

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

бакалавр
Освітній рівень

Автоматизована система керування виробництвом цементу
Назва теми

КвРАКІТ.2022118.01.18.ПЗ

Рівень вищої освіти перший

Галузь знань 15 «Автоматизація та приладобудування»
Шифр, назва

Спеціальність 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»
Шифр, назва

Освітня програма «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»
Назва

Виконав:

студент III курсу, група АКІТс-22-1


Підпис

Олег РЕШЕТНИК
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

Керівник


Підпис

Людмила КОРЕЦЬКА
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

Нормоконтролер


Підпис

Людмила КОРЕЦЬКА
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

До захисту допускаю:
зав. кафедри АКІТтаР


Підпис

Валерій МАРТИНЮК
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

« 16 » червня 2025 р.

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет інформаційних технологій

Кафедра автоматизації, комп'ютерно-інтегрованих технологій та робототехніки

Рівень вищої освіти перший (бакалаврський)

Галузь знань 15 – Автоматизація та приладобудування

Спеціальність 151 – Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

Освітня програма Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри АКІТтаР

Валерій МАРТИНЮК

07 лютого 2025р.

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

Решетнику Олегу Олеговичу

Прізвище, ім'я, по батькові студента

1 Тема роботи Автоматизована система керування виробництвом цементу

Керівник роботи канд.техн.наук., доцент Людмила КОРЕЦЬКА

Прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, учене звання

Затверджено наказом ректора університету від 07.02.2025 р. №23

2 Строк подання студентом роботи на кафедру 02.06.2025р.

3 Вихідні дані до роботи Завдання на кваліфікаційну роботу





4 Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

Вступ. Огляд основних вимог до автоматизованої системи керування виготовленням цементу.

Проектування автоматизованої системи контролю дозування мінеральних речовин. Алгоритмічне та програмне проектування автоматизованої системи. Висновки

5 Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслень)
презентаційні матеріали (слайди)

6 Консультанти розділів кваліфікаційної роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Антиплагіат	Федула М.В., доцент кафедри АКІТтаР		
Нормоконтроль	Корецька Л.О., доцент кафедри АКІТтаР		

7 Дата видачі завдання 07 лютого 2025р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Назва розділу кваліфікаційної роботи	Строк виконання	Примітка
Вступ	15.02.2025 р.	Виконано
1 Огляд основних вимог до автоматизованої системи керування виготовленням цементу	15.03.2025 р.	Виконано
2 Проєктування автоматизованої системи контролю дозування мінеральних речовин	10.04.2025 р.	Виконано
3 Алгоритмічне та програмне проєктування автоматизованої системи	10.05.2025 р.	Виконано
Висновки	20.05.2025 р.	Виконано

Студент


Підпис

Олег РЕШЕТНИК
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

Керівник кваліфікаційної роботи


Підпис

Людмила КОРЕЦЬКА
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

АНОТАЦІЯ

Тема кваліфікаційної роботи: «Автоматизована система керування виробництвом цементу».

Автор роботи: Решетник Олег Олегович

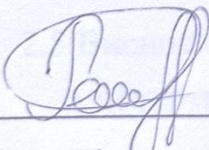
Керівник роботи: Корецька Людмила Олександрівна

Пояснювальна записка: 63 с., 12 рис., 5 табл., 1 дод., 43 джерел.

Графічна частина: 9 презентаційних слайдів.

АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА, ДОЗУВАННЯ, ЦЕМЕНТ,
АВТОМАТИЧНИЙ КОНТРОЛЬ

Мета роботи: метою кваліфікаційної роботи є створити автоматизовану систему керування виготовленням цементу. Реалізована система автоматичного контролю дозування сприяє підвищенню стабільності роботи технологічного процесу, зниженню споживання ресурсів (електроенергії та компонентів), а також покращенню якості готового цементу. Запропоновані рішення дозволяють не лише підвищити ефективність виробництва, а й зробити його більш надійним, прогнозованим та менш залежним від людського чинника.







