє їм стійко переносити сировину від одного пункту до іншого.

При руху по конвеєрній стрічці, оброблена сировина може проходити через різні етапи обробки, змішування, дозування та упаковки. Вся ця система ретельно налаштовується, щоб забезпечити точність та ефективність процесу.

Конвеєрна стрічка приводиться в рух за допомогою електричного приводу, що забезпечує постійний рух сировини вперед. На своєму шляху, сировина може бути розділена на окремі потоки, направлена на різні обробні установки та об'єднана знову наступними конвеєрними стрічками. Конвеєрні стрічки також мають систему контролю та автоматизації, що дозволяє слідкувати за параметрами системи та керувати швидкістю руху сировини, дозуванням та іншими параметрами. Це дозволяє досягти високої точності та однорідності у процесі виробництва цементу.

Завдяки конвеєрним стрічкам, сировина ефективно переміщується з одного пункту до іншого без перерви, що сприяє покращенню продуктивності та забезпеченню неперервного технічного процесу виготовлення цементу, та збільшенню потужності виробництва.

1.2 Етап дозування

Дозування включає відмірювання заданої кількості матеріалу з необхідною точністю. Точність дозування залежить від технологічних вимог та економічних факторів. Сучасний підхід до вдосконалення процесу дозування полягає у розгляді дозатора як системи, а не окремого обладнання. Успішна робота такої системи залежить від надійності кожного її елемента.

Під час проектування системи дозування враховуються всі фактори, що впливають на її роботу, що сприяє стабільності роботи дозаторів навіть при зовнішніх впливах.

Існують два основних способи дозування матеріалів: за обсягом і за масою. Спосіб дозування за обсягом є найбільш поширеним, тоді як ваговий спосіб забезпечує більшу точність. Об'ємний спосіб дозування має простішу конструкцію і, отже, більшу надійність.

Вибір схеми дозування [2] залежить від розмірів та умов виробництва. Залежно від перебігу процесу, дозування може бути порційним (дискретним) або безперервним.

					СУ-91 6.15101.06ПЗ	Лист
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		55

1.3 Особливості технологічного процесу безперервної дії

Особливості технологічного процесу безперервної дії включають постійну оптимізацію, гнучкість і масштабованість, високу автоматизацію, безперервну роботу, високу надійність, контроль якості та енергоефективність.

У процесі безперервної дії система постійно аналізує параметри процесу та вносить зміни з метою поліпшення продуктивності, якості продукції, зниження витрат або досягнення інших цілей. Процес може легко адаптуватися до змінного обсягу продукції, розмірів чи вимог ринку, що дозволяє ефективно використовувати ресурси та збільшувати чи зменшувати обсяг виробництва.

В такому технологічному процесі часто використовує високий рівень автоматизації, включаючи комп'ютерні системи керування, датчики, програмне забезпечення та роботизоване устаткування. Це забезпечує високу точність та ефективність процесу. Такі процеси характеризуються безперервною роботою, без планових зупинок або перерв. Це дозволяє забезпечити стабільний потік матеріалів та продукції через систему, що зменшує час простою та підвищує продуктивність.

У процесі безперервної дії важлива висока надійність устаткування та систем підтримки, оскільки навіть невеликі помилки можуть призвести до втрат продукції та витрат на відновлення процесу. Технологічний процес також включає системи контролю якості, що допомагають забезпечити високу якість готової продукції та виявлення будь-яких відхилень або дефектів.

Крім того, може бути спрямований на досягнення високої енергоефективності шляхом оптимізації використання енергії, використання енергозберігаючих технологій. Загалом, особливості технологічного процесу безперервної дії допомагають досягати ефективного та стабільного виробництва, забезпечуючи високу продуктивність, якість та надійність.

1.4 Типи дозаторів

Вибір та класу дозатора залежить від поставлених перед системою завдань [3] та доцільності того чи іншого класу при дозуванні компонент цементу. Нижче приведена схема класів дозаторів на (рис 1.2)

					СУ-91 6.15101.06ПЗ	Лист
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		55

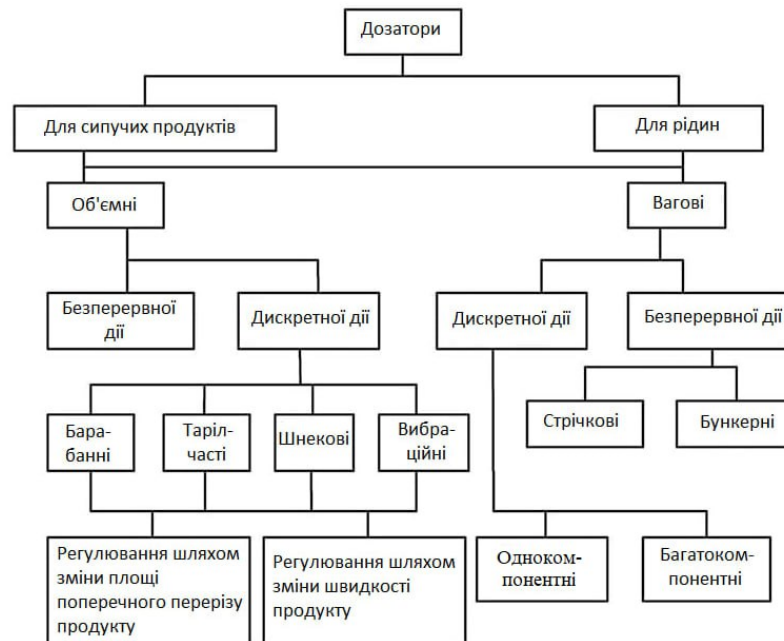


Рисунок 1.2 - Класифікаційна схема дозаторів

Для вимірювання та видачі заданої дози матеріалу використовуються спеціальні пристрої, які називають дозаторами. Вони можуть бути об'ємними або ваговими, залежно від способу дозування, а також порційними (дискретними) або безперервної дії, залежно від характеру процесу дозування. Вибір конкретного типу дозатора залежить від вимог до точності, складності виробництва та інших факторів.

Для об'ємного дозування матеріалу використовують дозатори, які циклічно випускають дозу і зазвичай використовують для підготовки сумішей. Ці дозатори є простими пристроями, але завжди забезпечують точне дозування. При порційному масовому дозуванні використовується вимірювання дози за масою.

Методи дозування за масою варіюються залежно від потужності підприємства, особливостей технологічного процесу та асортименту вироблюваної продукції. Ці дозатори забезпечують високу точність дозування, хоча процес завантаження, зважування, довантаження та вивантаження потребує багато операцій.

Вагове дозування не завжди забезпечує необхідну точність при необхідній продуктивності, тому часто використовують комбіновані ваги, які спочатку виконують грубе зважування, а потім додають необхідну кількість матеріалу.

Вагові дозатори мають недоліки, такі як удари механізмів під час роботи, велику площу та складність обслуговування. Це призвело до обмеженого використання вагового дозування на невеликих підприємствах, хоча на великих сучасних заводах він все ж таки є популярнішим.

При порційному дозуванні компоненти суміші складаються з необхідних кількостей, які підготовлюються одночасно за допомогою індивідуальних дозаторів або послідовно в одному дозаторі. Після підготовки компоненти потрапляють у збірні бункера або безпосередньо в змішувач, де вони переміщуються. На (рис.1.3) приведені схеми дозування [4] та їх окремі складові, при використанні різних методів (за масою, за об'ємом) дозування сипких матеріалів.

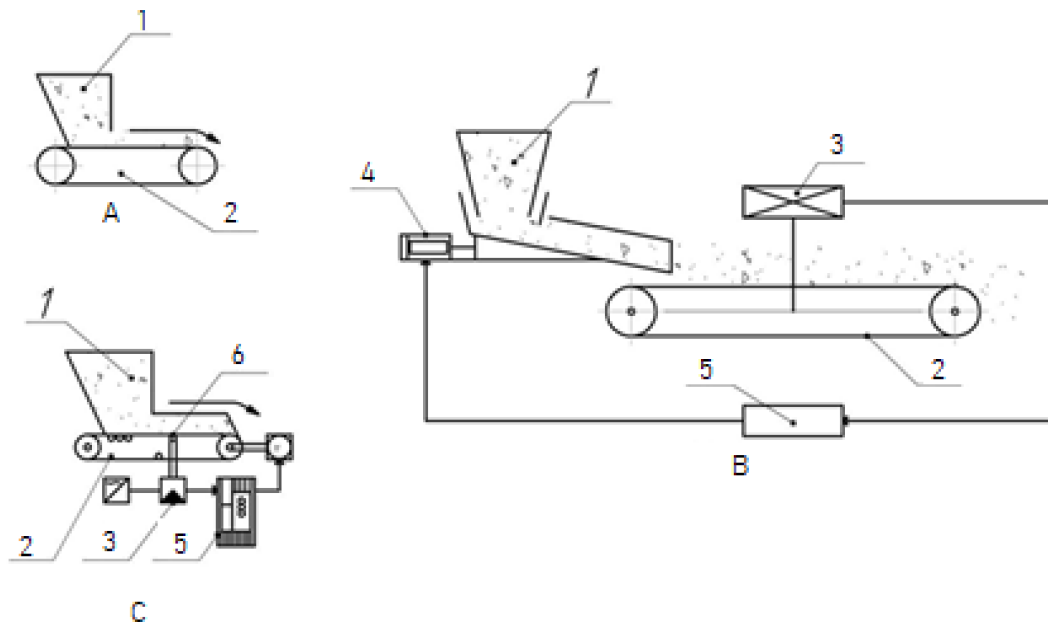


Рисунок 1.3 - Схеми дозування сипких матеріалів

А – безперервне об'ємне; В - безперервне вагове двоагрегатне; С - безперервне вагове одноагрегатне; 1 – бункер; 2 – конвеєр стрічковий; 3 – ваговий механізм; 4 – віброживильник; 5 – регулятор продуктивності; 6 – роликоопора;

					СУ-91 6.15101.06ПЗ		Лист
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			55

При безперервному ваговому дозуванні продукт, який рухається по конвеєру, постійно зважується. Залежно від результатів зважування автоматично вносяться зміни в швидкість руху конвеєра або параметри віброживильника. Фізико-механічні властивості продукту та його закінчення з дозатора є випадковими величинами, які змінюються з часом. Таким чином, висновок може бути зроблений, що для досягнення вказаних умов необхідно вибрати принцип вагового дозування та ваговий дозатор.

					СУ-91 6.15101.06ПЗ	Лист
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		55

2. КОНВЕЄРНИЙ ДОЗАТОР ЯК ОБ'ЄКТ УПРАВЛІННЯ

Основним етапом виготовлення цементу є виготовлення клінкеру, який виготовляється з двох основних компонент це вапняк(або пісок) та глина, які відповідно з певною технологією дозуються в потрібних пропорціях. Після етапу виготовлення клінкеру, його охолоджують та додають домішки в залежності від вимог до кінцевого виробу. Отже в системі буде задіяно одразу три дозатора для вапняку, глини та домішок таких як гіпс, шлак. Структурну схему представлено на (рис 2.1)

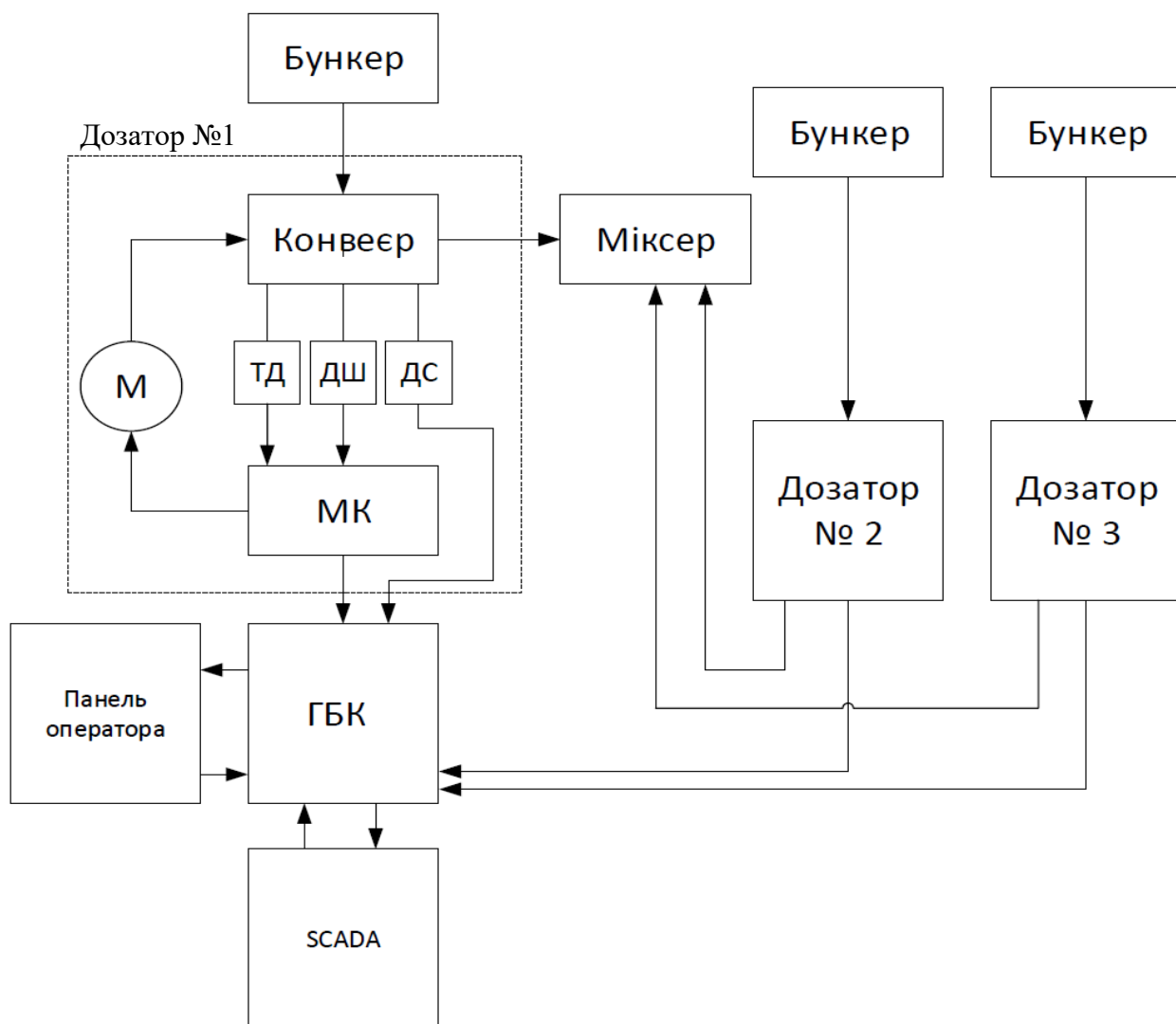


Рисунок 2.1 – Структурна схема дозатора

М – двигун, ТД – тензодатчик, ДШ – датчик швидкості, ДС – датчик сходу стрічки, ГБК – головний блок керування, МК - мікроконтролер

2.1 Регулювання витрат компонентів

У змішувачах безперервної дії існує два способи регулювання витрат компонентів: незв'язане регулювання та пов'язане регулювання.

В незв'язаному регулюванні кожен компонент регулюється окремо, без залежності від інших компонентів [5].

Для цього використовуються індивідуальні регулятори, на яких задаються потрібні значення витрат відповідно до рецептури суміші. Витрати кожного компонента вимірюються за допомогою датчиків, а потім коригуються до досягнення заданих значень з мінімальною похибкою.

У пов'язаному регулюванні витрат компонентів встановлюються зв'язки між різними регуляторами для забезпечення точності утримання заданого складу суміші [6]. При цьому використовується принцип регулювання співвідношення двох параметрів, де один параметр є провідним, а інші є ведений. Зазвичай провідним параметром є витрата регенерату, оскільки він становить більшість складу суміші. Зміна значення провідного параметра автоматично супроводжується коригуванням задач для інших компонентів, щоб забезпечити сталі співвідношення витрат і фактичну рецептуру суміші.

Головною метою пов'язаного регулювання є підтримка заданої рецептури суміші, яка автоматично забезпечує відповідність пріоритетному показнику якості суміші. Проте, через вплив неконтрольованих компонентів, які не враховуються в рецептурі суміші, точність цього показника не може бути гарантована. Тому при пов'язаному регулюванні змішувачів безперервної дії використовується математична модель та показник якості готової суміші для досягнення необхідної форми [7]. Для проектування системи автоматичного дозування компонент цементу я обрав систему з непов'язаними регулюванням, це означає що локальні САР не зв'язані між собою. Нижче на (рис 2.2) приведена функціональна схема системи.

										Лист
										55
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

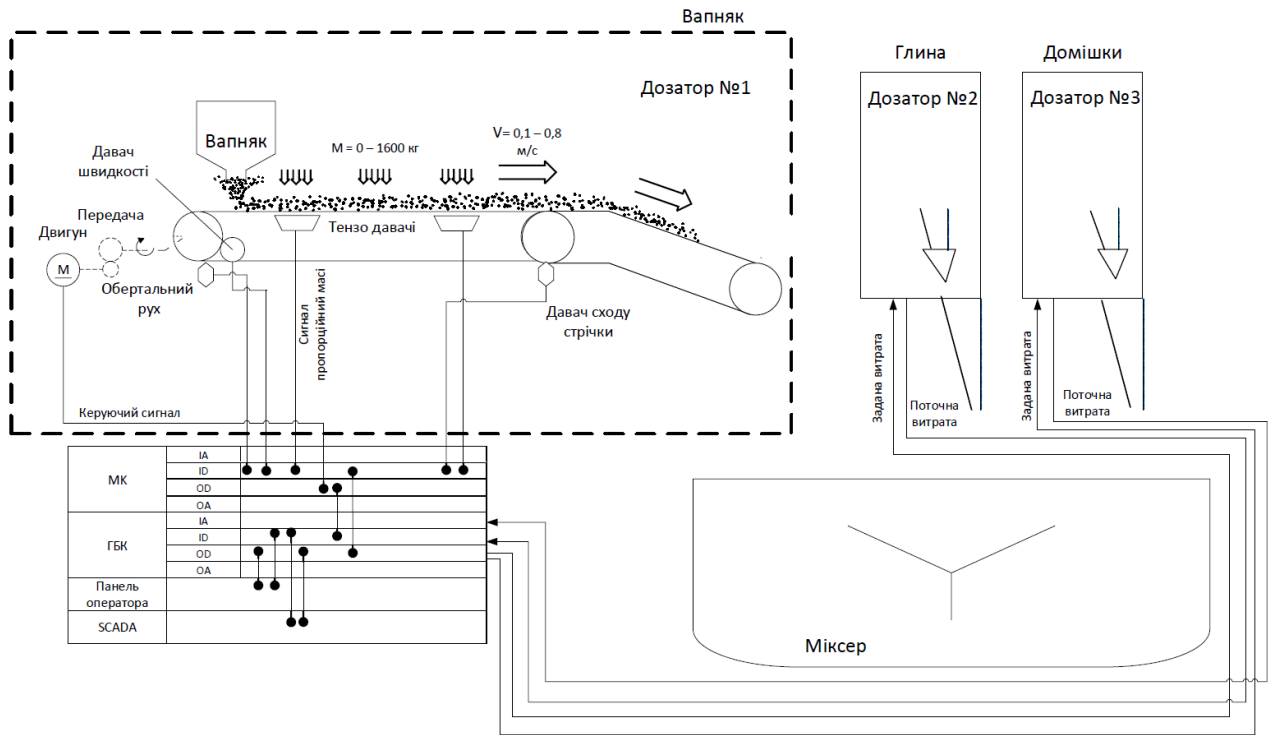


Рисунок 2.2 Функціональна схема

Сигнали, пропорційні масі матеріалу на стрічці живильника та швидкості руху стрічки, надходять у контролер. За цими сигналами розраховується величина витрати та визначається неузгодженість поточного значення витрати від заданого. Підтримка витрат забезпечується за допомогою зміни частоти обертання електроприводу. Ця зміна формується і видається регулятором-контролером у вигляді керуючого сигналу на електропривод системи. Так функціонує кожен окремий дозатор, процес синхронізації реалізовано за допомогою другого(верхнього рівня) керування де головний контролер регулятор створює завдання для кожного дозатора на основі заданих оператором параметрів. Також за допомогою давача сходу стрічки реалізована система запобігання аварійних ситуацій.

2.2 Задачі керування

Для отримання продукту заданої якості, перш за все, необхідно забезпечити точність дозування вихідних компонентів суміші [8]. У цьому передбачається як стабілізація співвідношень компонентів так і сумарної витрати. Для цього сформулюємо задачі керування:

1. Регулювання витрати: Керування конвеєром для забезпечення потрібного обсягу та швидкості подачі компонентів цементу на оброблювальний пристрій.
2. Точність дозування: Забезпечення точності при дозуванні компонентів цементу для досягнення потрібного хімічного складу та якості змішаного цементу.
3. Синхронізація з процесом: Забезпечення синхронізації роботи конвеєрного дозатора з іншими етапами виробничого процесу, такими як подача інших компонентів, змішування та транспортування змішаного цементу.
4. Моніторинг та діагностика: Збір та аналіз даних про роботу конвеєрного дозатора для виявлення можливих несправностей, забезпечення запобігання відмовам та планового обслуговування.
5. Безпека: Забезпечення безпечної роботи конвеєрного дозатора шляхом виявлення небезпечних ситуацій, контролю за безпекою пристроїв та механізмів, і реагування на аварійні ситуації.

2.3 Конструктивні особливості

Вимоги до електричної шафи блока керування конвеєрним дозатором в умовах агресивного впливу, промислового середовища з високим рівнем пилу та врахуванням умов експлуатації включають наступні пункти:

Захист від агресивного впливу: Шафа повинна бути виготовлена з матеріалів, які можуть забезпечувати високу стійкість до агресивних речовин або умов, що присутні в середовищі, де вона буде встановлена. Можуть використовуватися спеціальні покриття, які захищають внутрішні компоненти від корозії чи інших форм деградації.

Захист від пилу: Шафа має бути герметично закритою та вологонепроникною, щоб запобігти проникненню пилу внутрішніх компонентів. Вона може мати ступінь захисту IP (International Protection) відповідно до вимог умови експлуатації, що забезпечує надійний захист від пилу.

					СУ-91 6.15101.06ПЗ	Лист
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		55

Температурний діапазон: Шафа повинна працювати в широкому температурному діапазоні від 5°C до +50°C. Компоненти шафи повинні бути вибрані та розроблені з урахуванням цих температурних умов, щоб забезпечити нормальну роботу системи незалежно від температури навколишнього середовища.

Відносна вологість: Шафа повинна бути здатна працювати при відносній вологості в діапазоні 60-80%. Застосування відповідних ущільнень та герметизацій може забезпечити захист внутрішніх компонентів від негативного впливу вологості.

Атмосферний тиск: Шафа має витримувати атмосферний тиск в діапазоні 84-107 кПа, забезпечуючи нормальну роботу компонентів та електричних пристроїв.

Стійкість до вібрацій: Шафа повинна бути вібростійкою з урахуванням значень віброшвидкості у діапазоні 0.28-1.5 мм/с. Вона може бути оснащена спеціальними амортизуючими матеріалами або кріпленнями, які забезпечують захист компонентів від впливу вібраційного навантаження.

Документація та маркування: Шафа повинна мати відповідну документацію, включаючи схеми підключення, інструкції з експлуатації та технічні характеристики. Також вона може бути позначена відповідними маркуваннями, які ідентифікують її функції та безпекові вимоги.

					СУ-91 6.15101.06ПЗ	Лист
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		55

3. ОБГРУНТУВАННЯ І ВИБІР ЗАСОБІВ АВТОМАТИЗАЦІЇ

При проектуванні системи для правильного та оптимального вибору апаратної частини та засобів автоматизації потрібно слідкувати виданому технічному завданні, особливу увагу треба звернути на вимоги до давачів, та умови експлуатації системи.

3.1 Вибір давачів ваги

З урахуванням тенденцій розвитку елементної бази електроніки, можна з упевненістю стверджувати, що найбільш перспективними є вагові пристрої з програмним керуванням, побудовані на основі мікропроцесорних систем. Проте, протягом певного часу ваги, що використовують апаратне забезпечення на базі інтегральних мікросхем середнього ступеня інтеграції, можуть повністю відповідати сучасним вимогам [16].