Підпис студента

16.06.25

Дата

ЗМІСТ

ВСТУП.....	5
1 ОГЛЯД ОСНОВНИХ ВИМОГ ДО АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ВИГОТОВЛЕННЯМ ЦЕМЕНТУ	7
1.1 Призначення системи дозування.....	8
1.2 Вимоги до технічного забезпечення	8
1.3 Вимоги до програмного та інформаційного забезпечення	9
1.4 Основні складові виробничого процесу	10
1.5 Методи виготовлення цементу	10
1.6 Етапи виготовлення цементу	12
1.7 Висновки до першого розділу.....	17
2 ПРОЄКТУВАННЯ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ КОНТРОЛЮ ДОЗУВАННЯ МІНЕРАЛЬНИХ РЕЧОВИН.....	18
2.1 Проєктування структурної схеми.....	18
2.2 Проєктування функціональної схеми	23
2.3 Проєктування схеми інформаційних потоків.....	26
2.4 Вибір компонентів автоматизованої системи контролю дозування мінеральних добавок.....	29
2.4.1 Контролер.....	29
2.4.2 Бункерний дозатор	33
2.4.3 Сенсор рівня.....	38
2.5 Висновки до другого розділу	42
3 АЛГОРИТМІЧНЕ ТА ПРОГРАМНЕ ПРОЄКТУВАННЯ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ.....	43
3.1 Розробка алгоритму роботи автоматизованої системи контролю дозування при виготовленні цементу	43

КВРАКІТ.2022118.01.18.ПЗ								
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Автоматизована система керування виробництвом цементу Пояснювальна записка	Літ.	Лист	Листів
Розроб.		Решетник О.О.		16.06.25				
Перевір.		Корецька Л.О.		16.06.25			2	
Н. Контр.		Корецька Л.О.		16.06.25				
Затв.		Мартинюк В.В.		16.06.25				ХНУ, АКІТс-22-1

ВСТУП

Цементна промисловість є однією з ключових галузей важкої індустрії, що відіграє фундаментальну роль у забезпеченні будівельного сектору матеріалами.

Актуальність розвитку цементної промисловості зумовлена важливою роллю цієї галузі в економіці та інфраструктурному розвитку країни. Цемент є основним матеріалом для будівництва житла, доріг, мостів, заводів, енергетичних об'єктів та інших стратегічних об'єктів. Зі зростанням потреб у новому будівництві, а також необхідністю відновлення зруйнованої або зношеної інфраструктури, попит на цемент постійно зростає.

Особливо актуально це для країн, які перебувають на етапі економічного розвитку або потребують післякризового відновлення. Цементна промисловість не лише забезпечує внутрішні потреби, а й може бути джерелом валютних надходжень за рахунок експорту продукції. Крім того, галузь створює велику кількість робочих місць як у виробництві, так і в суміжних сферах.

Водночас важливим викликом є екологічний аспект, оскільки виробництво цементу супроводжується значними викидами вуглекислого газу. Це стимулює розвиток нових, більш екологічних технологій, що робить галузь перспективною з погляду інновацій.

Таким чином, розвиток цементної промисловості є надзвичайно актуальним для економіки країни, адже сприяє інфраструктурному зростанню, промисловому розвитку, забезпеченню національної безпеки та впровадженню сучасних екологічних технологій.

Автоматизація у процесі виготовлення цементу є невід'ємною складовою сучасного розвитку цементної промисловості, адже вона забезпечує конкурентоспроможність підприємства, покращує продуктивність, зменшує витрати та підвищує рівень екологічної та технічної безпеки. Вона дозволяє

					КвРАКІТ.2022118.01.18 ПЗ	Арк. 4
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

підвищити ефективність виробництва, знизити витрати, покращити якість продукції та забезпечити стабільність технологічних процесів.