З п'яти відомих принципів, які можуть бути в основі роботи конвеєрних ваг, найбільш перспективними є:

для ваг з програмним управлінням – принцип підсумовування та обидва принципи інтегрального сумування (другий принцип є більш ефективним);

для ваг з апаратною реалізацією – принципи підсумовування, інтегрування продуктивності та інтегрального сумування (з інтеграцією погонної маси протягом постійного часу τ).

Серед відомих типів силових датчиків, які використовуються у конвеєрних вагах, найбільш перспективними є тензорезистивні та вібраційно-частотні. Силові датчики з тензорезистивними перетворювачами, які зараз розробляються та випускаються, характеризуються параметрами, наведеними у таблиці 3.1

					СУ-91 6.15101.06ПЗ	Лист
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		55

Таблиця 3.1 – загальні характеристики сучасних тензометричних давачів

Найменування параметру	Од. вимірювання	Значення параметра для	
		Датчики освоєних у серійному виробництві	Кращих зразків
1. Клас точності	%	0,25; 0.1	0,05; 0,04
2. Нелінійність та гістерезис	%	0,05;0.03	0,02
3. Тимчасова нестабільність коефіцієнта перетворення	% протягом місяця		0,005
4. Температурний коефіцієнт дрейфу нуля	$\frac{1}{^{\circ}\text{C}}$	$(2...4)10^{-5}$	10^{-5}
5. Температурна нестабільність коефіцієнта перетворення	$\frac{1}{^{\circ}\text{C}}$	$(2...5)10^{-5}$	10^{-5}
6. Рівень вихідного сигналу	мВ	20...50, 300	300
7. Деформація під впливом номінального навантаження	мм	0,2...0,5	0,05...0,2

Тензодатчики мають низьку чутливість до бокових навантажень і, в деяких випадках, до точки прикладання сили. Вони також малочутливі до зовнішніх електричних і магнітних полів, стійкі до вібрацій і перевантажень, і можуть бути виготовлені в пиловологозахищеному виконанні. Однак, основним недоліком тензодатчиків є низький рівень вихідного сигналу, який зазвичай становить 20...50 мВ при чутливості приблизно 2 мВ/В. Хоча існують високоомні датчики з вихідним сигналом до 300 мВ. Завдяки низькому рівню сигналу, різні перешкоди, такі як термо-ЕДС, падіння напруги на перехідних опорах і лініях зв'язку, можуть впливати на інформаційний сигнал. Частотні силовимірювальні перетворювачі можуть бути використані як датчики ваги. Вони мають значні переваги, такі як висока завадостійкість при передачі сигналу на великі відстані, простота перетворення частоти в код і висока точність інтегрування частотного сигналу. Однак, основними недоліками вібраційно-частотних датчиків є складність конструкції порівняно з тензорезистивними датчиками і нелінійність характеристики. Лінеаризацію характеристики можна досягти за допомогою

										Лист
										55
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	СУ-91 6.15101.06ПЗ					

конструктивних заходів, апаратних засобів або обчислювальних перетворень в мікропроцесорних вагах. Боротьба з цими похибками є складною і не завжди ефективною.

Основні параметри частотних датчиків, які випускаються, можна знайти в таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 – Загальні характеристики сучасних частотних давачів

Найменування параметру	Од. вимірювання	Значення параметра
1. Клас точності	%	0,4; 0,1; 0,04
2. Нелінійність	%	0,1; 2
3. Гістерезис	%	0,1; 0,04
4. Максимальна частота	кГц	1; 12
5. Девіація частоти	%	70...90; 10...20
6. Температурна нестабільність коефіцієнта перетворення	$\frac{1}{^{\circ}\text{C}}$	$(6...2) 10^{-5}$

Складність конструкції та нелінійність частотних давачів є великим недоліком на відміну від тензорезистивних давачів. Тому я обрав саме тензометричний давач KELI SQB-A SS-2 (рис 3.1).



Рисунок 3.1 – Зовнішній вигляд KELI SQB-A SS-2

Відповідно документації виробника давач має точність 3мВ/В і відноситься до класу точності С3, похибка класу точності С3 на рівні 0,02% є комбінованою, що означає, що вона може змінюватися в залежності від умов. Термін "комбінована" можна розглядати як еквівалент середнього арифметичного. Більша кількість проведених перевірок призводить до більшої точності тензодатчика.

Нижче на (таб 3.3) приведена технічна специфікація давача.

Таблиця 3.3 – Специфікація давача KELI SQB-A SS-2

Технічні характеристики			
Тип тензодатчика	Балочний	Діапазон термокомпенсації	-10 - +40 °C
Робоче навантаження	2.0 т	Робочий діапазон температур	-30 °C.. +70 °C
Клас точності	C3	Діапазон напруги живлення	5 - 12(DC)
Номінальна чутливість	3.0±0.003 мВ/В	Максимально допустима напруга живлення	15В
Вхідний опір	400±2 Ом	Граничне навантаження	150% FS
Вихідний опір	352±3 ом	Руйнівне навантаження	180% FS
Опір ізоляції	≥5000(50DVC) M2	Ступінь пилі та вологозахисту	IP68
Баланс нуля	±1.0% FS	Довжина кабеля	3 м
Температи. відхилення чутливості	±0.02% FI/10°C	Специфікація кабелю	4-х житловий екранований Ø 5мм
Температи. відхилення нуля	±0.02% FI/10°C	Матеріал тензодатчика	Нержавіюча сталь

Даний давач є мостового типу, резистори об'єднані в міст, підключений безпосередньо до АЦП, який фіксує зміни значень резисторів. Давач виконано з алюмінію, має форму бруска з 4 отворами на одній площині та спеціальним здвоєним отвором на іншій.

						<i>СУ-91 6.15101.06ПЗ</i>	Лист
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>			55

При встановленні давача в робоче положення необхідно жорстко закріпити одну його сторону, а на другу встановити (за потреби) платформу для завішування вантажів. Мають на виході з давача 4 дроти. Діапазон вимірювання до 2т, максимальне навантаження 180% від номінального. На (рис 3.2) зображене типове підключення давача мостового типу.

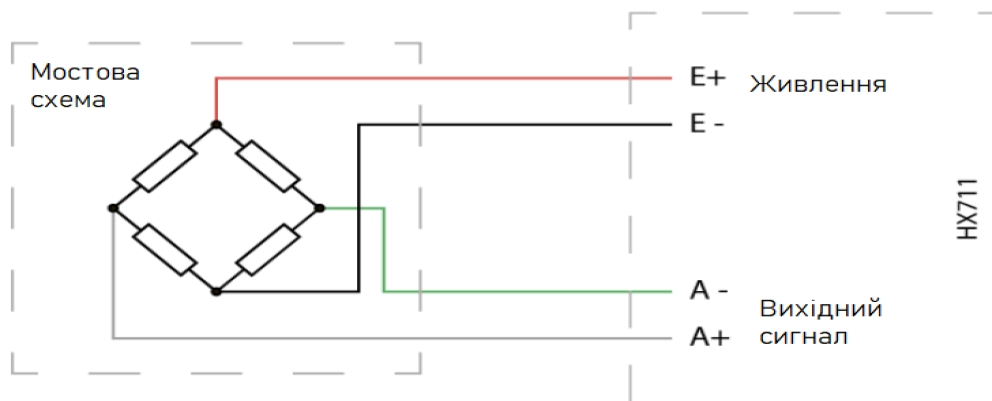


Рисунок 3.2 – Підключення KELI SQB-A SS-2 до мікросхеми HX711

Слід відмітити, що для отримання правильних показань давача, слід використовувати спеціальні узгоджуючі плати(драйвери). Їх використання не є обов'язковим якщо в мікроконтролері вбудовано високо розрядний АЦП. Підводячи підсумок, для системи потрібно мінімум два тензорезистивних давача(бажано 3-4), які будуть спроможні працювати в умовах зазначених в технічному завданні.

3.2 Драйвер ваг

HX711 - призначений для отримання даних з тензодатчиків. Зовнішній вигляд драйвера на (рис 3.3)

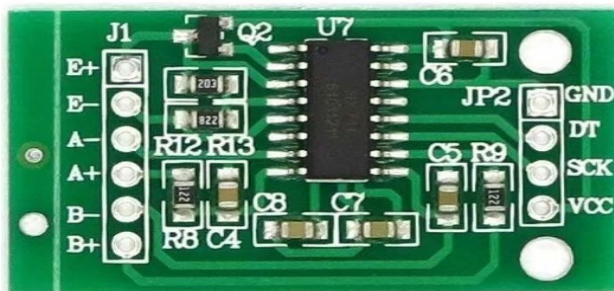


Рисунок 3.3

Призначення контактів :

Призначення контактів роз'єму JP1:

E+, E- харчування тензодатчиків;

A-, A+ диференціальний вхід каналу;

B-, B+ диференціальний вхід каналу В.

Призначення контактів гнізда JP2:

VCC – напруга живлення;

GND - загальний контакт;

DT – лінія даних;

SCK – лінія синхронізації.

Технічні характеристики в (таблиці 3.3) НХ-711:

Таблиця 3.3 – Технічні характеристики НХ-711

Напруга живлення	6-5.2В
Робоча напруга	5 В
Кількість каналів підключення тензодатчиків	2
Коефіцієнт посилення	32, 64, 128
Розрядність АЦП	24 біт
Частота вимірів	80 Гц
Робочий струм	10 мА
Робоча температура	40 – 85 °С
Розміри	38x21x10 мм

Для підключення драйвера до контролера лінія даних DT та SCK лінія синхронізації підключається до аналогових входів/виходів контролера.

3.3 Давач швидкості

Коли мова йде про вибір давача швидкості для конвеєра, існує багато різних рішень, одним з найпоширеніших давачів які пройшли випробування часом є давачі засновані на механічному контакті колеса з ведучим або відомим роликком. Наприклад давачі ДКС від нашого вітчизняного виробника які мають надійну та просту конструкцію, але технологічно цей тип давачів є застарілим і не оптимальним, механічний контакт резинового колеса з роликками конвеєра не тільки є небажаним механічним контактом, який є недовговічним і підвергається зношуванню, так ще й сам притискний механізм реалізовано з застосуванням пружин. Тому в ролі давача швидкості я обрав оптичний енкодер LPD3806-600BM (рис 3.4). Це електромеханічний пристрій, призначений для перетворення кутового положення валу або осі в електричні сигнали. Інкрементальний енкодер при обертанні формує імпульси, число яких пропорційне куту повороту. Підрахунок числа цих імпульсів дає величину угла повороту валу енкодера щодо його початкового положення. Цей тип енкодерів не формує вихідних імпульсів, коли його вал перебуває у спокої.



Рисунок 3.4 – Енкодер LPD3806-600BM

Головною перевагою даного давача є те що, його механічна взаємодія з системою є мінімальною, точність таких давачів при правильному програмному алгоритмі є значно більшої ніж у індуктивних давачів, цей енкодер має 600 імпульсів на оберт, що дає змогу максимально точно вимірювати швидкість обертання, та фіксувати кількість обертів. Електричні параметри енкодера приведені в таблиці 3.4

					СУ-91 6.15101.06ПЗ	Лист
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		55

Таблиця 3.4 - Електричні параметри LPD3806-600BM

Бренд		GTEACH
Пункт		Діаметр 38 мм, вал 6 мм інкрементального поворотного енкодера
Роздільна здатність (P/R)		100 200 300 360 400 600
Вихідна фаза		Фаза АВ
Тип виводу		Відкритий колектор NPN, напруга
Електричні параметри	Напруга живлення	5-24В постійного струму
	Поточне споживання	Макс. 40 мА
	Відповідь частота	Макс. 20 кГц
	Допустима революція	Макс. 2000 об/хв

3.4 Давач контролю сходження стрічки

Давач контролю сходження конвеєрної стрічки є невід'ємною частиною системи для запобігання аварійних ситуацій.

Датчики контролю сходження стрічки конвеєра, зокрема серія PL-BMS-N (рис 3.6), працює на принципі спрацьовування мікроперемикача, коли край стрічки відхиляється від прямолінійного напрямку та взаємодіє з роликом датчика.

Це викликає генерацію сигналу, який може призвести до відключення приводу конвеєра або включення центруючих пристроїв та сигналізації. Датчики розташовані по обидва боки конвеєрної лінії з певним відступом від країв стрічки. Вихідні сигнали представлені у вигляді двох релейних сигналів. Відновлення датчика відбувається автоматично. Технічні параметри приведено в таблиці 3.5

					СУ-91 6.15101.06ПЗ	Лист
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		55



Рисунок 3.6 – зовнішній вигляд ІL-BMS-N

Таблиця 4.5 - Технічні параметри ІL-BMS-N

Функція	Датчик контролю сходу
Ресурс	> 1 млн. спрацьовувань
Опір ізоляції	> 100 МОм
Зусилля, Нм	70...80
Частота спрацьовування	0...20 од./хв
Напруга живлення,	250/125
Рід струму	AC/DC
Тип виходу	2x реле SPDT
Електричне приєднання	2xM20x1, 5
Ступінь захисту оболонки	IP67
Робоча температура, °С	-40...+75
Температура довкілля, °С	-40...+75

3.5 Вибір електроприводу

Найпоширенішим типом електроприводу в конвеєрному машинобудуванні є асинхронний. Чому саме асинхронні двигуни? Використання двигунів постійного струму з колектором неможливе в таких системах як конвеєрний дозатор, так як процес є неперервним, знос механічної частини струмознімальних кільць буде руйнівним для двигуна, що прискорить його зменшення корисних параметрів аж до його заміни. Оптимальним рішенням може бути двигун постійного струму безколекторного типу, в двигуні такого типу відсутній головний недолік колекторного двигуна, але такі двигуни мають дуже низький момент сили, це пов'язано з керуванням безколекторними двигунами. Основна маса таких двигунів використовується в авіабудуванні, при створенні БПЛА, це зумовлено тим фактом

					СЧ-91 6.15101.06ПЗ	Лист
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		55

що навантаження на двигуни БПЛА є майже однорідним, і навантаження в момент пуску цих двигунів незначне. Впровадження такого двигуна в систему конвеєрного дозатора є можливою тільки при наявності у таких двигунів зворотного зв'язку, для коректного керування та запобіганню “зависанню” валу. Це перспективне рішення для всіх конвеєрних систем, тому що використання такого двигуна з зворотнім зв'язком, зменшує витрати купівлі давачів швидкості та положення двигуна. Так як на світовому ринку не існує безколекторних двигунів постійного струму з вбудованим зворотнім зв'язком або їх ціна не дає цьому рішення буди оптимальним, мій вибір електроприводу системи залишається на асинхронному двигуні під керуванням частотним перетворювачем.

Розрахунок потужності асинхронного двигуна:

Потужність двигуна в першому наближенні можна вирахувати за формулою (3.1):

$$P = \frac{(m_v \times k_{\text{тер}} \times V_{\text{max}})}{\eta} \quad (3.1)$$

Де m_v - вага вантажу = 1600 кг, V_{max} – максимальна швидкість = 0.8 м/с, $k_{\text{тер}}$ - Коефіцієнт тертя = 0.7, η - ККД = 0.72

$$P = \frac{(1600 \times 0.7 \times 0.8)}{0.72} = 933 \text{ Вт}$$

Отже потужність двигуна в першому наближенні повинна бути не менше 933.33 Вт.

Обраний двигун є асинхронного типу, АІР 80 В6 на (рис 3.7)

					СУ-91 6.15101.06ПЗ	Лист
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		55



Рисунок 3.7 – Зовнішній вид AIP 80 B6

Параметри та умови експлуатації Усі технічні параметри трифазного електродвигуна AIP 80 B6 є типовими та відповідають стандарту. AIP80B6 має потужність 1,1 кВт за фактичної частоти обертання валу 905 об/хв. Двигун розроблений для використання в мережі змінного струму частотою 50 Гц і з напругою 220/380 (з'єднання обмоток Δ / Y). Коефіцієнт корисної дії (ККД) становить 72,0%. Ізоляція статора обмоток відповідає класу F і може витримувати нагрівання до 150°C. Підвищений захист класу IP55 забезпечує захист від потрапляння пилу та вологи. Найоптимальнішим режимом експлуатації електромотора AIP80B6 є режим S1, який має на увазі тривалу роботу зі стабільним навантаженням [21].

3.6 Частотний перетворювач

Серія CIMR-F7 ввібрала всі основні тенденції побудови ЕП змінного струму і тому готова до вирішення завдань, відповідних специфіці застосування асинхронного ЕП. Багаторічний досвід застосування у верстатах, витягах, конвеєрах підтверджує сказане [18]. Діапазон потужностей: від 0,4 до 300 кВт [20]. Частотний перетворювач забезпечує наступні функціональні можливості: управління моментом, гальмування з підвищеним ковзанням, енергозбереження ПД-регулятор, комунікація rs-485. Схема підключення зображена на (рис 3.8)

										СЧ-91 6.15101.06ПЗ	Лист
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							55



Рисунок 3.8 – Схема підключення CIMR-F721P5

Зовнішнє керування частотний перетворювачем може бути реалізовано двома методами, перший метод це зв'язок з контролером через інтерфейс rs-485, або через аналоговий вхід перетворювача 0 -10В, змінюючи рівень напруги на вході, можна керувати частотою обертання двигуна [19].Перетворювач має два режими роботи з давачам зворотного зв'язку:

- 1) Вольт- частотний принцип керування з використанням сигналу від давача зворотного зв'язку.
- 2) Принцип високоточного векторного керування двигуном с використанням сигналу від давача зворотного зв'язку.

Зв'язок з частотним перетворювачем через інтерфейс RS-485 та протокол Modbus RTU - це спосіб комунікації між контролером або системою керування і частотним перетворювачем за допомогою стандарту RS-485 та протоколу Modbus RTU. Протокол Modbus RTU - це протокол з майстер-вузлом, який використовується для передачі даних між майстером (контролером) і вузлами (частотними перетворювачами). Він базується на форматі фрейму, який включає адресу вузла, функцію, дані та контрольну суму. Протокол Modbus RTU використовує дві функції - читання та запис - для взаємодії з регістрами перетворювача. Зв'язок з частотним перетворювачем через інтерфейс RS-485 та протокол Modbus RTU

					СУ-91 6.15101.06ПЗ	Лист
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		55

дозволяє контролеру або системі керування взаємодіяти з частотним перетворювачем, відправляти команди, отримувати дані про стан та керувати параметрами перетворювача. Команди і дані передаються в бінарному форматі через RS-485, а протокол Modbus RTU забезпечує структуровану комунікацію між пристроями. Зв'язок з частотним перетворювачем через інтерфейс RS-485 та протокол Modbus RTU є стандартом в багатьох промислових застосуваннях, де потрібно контролювати та керувати роботою електродвигунів з допомогою частотних перетворювачів. В таблиці 3.6 приведено типові команди для керування частотним перетворювачем.

Таблиця 3.6 – Команди керування частотним перетворювачем через протокол Modbus RTU.

Command word address	Command function
2000H	0001H: Forward run
	0002H: Reverse run
	0003H: Forward Jog
	0004H: Reverse Jog
	0005H: Free stop
	0006H: Stop

3.7 Вибір контролерів

Система є багаторівневою, для кожного дозатора буде вибрано контролер певного типу, не дуже великої потужності який впорається з локальними задачами дозатора. Для синхронізації треба обрати контролер більшої потужності для синхронізації процесів дозування та оброки даних [17].

Arduino nano - це мікроконтролерна плата, заснована на мікроконтролері ATmega328P. Вона є однією з найпопулярніших плат Arduino і надає простий та зручний спосіб для створення електронних проектів, короткі технічні характеристики в таблиці 3.7. ATmega328P – це 8-бітний AVR мікроконтролер, розроблений фірмою Atmel (тепер частина компанії Microchip). Він має тактову частоту 16 МГц, 32 кілобайти внутрішньої флеш-пам'яті для програмного коду, 2 кілобайти оперативної пам'яті (SRAM) та 1 кілобайт EEPROM для зберігання даних. Arduino Nano має компактний форм-фактор, що робить його ідеальним для проектів з обмеженим простором чи технічних вимог. Він має 22 входи/виходи (включаючи 8 аналогових входів), 6 ШІМ-каналів, UART (серійний порт), I2C та SPI інтерфейси для зв'язку з іншими пристроями. Також на платі є роз'єм для підключення до комп'ютера або інших пристроїв, а також можливість живлення через USB або зовнішнє джерело живлення. Arduino Nano з ATmega328P є сумісною з Arduino платою, що означає, що ви можете використовувати Arduino IDE (інтегроване середовище розробки) та бібліотеки Arduino для програмування та управління платою.

Таблиця 3.7 – Технічні характеристики Arduino Nano

Короткі характеристики	
Мікроконтролер	Atmel ATmega168 або ATmega328
Робоча напруга (логічний рівень)	5В
Вхідна напруга (рекомендована)	7-12
Вхідна напруга (гранична)	6-20 В
Цифрові входи/виходи	14 (6 з яких можуть використовуватись як виходи ШІМ)
Аналогові входи	8
Постійний струм через вхід/вихід	40 мА
Флеш пам'ять	16 Кб (ATmega168) або 32 Кб (ATmega328) при цьому 2 Кб використовуються для завантажувача
ОЗУ	1 Кб (ATmega168) або 2 Кб (ATmega328)
EEPROM	512 байт (ATmega168) або 1 Кб (ATmega328)
Тактова частота	16 МГц
Розміри	1.85 см x 4.2 см

Цей мікроконтролер гарно впорається з поставленими задачами в локальному контурі керування дозатором. Для реалізації другого рівня керування системою я обрав мікроконтролер STM 32.

Мікроконтролери серії STM32 F4, що базуються на ядрі ARM Cortex-M4, представляють новий рівень продуктивності в родині STM32. Виробляються за 90нм-технологією та використовують запатентований ART Accelerator від ST Microelectronics, що дозволяє досягати найкращих показників серед мікроконтролерів на базі ядра Cortex-M. Завдяки цьому, мікроконтролери STM32 F4 досягають продуктивності на рівні 225 DMIPS/606 CoreMark при тактовій частоті 180 МГц. Вони також підтримують інструкції DSP та мають модуль операцій з плаваючою точкою, що робить їх придатними для широкого спектру проектів. Завдяки динамічному керуванню живленням, ці мікроконтролери можуть зменшити споживання струму при виконанні коду з флеш-пам'яті до 140 мкА/МГц для STM32F401 (при максимальній частоті 84 МГц) і до 238 мкА/МГц для STM32F42x/43x (при частоті до 180 МГц). Мікроконтролери серії STM32 F4 поєднують в собі високу продуктивність обробки сигналів, що характерна для сигнальних процесорів, з можливістю керування в реальному часі, що притаманне мікроконтролерам.

I2C (Inter-Integrated Circuit). Мікроконтролер має три блоки I2C, які підтримують режими Master/Slave та Multimaster. Кожен з них має модуль діагностики та виправлення пакетних помилок PEC. I2C використовує 7-бітний або 10-бітний режим адресації. Швидкість обміну даними в простому режимі становить до 100 кГц, а в надшвидкому режимі - до 400 кГц. Модулі також підтримують протоколи SMBus 2.0 і PMBus.

4.8 Перетворювач інтерфейсів

MAX485 є популярною мікросхемою для передачі даних по шині RS-485, він є стандартом передачі даних, який дозволяє забезпечити двосторонню комунікацію за допомогою диференційних сигналів на відстані до 1200 метрів. Мікросхема MAX485 є і перетворювачем інтерфейсом між мікроконтролером або іншими

					СУ-91 6.15101.06ПЗ	Лист
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		55

цифровими пристроями та шиною RS-485. Призначення контактів та типова схема підключення зображена на (рис 3.9).

Основні характеристики MAX485:

Двостороннє передавання даних: Мікросхема дозволяє передавати дані як в напрямку від мікроконтролера до пристроїв RS-485, так і в зворотному напрямку.

Диференційний сигнал: Використовуючи два провідника з диференціальним сигналом (А та В), MAX485 дозволяє забезпечити більшу стійкість до шумів та перешкод.

Низьке споживання енергії: Мікросхема має низьке споживання енергії, що робить її популярним в застосуваннях з обмеженими джерелами живлення.

Захист від перевантажень: MAX485 має вбудовану захист від перевантажень та короткого замикання, що дозволяє запобігти пошкодженню мікросхеми при виникненні непередбачуваних

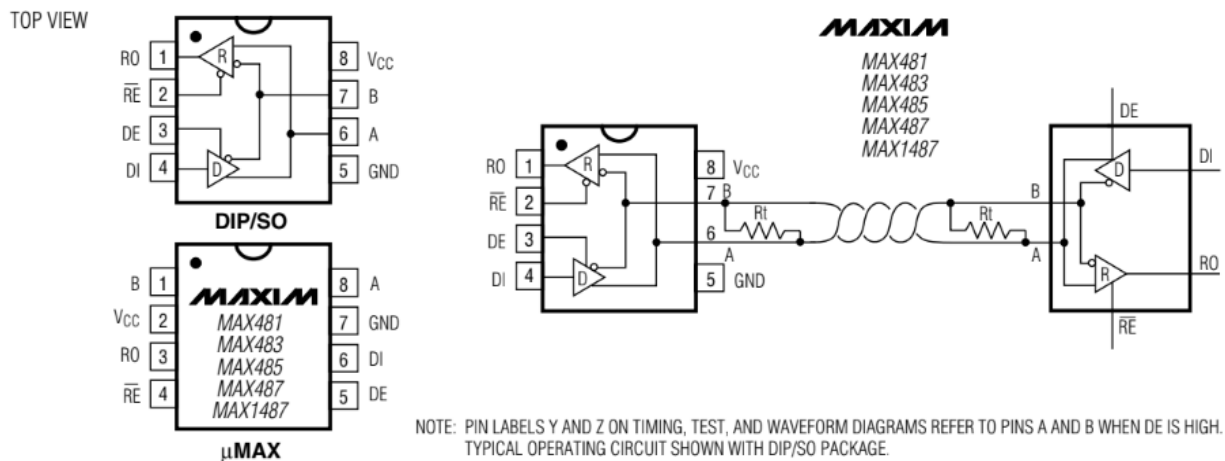


Рисунок 3.9 - Призначення контактів та типова схема підключення

Основні характеристики:

Модель: HW-97

Живлення: 3.3 - 5 В

Приймач: MAX485CSA

										Лист
										55
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

Кількість передавачів: 1

Кількість приймачів: 1

Навантажувальна здатність: до 32 вузлів в одному сегменті

Режим роботи: напівдуплексний

Режим передачі: диференціальний сигнал (балансний)

Чутливість приймача: 200 мВ

Опір входу приймача: 12 кОм

Діапазон напруг передавача: +1.3 В ... +5 В

Швидкість передачі: макс. 2.5 Мбіт/сек

Інтегрований узгоджувальний резистор 120 Ом

Висновки RS-485: гвинтові клеми-термінал

Температура експлуатації: 0°C...+70°C

Розміри: 44 x 14 x 15 мм

Інтерфейс: RS-485, фізичний рівень передачі даних

3.9 Перетворювачі напруги

Модуль XL4015 DC-DC є компонентом, який використовується для зниження напруги і відомий як регулятор напруги або DC-DC знижувач. Цей модуль широко використовується в електроніці та різних проектах для живлення електронних пристроїв з різними напругами.

Основні характеристики модуля XL4015 DC-DC включають наступне:

Широкий діапазон вхідних напруг, наприклад, від 4,5 В до 35 В.

Можливість налаштування вихідної напруги в діапазоні від 1,25 В до 32 В.

Регулювання вихідної напруги здійснюється за допомогою потенціометра, що дозволяє точно налаштувати її до потрібного значення.

Обмеження на максимальний вихідний струм, яке зазвичай становить 5А.

					СЧ-91 6.15101.06ПЗ	Лист
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		55

Висока ефективність перетворення енергії, зазвичай близько 90% і більше. Це сприяє зниженню втрат енергії та забезпечує стабільну роботу пристроїв, які використовуються з цим модулем.

3.10 Відображення інформації

В системі необхідно реалізувати, інтерфейс, який надає оператору можливість контролювати та керувати технічним процесом або системою. Це графічні панелі і зазвичай використовуються в промислових об'єктах, таких як заводи.

Для відображення параметрів системи, я обрав Kinco MT5320 зовнішній вигляд панелі зображено на (рис 3.10).



Рисунок 3.10 - Kinco MT5320

Технічні характеристики приведені в таблиці 3.8

Експлуатаційні параметри	
Дисплей	5,6" (113,3 x 84,7 мм) TFT
Роздільна здатність	320 x 234 точок
Колір	65536 кольорів
Підсвічування	1CCFL
Яскравість	300 кд / м ²
Ресурс підсвічування	50 000 годин
Сенсорна панель	Чотирипровідна прецизійна резистивна сітка
Процесор	32-бітний RISC процесор 520 МГц
Пам'ять	Флеш-пам'ять 8 Мегабайт , 16 мегабайт SDRAM
Пам'ять команд і годинник реального часу	512 Кбайт і годинник реального часу
Розширювана пам'ять	SD карта та U- диск
Порт принтера	USB- хост
Ethernet	10/1000 Base T
Аудіо-інтерфейс	Ні

					СЧ-91 6.15101.06ПЗ	Лист
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		55

Завантаження програм	1 USB			
COM порт	COM0: RS232/RS485-2/RS485-4, COM1: RS232/RS485-2/RS485-4, COM2: RS232			
Відео-інтерфейс	Ні			
USB- хост	Клавіатура _ миша , принтер і і т.д. підключаються через USB порт			
Розширення для комунікаційних інтерфейсів	Не підтримується	Плата розширення інтерфейсу Profibus - DP	Плата розширення інтерфейсу CANopen	Плата розширення інтерфейсу MPI
Електричні Характеристики				
Номинальна потужність	7,2 Вт			
Номинальна напруга	24 У постійного струму			
Діапазон вхідного сигналу	21~28 У постійного струму			
Допустиме час відсутності живлення	< 3 мс			
Опір ізоляції	Понад 50 МОм при 500 У постійного струму			
Випробування на електричну міцність	500 У змінного струму протягом _ 1 хвилини			
Конструктивні технічні Характеристики				
Колір оболонки	Світло сірий			
Матеріал оболонки	ABS			
Розміри (мм)	204 x 150 x 56,7			
Розміри контуру (мм)	192 x 138			
Вага (кг)	0,96			
Вимоги до навколишнього середовища				
Робоча температура	0~45°C			
Робоча вологість	10~90 % без конденсації			
Температура зберігання	-10~60°C			
Вологість зберігання	10~90 % без конденсації			
Ударні випробування	10~25 Гц (напрями X, Y, Z. 2g)			
Метод охолодження	Природна вентиляція			
Сертифікація				
Клас захисту	IP 65 (передня панель)			

Панель керування розташовується на зовнішній частині головного блока керування, де за допомогою інтерфейсу Rs-485 та протоколом Modbus RTU, з'єднаний з головним контролером, а саме STM 32. Типо підключення на (рис 4.11)

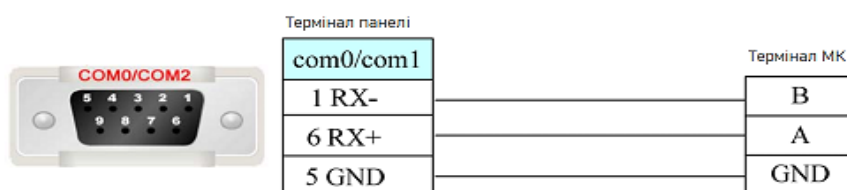


Рисунок 3.11 – Схема підключення

3.11 Компонування шафи дозатора

Як було зазначено раніше для коректного функціонування засобів автоматизації для них треба забезпечити відповідні умови експлуатації. Для цього було розроблено та спроектовано шафи для електромонтажу цих засобів. Шафи згідно з умовами експлуатації системи захищені відповідно до рівню пилу та вологості, також не мало важливим є забезпечення нормального рівня вібрацій, для цього можна додатково застосувати засоби віброгасіння. На (рис 4.12) представлена компоновка шафи одного з дозаторів.

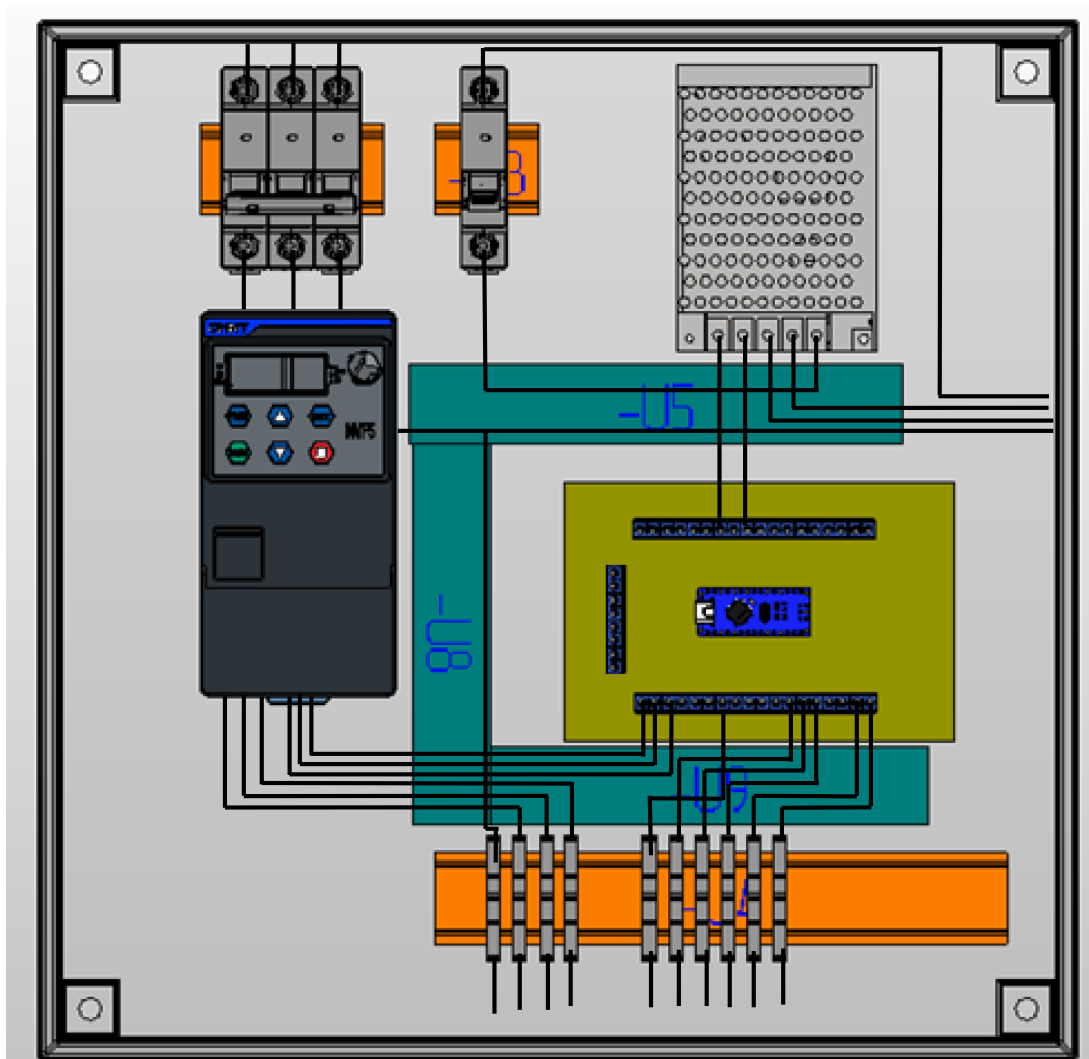


Рисунок 3.12 – Схема компоновання шафи дозатора №1

Перелік елементів шафи: В шафі на DIN-рейках змонтовано автоматичний 3х фазний вимикач(максимальний струм 15А), який живить частотний перетворювач CIMR-F721P5, також змонтовано окремий автоматичний вимикач на логічну

						СУ-91 6.15101.06ПЗ	Лист
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			55

частину шафи (максимальний струм 5А), живиться логічна частина від імпульсного блока живлення(потужність 100 Вт), корпус блока живлення виконано з реалізацією пасивного повітряного охолодження, також блок живлення має захист від короткого замикання, та перегріву. В шафі передбачено кабель канали для підвищення рівня кабель менеджменту, також шини з'єднання для підключення зовнішніх давачів та виконавчих пристроїв.

3.12 Компонування шафи ГБК

Шафа ГБК розміщує в собі другий рівень системи автоматичного регулювання, а саме головний процесор який відповідає за синхронізацію першого рівня системи(дозаторів, вапняки, глини, домішок). На передній панелі шафи, знаходиться панель оператора, яка складає з себе кнопки “СТАРТ” “СТОП” та “АВАРІЙНУ ЗУПИНКУ, головним органом управління системою керування є інтерфейс НМІ - Human Machine Interface, реалізований за допомогою Kinco MT5320 де оператор має змогу задавати потрібні параметри системи, та функцію моніторингу технологічного процесу дозування. Зовнішній вигляд панелі оператора зображена на (рис 3.13), компоновка ГБК на (рис 3.14).



Рисунок 3.13 – Панель оператора

					СУ-91 6.15101.06ПЗ	Лист
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		55

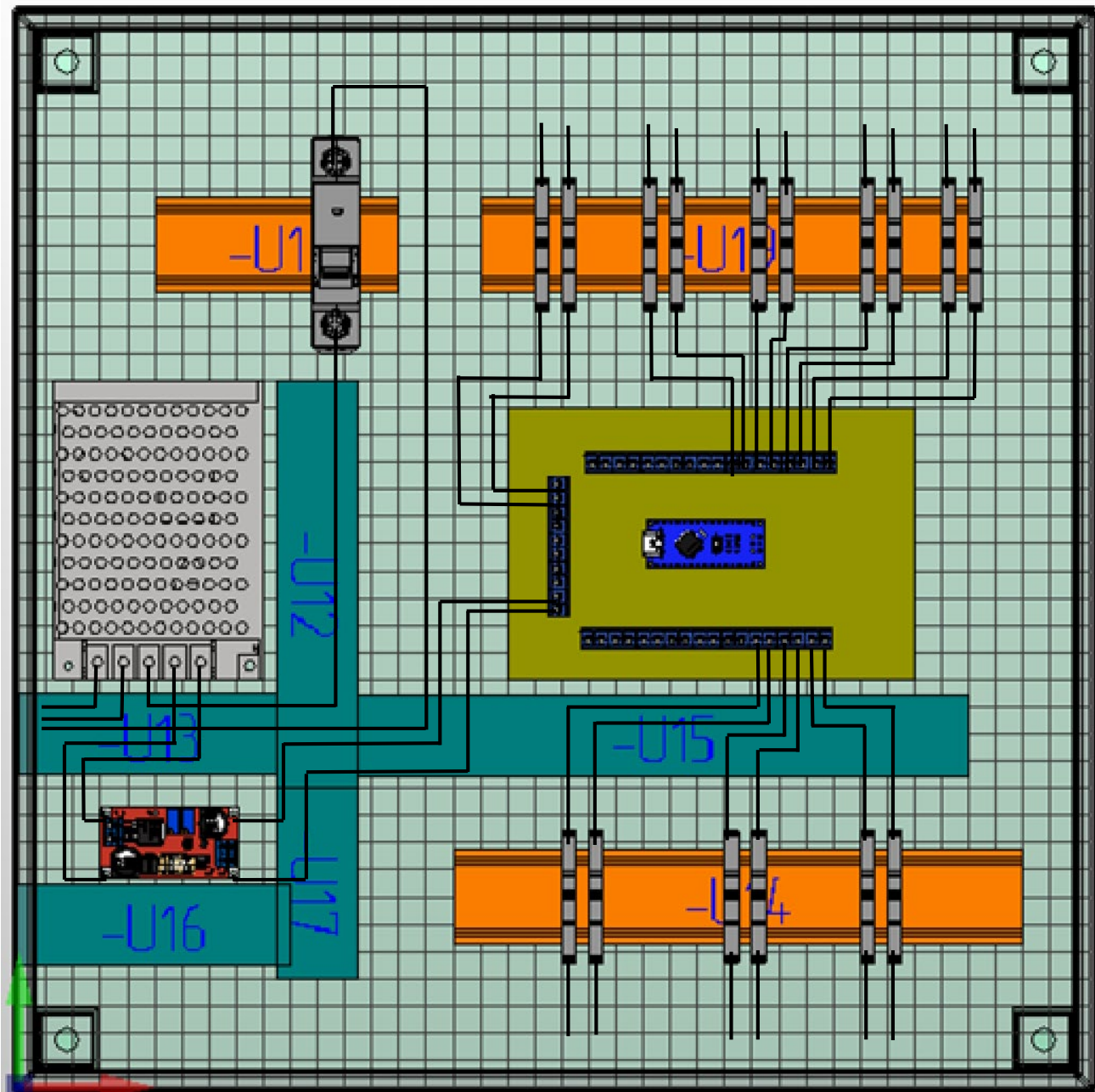


Рисунок 3.14 – Схема компоновки головного блока керування

Шафа містить в собі наступні елементи: Блок живлення вихідна напруга 24В максимальний струм 5 А, для живлення STM 32 використаний DC-DC перетворювач понижуючого типу, для МК передбачена плата розширення для більш комфортного та надійного електричного монтажу.

					СУ-91 6.15101.06ПЗ	Лист
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		55

4. SCADA-СИСТЕМИ

Як було згадано раніше система в першу чергу повинна дозувати складові цементу такі як вапняк, глину та домішки в певних пропорціях які встановленні технологією вироблення, ці пропорції задає оператор. Система складається з трьох блоків дозаторів аналогічної структури та САР. Для реалізації автоматизованого дозування в кожному дозаторі використано два контури регулювання на локальному першому рівні, та на другому рівні контур ГБК який синхронізує роботу трьох дозаторів [9].

4.3 Розрахунок витрати

Головним параметром який необхідно підтримувати відповідно до завдання яке встановлює оператор - є витрата сировини. Таким чином головний блок керування, у вигляді мікроконтролерного пристрою який об'єднує та синхронізує нижні рівні системи в єдину, повинен утворити відповідне завдання для кожного дозатора. Кожна окрема САР, розраховує масову витрату для вапняку, глини, домішок.

Витрату або масову витрату в даному випадку розраховують відповідно з відомих параметрів, таких як фактична швидкість стрічки, маса вантажу, та довжини конвеєрної стрічки можна розрахувати масову витрату за формулою (4.1)

$$Q_m = \frac{m}{t} = \frac{mv}{s} \quad (4.1)$$

Де Q_m - масова витрата, m – маса вантажу, t – час, v – швидкість конвеєрної стрічки, s – довжина конвеєрної стрічки.

Отже, слід зазначити що такий параметр як час, треба розраховувати окремо для кожної швидкості в нових ітераціях.

					СУ-91 6.15101.06ПЗ	Лист
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		55

Для розрахунку часу, в систему як окремий сталий коефіцієнт або параметр потрібно додати довжину конвеєрної стрічки, отже на основі показань з тензодавачів та давачів швидкості можна розрахувати масову витрату, цей розрахунок в автоматизованій системі регулювання буде виконувати мікропроцесорний пристрій.

4.4 Контроль якості

В системі не передбачено зворотного зв'язку який може проінформувати систему про якість та правильність дозування. Можливе покращення системи, при впровадженні давача спектрального аналізу, який може надати потрібну інформацію про склад кінцевого виробу. Але застосування таких давачів не є доцільним, так як ці давачі мають велику похибку, та їх застосування на виробництві з великої кількістю пилу не може гарантувати правильність вимірів.

Тому контроль якості залишається не автоматизованим, це завдання виконують спеціалісти, які беруть пробу кінцевої сировини на випробування в лабораторію. Контроль якості цементу в лабораторіях є важливою частиною виробництва цементу і здійснюється з метою забезпечення високої якості та відповідності цементних продуктів вимогам стандартів та специфікацій. Нижче наведено докладний опис процесу контролю якості цементу в лабораторіях:

З лінії виробництва цементу відбираються зразки, які представляють вироблену партію цементу. Збір зразків може проводитись періодично з різних точок виробничого процесу, включаючи сировинні матеріали, помелу, обпалу та фінальний продукт. Зібрані зразки піддаються фізичним випробуванням для оцінки їх характеристик. Такі випробування можуть включати вимірювання в'язкості, водопоглинання, щільності, міцності та розтягувальних характеристик. Ці випробування допомагають встановити фізичні властивості цементу та переконатися, що вони відповідають вимогам стандартів.

Зразки цементу також проходять хімічний аналіз для визначення їх хімічного складу. Цей аналіз включає вимірювання вмісту основних складових, таких як оксиди кальцію, кремнію, алюмінію та заліза, а також домішок, які можуть впливати на якість цементу. Хімічний аналіз дозволяє переконатися, що склад

					СУ-91 6.15101.06ПЗ	Лист
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		55

цементу відповідає стандартам і специфікаціям. Цементні зразки можуть також піддаватися термічному аналізу для вивчення їх поведінки при різних температурах. Цей аналіз включає вимірювання теплових властивостей цементу, таких як коефіцієнт розширення, теплопровідність та теплоємність. Термічний аналіз допомагає зрозуміти поведінку цементу під час змін температурного режиму, що може бути важливим для деяких застосувань.

Мікроскопічний аналіз - лабораторії також можуть використовувати мікроскопічний аналіз для оцінки мікроструктури цементу. Це включає вивчення розміру частинок, їх форми, розташування та структури. Мікроскопічний аналіз допомагає з'ясувати властивості цементу на мікро-рівні та виявляти можливі аномалії, такі як недостатнє змішування складових або наявність небажаних фаз.

Результати всіх випробувань ретельно документуються. Записуються значення фізичних, хімічних та термічних властивостей, а також будь-які відхилення від стандартних значень. Документація слугує як посвідчення якості цементу та база для прийняття рішень щодо використання виробленого цементу та коректування нових партій при виробництві [13].

Контроль якості цементу в лабораторіях дозволяє переконатися, що вироблений цемент відповідає встановленим стандартам та вимогам. Він забезпечує якість та надійність цементних продуктів, що використовуються в будівельній індустрії та інших галузях.

4.5 Точність дозування

Наявність автоматизованої системи регулювання, що включає МК (мікроконтролери), регулятори та датчики, дозволяє досягти високої точності дозування компонентів. Точність дозування залежить від декількох факторів, які важливо врахувати при проектуванні такої системи.

Якість датчиків: Один із ключових факторів, що впливає на точність дозування, - це якість використовуваних датчиків. Датчики повинні бути точними і надійними у вимірюванні кількості компонентів цементу. При виборі датчиків слід звернути увагу на їх технічні характеристики, документацію виробника та зворотні відгуки користувачів.

					СУ-91 6.15101.06ПЗ	Лист
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		55

Калібрування датчиків: Важливим етапом є правильне калібрування датчиків. Це включає налагодження датчиків, врахування погрешностей та усунення будь-яких відхилень, які можуть впливати на точність дозування. Калібрування повинно проводитись згідно з інструкціями виробника та враховувати специфічні вимоги проекту.

Вибір регуляторів: Ефективні та точні регулятори є необхідною складовою системи регулювання. Вони повинні бути налаштовані на оптимальні параметри, щоб забезпечити стабільність процесу дозування. При виборі регуляторів слід враховувати їх точність, швидкодію та сумісність з іншими компонентами системи.

Розробка програмного забезпечення та алгоритмів: Використання відповідних програмних засобів та алгоритмів є важливим кроком для досягнення точного дозування. Програмне забезпечення повинно бути надійним, ефективним та забезпечувати необхідні функціональні можливості для керування дозуванням компонентів цементу.

Система контролю: Успішна система дозування повинна мати вбудовану систему контролю та зворотного зв'язку. Це дозволяє виявляти будь-які відхилення в процесі дозування та вносити необхідні корективи. Система контролю повинна бути швидкою, точною та забезпечувати надійну зв'язок з компонентами системи.

Загалом, точність дозування компонентів цементу конвеєрного дозатора залежить від якості датчиків, їх калібрування, вибору регуляторів, розробки програмного забезпечення та алгоритмів, наявності системи контролю та умов експлуатації. Ретельне урахування цих факторів у процесі проектування та експлуатації системи дозування сприятиме досягненню високої точності дозування компонентів цементу.

Проблема поточної системи дозування компонент цементу полягає в тому в що в процесі дозування не враховуються такі параметри як вологість сировини та температура в приміщенні.

В технологічному процесі можлива ситуація коли на дозатор потрапляє сировина з різним рівнем вологості, що призводить до змін фактичної маси сировини, таким чим виникає необхідність при розрахунку масової витрати враховувати вплив вологості. Також вагомий внесок в похибки при дозуванні

					СУ-91 6.15101.06ПЗ	Лист
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		55

вносить зміна температури в приміщенні, що призводить до нестабільності коефіцієнта перетворення тензорезистивних датчиків, отже є необхідність виміру такого параметру як температура приміщення, для того щоб компенсувати температурний перетворення коефіцієнт тензорезистивних датчиків. Отже для підвищення точності дозування необхідно впровадити додаткові контури регулювання за вологістю сировини та температурою в приміщенні.

4.6 Алгоритм

Якщо процес дозування виконується неперервно, синхронізація трьох дозаторів вапняку, глини та гіпсу за допомогою одного головного блоку керування може бути реалізована шляхом використання системи зворотного зв'язку та зважування [12]. Основна ідея полягає в тому, щоб головний блок керування відстежував вихідні дані кожного дозатора та регулював їх роботу таким чином, щоб досягти потрібного співвідношення компонентів (вапняку, глини та гіпсу) у вихідній суміші. Блок-схема алгоритму представлена на (рис 4.3)

					СУ-91 6.15101.06ПЗ	Лист
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		55

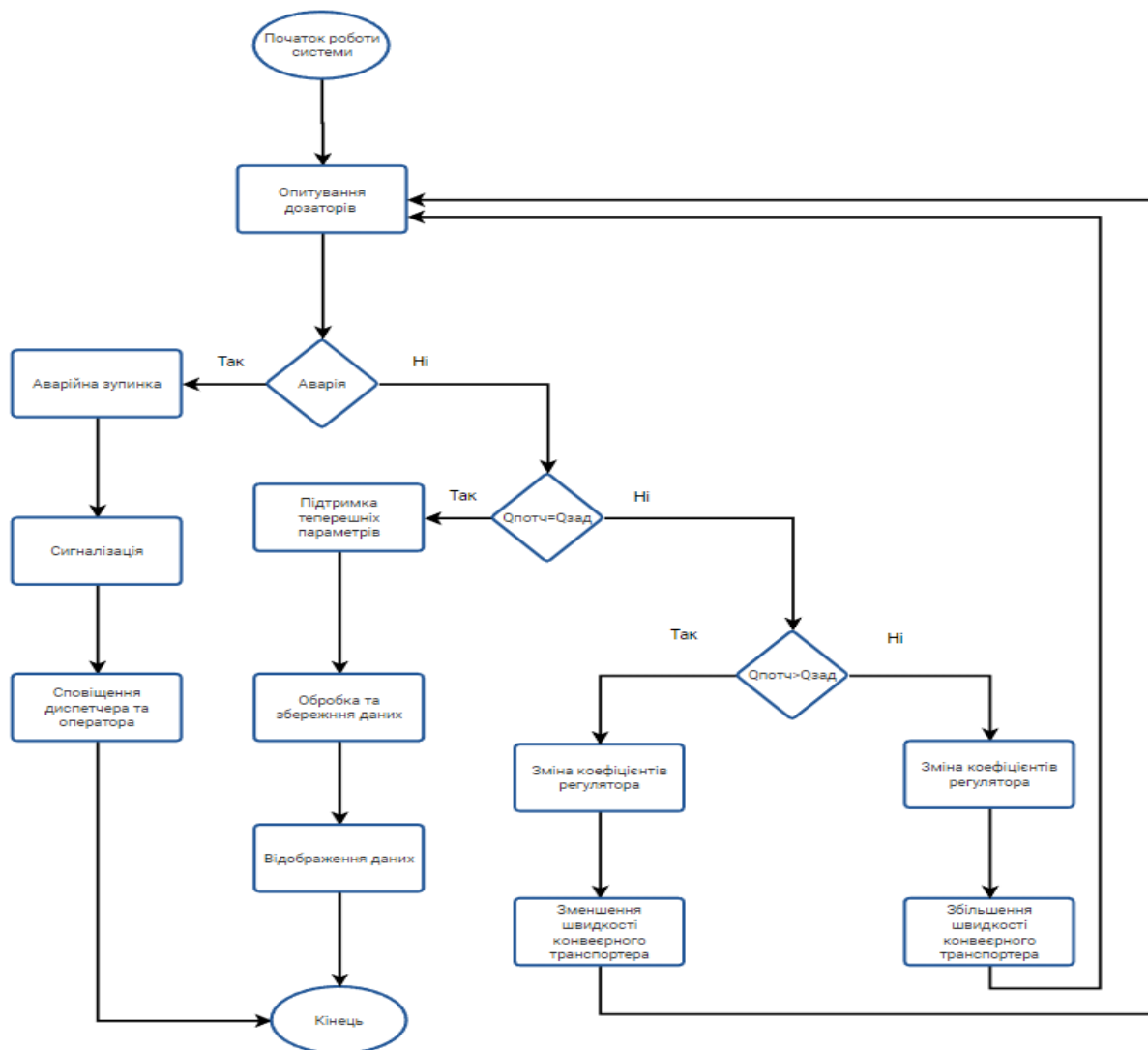


Рисунок 4.3 – Блок-схема алгоритму системи

Нижче наведено загальний опис алгоритму для неперервного процесу дозування: Головний блок керування починає роботу зі зчитування вихідних даних кожного дозатора, таких як витрати матеріалів або вага.

На початку, головний блок керування встановлює базові значення для вихідних параметрів дозаторів (наприклад, пропорції вапняку, глини та гіпсу), щоб почати процес.

Головний блок керування регулює роботу дозаторів на основі зчитаних даних. Він порівнює фактичні значення з бажаними параметрами та вносить необхідні корективи.

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Якщо співвідношення компонентів вихідної суміші відрізняється від потрібного, головний блок керування змінює параметри дозаторів, наприклад, збільшує або зменшує їх витрати, шляхом зміни швидкості стрічки, щоб досягти потрібного співвідношення.

Процес корекції та регулювання продовжується в реальному часі, дозволяючи головному блоку керування адаптуватися до змінних умов та забезпечувати необхідне співвідношення компонентів протягом усього процесу.

Аварійний алгоритм системи при сходженні конвеєрної стрічки конвеєра має на меті виявити цю аварійну ситуацію та прийняти необхідні заходи для зупинки та відновлення роботи системи. Алгоритм при виникненні аварійної ситуації:

Система має вбудовані датчики, які визначають положення та стан конвеєрної стрічки. Якщо датчики виявляють відхилення або відсутність руху стрічки, вони спрацьовують та відправляють сигнал про аварійну ситуацію.

Активація аварійного режиму, після виявлення сходження стрічки система переходить у спеціальний аварійний режим роботи. Аварійний алгоритм видає команду на негайну зупинку конвеєра, щоб уникнути подальшого руху стрічки та запобігти можливим пошкодженням обладнання або небезпеці для персоналу. Система надсилає сигнал або повідомлення оператору про аварійну ситуацію. Це дозволяє оператору швидко реагувати та прийняти відповідні заходи.

Після зупинки конвеєра та виправлення причини сходження стрічки (наприклад, видалення перешкоди або відновлення правильного натягу стрічки), система може розпочати процедуру поступового відновлення роботи. Це може включати запуск конвеєра на низькій швидкості для перевірки його стабільності та відсутності проблем, а потім поступове підвищення швидкості до нормального режиму роботи

4.7 Впровадження SCADA-системи та завдання оператора

Впровадження SCADA у системи автоматизації промислових процесів має кілька ключових переваг. По-перше, SCADA надає можливість моніторингу в реальному часі, збираючи дані з різних джерел, таких як сенсори та контролери. Це дозволяє операторам та інженерам стежити за станом процесів, аналізувати параметри та виявляти аномалії.

					СУ-91 6.15101.06ПЗ	Лист
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		55

По-друге, SCADA дозволяє віддалено керувати системами автоматизації. Оператори можуть змінювати налаштування, параметри та режими роботи обладнання. Це забезпечує гнучкість управління та швидку реакцію на зміни у виробничих процесах. По-третє, SCADA забезпечує можливість зберігання та аналізу історичних даних. Історична інформація дозволяє проводити тренд-аналіз, та оптимізувати виробничі процеси. Аналіз даних сприяє виявленню проблем та покращенню ефективності системи.

Впровадження SCADA покращує ефективність та надійність систем. Автоматизація багатьох рутинних процесів та точне керування дозволяють знизити витрати на робочу силу та мінімізувати можливість помилок. Це сприяє оптимальному функціонуванню систем та забезпечує стабільну продуктивність. SCADA має важливу роль у забезпеченні безпеки систем автоматизації. Вона включає функції з контролю доступу та виявлення підозрілої активності. Це сприяє захисту системи від несанкціонованого доступу та зловживань, забезпечуючи надійність даних. Впровадження SCADA в системи автоматизації дозволяє забезпечити моніторинг, керування, зберігання та аналіз даних, покращити ефективність та надійність процесів, а також забезпечити безпеку та захист системи.

Це важливий інструмент для підвищення продуктивності та ефективності промислових систем. На (рис 4.4) зображено мнемосхему дозатора одного з компонентів цементу.

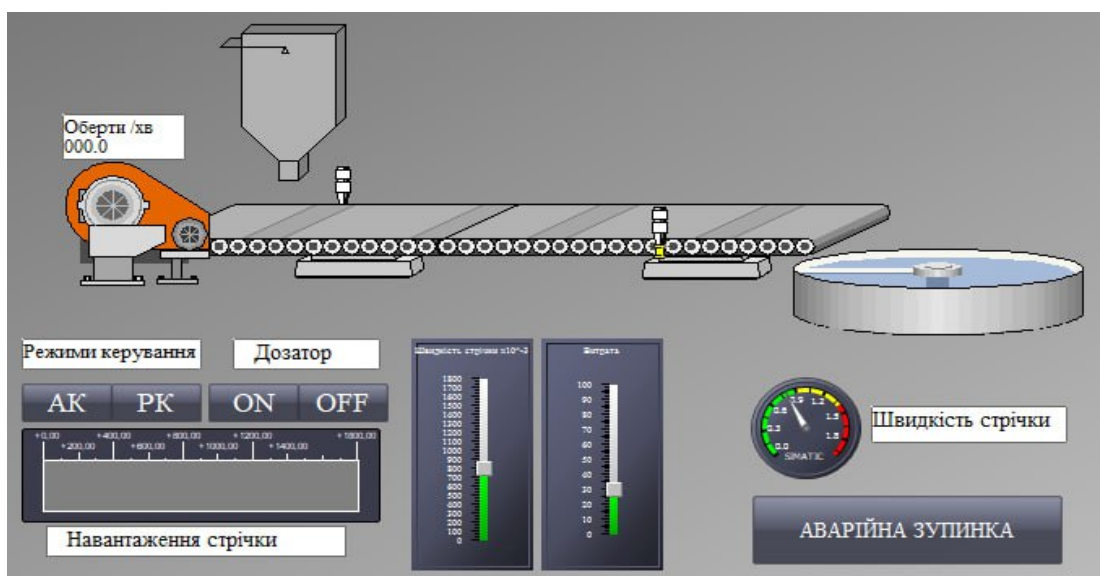


Рисунок 4.4 – Інтерфейс SCADA- системи

									Лист
									55
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

Сучасні SCADA-системи не обмежують вибір апаратури нижнього рівня (контролерів) завдяки наявності драйверів або різноманітності пристроїв введення/виводу. Для під'єднання таких пристроїв до SCADA-системи зараз використовуються наступні механізми. Перший механізм - динамічний обмін даними (DDE). Цей протокол використовувався в ранніх інтерфейсах між людиною та машинами для обміну даними з ПЛК-пристроями. Проте DDE має свої недоліки, тому розробники пропонували свої власні рішення та протоколи, що призводить до проблем. Кожна SCADA-система має свій власний драйвер для обміну даними з контролером, і два різні контролера не можуть мати доступ до системи, оскільки кожен з них підтримує обмін даними лише зі своєю системою. Другий механізм - OPC-сервер. Основна мета стандарту OPC полягає в створенні доступу до даних з будь-якого пристрою. Використання програмного забезпечення, що відповідає специфікації OPC, забезпечує незалежність споживачів від наявності або відсутності драйверів або протоколів. Це дає можливість вибирати обладнання та програмне забезпечення, які найкраще відповідають реальним потребам. OPC-сервер отримує дані з нижнього рівня через вбудований драйвер, аналізує їх, встановлює ознаку якості та мітку часу, і передає ці дані через інтерфейс OPC клієнту, яким є SCADA-система. Стандарт обміну даними OPC працює за схемою Клієнт-Сервер, дозволяючи підключати багато клієнтів до одного сервера. Також цей стандарт дозволяє одному клієнту використовувати кілька OPC-серверів. Це забезпечує гнучкість в підключенні та використанні різних пристроїв введення/виводу з SCADA-системами, незалежно від конкретних драйверів та протоколів, які використовуються. На (рис 4.5) зображена схема обміну даними клієнта та OPC сервером.

					СУ-91 6.15101.06ПЗ	Лист
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		55

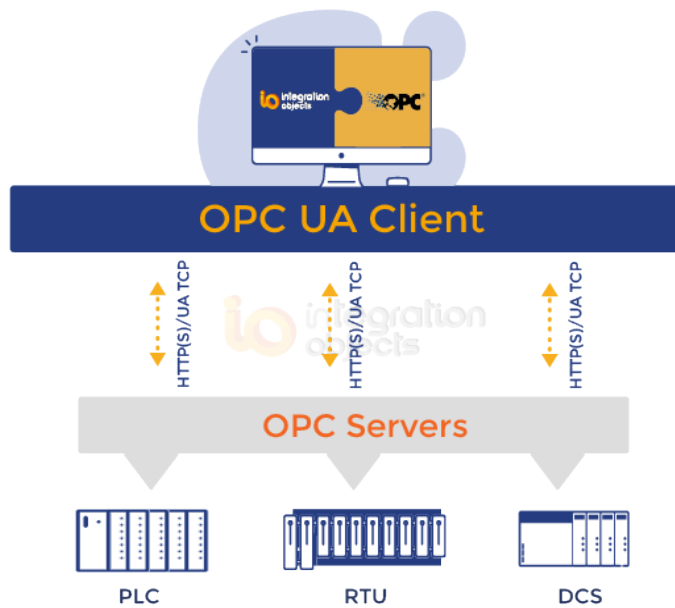


Рисунок 4.5 - Обмін даними OPC сервера та клієнтів

4.8 Завдання оператора

Завдання для оператора конвеєрного дозатора компонентів цементу включає наступні етапи:

Перевірити наявність необхідних компонентів цементу, таких як пісок, вапно, гіпс тощо. Переконатися, що дозатор та пов'язане обладнання належним чином підключені та готові до роботи. Перевірити наявність достатнього запасу компонентів цементу для продовження роботи без перерви.

Підготовка конвеєра та дозатора:

Запустити конвеєр для переміщення компонентів цементу до дозатора. Перевірити, чи конвеєр працює безперебійно та не має неполадок.

Забезпечити належне змазування та обслуговування конвеєра, якщо це необхідно.

Налаштування дозатора:

За допомогою керуючих панелей або інтерфейсу оператора налаштувати необхідні параметри дозатора, такі як витрата компонентів цементу, час подачі, співвідношення компонентів тощо.

Перевірити, що дозатор працює вірно та готовий до прийому сигналу для початку дозування.

Моніторинг та контроль:

Спостерігати за роботою дозатора та конвеєра, переконуючись, що компоненти цементу належним чином подаються та дозуються. Записувати та візуалізувати дані про витрату компонентів цементу, час дозування та будь-які аномалії чи проблеми, що виникають під час роботи.

Обслуговування та підтримка:

В разі виявлення проблем в роботі дозатора чи конвеєра, вжити відповідних заходів для їх вирішення, включаючи перевірку та ремонт обладнання.

Забезпечити регулярне обслуговування та очищення дозатора та конвеєра для забезпечення надійної та безперебійної роботи.

					СУ-91 6.15101.06ПЗ	Лист
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		55

ВИСНОВОК

В проекті спроектована система автоматичного дозування компонент цементу на базі конвеєрного дозатора. Яка відповідає поставленому технічному завданню:

1) Аналізуючи технологічний процес дозування компонент цементу та загальні принципи побудови систем дозаторів, включаючи дозуючі систем на базі конвеєрних стрічок, запропоновано рішення для підвищення точності дозування компонент, а саме введення додаткових контурів регулювання за такими параметрами як вологості сировини та температурою в приміщені, які компенсують зміну маси сировини при різних рівнях вологості, та температурний коефіцієнт перетворення тензодавачів.

2) Особливістю даної системи є те, що вона працює неперервно, система не зупиняється для зважування вантажу, а робить це в динаміці, що дозволяє не зупиняти виробництво та уникнути затримок на виробництві, порушення логістичного процесу та економічних втрат. Зупинка системи здійснюється тільки для регламентних робіт.

3) Система спроектовано згідно з поставленими умовами експлуатації, більшість засобів автоматизації мають ступінь захисту не менше IP55, для тих пристроїв які не можуть працювати в зазначених у ТЗ умовах розроблено електричні шафи, які забезпечують відповідні умови експлуатації для них.

4) Відповідно до технічних вимог системи, розраховано необхідний асинхронні двигун, який забезпечить задану швидкість переміщення від 0,1м/с до 0,8 м/с, система працює в масовому діапазоні 200 - 1600кг.

5) Згідно з технічним завданням, обрано давачі які відповідають вимогам, а саме:

Вимір ваги 0 до 1800кг з похибкою не більше 10%, вимір швидкості від 0 до 1,2 м/с з похибкою не більше 5%.

Описано ключові контури регулювання. Розроблено структурну, функціональну, кінематичну схему та принципову електричну схему. Обрано засоби автоматизації, такі як давачі, електропривод, мікроконтролери, узгоджуючи пристрої та обґрунтовано їх вибір, Розроблено схему компонування шаф.

					СУ-91 6.15101.06ПЗ	Лист
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		55

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Технологія спеціальних в'язучих матеріалів та виробів на їх основі. Лабораторний практикум [Електронний ресурс]: навч. посіб. для студ. спеціальності 161 «Хімічні технології та інженерія» / В. В. Токарчук, Л. А. Нудченко, Ю. О. Коваленко; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. – 46 с.
2. Разумний Ю.Т. Енергоефективність магістрального конвеєрного транспорту вугільних шахт [Електронний ресурс]: монографія / Ю.Т. Разумний, В.М. Прокуда; М-во освіти і науки України, Нац. гірн. ун-т. – Електрон. текст. дані. – Дніпро: НГУ, 2018. – 120 с.
3. Заїка В.Т. Моделі для довгострокового та оперативного управління ресурсо- і електрозбереженням на вугільних шахтах / В.Т. Заїка // Вісн. ДУ “Львівська політехніка”. – Електроенергетичні та електромеханічні системи. 1997. – № 340. – С. 47– 51.
4. Корчемний М. О. Теоретичні основи автоматики : Навч. посібн. / М. О. Корчемний, П. Б. Клендій, М. В. Потапенко – Тернопіль : Навчальна книга – Богдан, 2011. – 304 с.
5. Харченка, І. В. Оптимізація та автоматизація конвеєрних систем в умовах гнучкого виробництва: монографія / І.В. В. Харченка, І. І. Костенко, О. І. Лобанів. - Київ: НТУ "ХПІ", 2016.
6. Методи та засоби автоматизації конвеєрних систем: монографія / за ред. Ю. І. Матвеева. - Київ: НАУ, 2009.
7. Мартиненко І. І. Проектування систем електрифікації та автоматизації АПК: Підручник / І. І. Мартиненко, В. П. Лисенко, Л. П. Тищенко, І. М. Болбот, П. В. Олійник. – К.: НМЦ Мінагропрому України, 2008 – 330 с.
8. Danieli P., Masi M., Lazzaretto A., Carraro G. Volpato G.A. / Smart energy recovery system to avoid preheating in gas grid pressure reduction stations // Energies. – 2022. – № 15. – 371 с.

					СЧ-91 6.15101.06ПЗ	Лист
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		55

9. Автоматизація виробничих процесів у машинобудуванні / П.І. Черненко, М.В. Страшко, Л.В. Ткачук. – Київ: Наукова думка, 2015.
10. Застосування інформаційно-керуючих систем в автоматизації конвеєрних ліній / І.П. Харченко, С.Ю. Ткачук, О.М. Ткачук // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка. - 2018. - Вип. 190. - С. 125-134.
11. Методи і моделі автоматизації конвеєрних систем / А.О. Карпенко, С.В. Дєдин, І.І. Костенко // Вісник Дніпровського університету. Серія: Механіка. - 2016. - Вип. 24. - С. 35-40.
12. Савеленко О.К., Якименко Н.М., Колодочкіна А.В., Сорокін В.В. Технології проектування комп'ютерних систем: Навчальний посібник. - Кропивницький: Лисенко В.Ф., 2017. - 308 с.
13. Жуковицький В.І. Основи теорії та принципи побудови автоматичних ваговимірювальних комплексів у гірничорудній промисловості: монографія / В.І. Жуковицький Нац. горн. ун-т. - Д.: НГУ, 2014. - 243
14. Марущак, П. О., & Дроздов, О. А. (2018). Методика определения показателей точности конверных дозаторов для сыпучих материалов. Вісник Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара
15. Кочнева, О. А., & Ткачук, С. В. (2018). Усовершенствование конструкции конверного дозатора для гранулированных материалов. Bond B.N. A piecewise-linear moment-matching approach to parameterized model order reduction for highly nonlinear systems / B.N. Bond, L. Daniel // IEEE Trans. Computer-Aided Design. – 2007. – № 26(12). – С. 2116–2129.
16. Колесников, В.А, & Чумаков, В. Н. (2014). Конструктивные и технико-эксплуатационные особенности конверных дозаторов для сыпучих материалов. Зімчук І.В. Синтез цифрових регуляторів пониженого порядку для замкнених систем управління неперервними об'єктами / І.В. Зімчук // Радіоелектроніка, інформатика, управління. – 2017. – № 4. – С. 187–192
17. Жуковицький В.І. Електронна ваговимірювальна система для АСУ гірничозбагачувального комбінату / В.І. Жуковицький, О.С. Маля // Промисловий транспорт. - 1978. - № 5 - С. 18-19.

						СЧ-91 6.15101.06ПЗ	Лист
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			55

18. Brown, D. W., & Johnson, P. M. (2018). Design and Analysis of Conveyor Belt Feeders for Bulk Material Handling Applications. Proceedings of the International Conference on Industrial Engineering and Operations Management, 346-355.
19. Заика, В. Т. Методы повышения эффективности электроснабжения и энергоиспользования подземных горных машин и установок угольных шахт: Дис. д-ра техн. наук: 05.09.03 / [Национальная горная академия Украины]. – Днепропетровск, 2001. – 350 с.
20. Madahana, M.C.; Nyandoro, O.T.; Moroe, N.F. Engineering noise control for mines: Lessons from the world. *S. Afr. J. Commun. Disord.* 2020, 67, 1–5.
21. Bajda, M.; Hardygóra, M. Analysis of the Influence of the Type of Belt on the Energy Consumption of Transport Processes in a Belt Conveyor. *Energies* 2021, 14, 6180.
22. Jones, R. A., & Smith, M. B. (2019). Conveyor Belt Feeders: A Review of Design Considerations and Applications in the Mining Industry. *Journal of Powder and Bulk Solids Handling and Processing*, 33(2), 85-94.
23. Bortnowski, P.; Kawalec, W.; Król, R.; Ozdoba, M. Identification of conveyor belt tension with the use of its transverse vibration frequencies. *Measurement* 2022, 190, 110706.

					СУ-91 6.15101.06ПЗ	Лист
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		55