Автоматизовані системи керування дають змогу точно контролювати всі етапи виробництва — від подрібнення сировини до випалу клінкеру та фасування готової продукції. Це мінімізує вплив людського фактора, знижує ймовірність помилок та гарантує стабільну якість цементу. Також автоматизація сприяє економії енергоресурсів. За допомогою сучасних цифрових технологій можна оптимізувати споживання електроенергії, палива та води, що особливо важливо для енергоємного виробництва цементу. Автоматизація підвищує рівень безпеки праці. Роботи у високотемпературних або пилових зонах можуть виконувати автоматизовані механізми та роботи, зменшуючи ризик для працівників. Крім того, автоматизовані системи забезпечують безперервний моніторинг технологічних параметрів, що дозволяє швидко виявляти й усувати несправності, знижуючи кількість простоїв і витрат на ремонт.

Метою кваліфікаційної роботи є створити автоматизовану систему керування виготовленням цементу.

Для досягнення поставленої мети потрібно вирішити наступні завдання:

- розглянути основні етапи виготовлення цементу;
- розробити алгоритм роботи автоматизованої систему контролю дозування мінеральних добавок;
- провести проєктування автоматизованої системи.

1 ОГЛЯД ОСНОВНИХ ВИМОГ ДО АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ВИГОТОВЛЕННЯМ ЦЕМЕНТУ

Основні завдання при створенні АСУ [1-3]:

- швидке отримання інформації про ключові параметри технологічних процесів;
- оперативна обробка сигналів від виконавчих механізмів та сенсорів.
- автоматичне та дистанційне керування обладнанням і технологічними об'єктами з дотриманням вимог безпеки;
- контроль та регулювання основних параметрів у автоматичному та дистанційному режимах.

Метою роботи є розробка автоматизованої системи керування технологічного процесу з можливістю регулювання рівня завантаження живильника. Основними вимогами до системи є:

- отримання сигналів від сенсорів про стан функціональних елементів системи та технологічного процесу в цілому;
- контроль параметрів за отриманими значеннями;
- передачу даних про загальний стан технологічного процесу оператору;
- надійність роботи через налаштування блокувань у разі відхилень основних параметрів для автоматичного призупинення виробничого процесу;
- оповіщення про вихід технологічних параметрів за передаварійні та аварійні межі;
- можливість переведення керуванням дозатором при виході параметру за встановлені межі на ручне управління;
- моніторинг технологічних параметрів компонентів;
- контроль за роботою конвеєрів постачання компонентів;

					КвРАКІТ.2022118.01.18 ПЗ	Арк. 6
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

– автоматизоване виявлення несправностей програмно-апаратного забезпечення.

1.1 Призначення системи дозування

Система дозування являє собою сукупність технічних засобів, призначених для автоматичного регулювання кількості мінеральних добавок у складі цементу. Вона включає дозувальні насоси та обладнання, що забезпечує точне подавання заданої маси компонентів.

Дозатори забезпечують:

- подачу визначеної кількості одного чи кількох компонентів;
- зміну кількості компонентів у заданому співвідношенні відповідно до змін кількості інших дозованих компонентів;
- подача речовин у заданій кількості відповідно до встановленої часової або логічної схеми (дозатори з програмним управлінням)

1.2 Вимоги до технічного забезпечення

Під час проєктування автоматизованої системи управління виробництва цементу беруть до уваги вимоги щодо експлуатаційної надійності, а також пожежної й вибухової безпеки. Комплектування обладнання має забезпечувати реалізацію трирівневої системної архітектури та охоплювати такі компоненти:

- сенсори, перетворювачі та виконавчі механізми, польові пристрої, що забезпечують стандартний вихідний сигнал 4–20 мА, мають ступінь захисту не нижче IP56 і здатні працювати при температурі до +50 °С;
- мікропроцесорні програмовані логічні контролери (ПЛК) для реалізації функцій керування та обробки сигналів;

					КвРАКІТ.2022118.01.18 ПЗ	Арк. 7
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

– автоматизовані робочі місця на основі персонального комп'ютера, оснащені монітором, клавіатурою та принтером для візуалізації, моніторингу та документації процесів.

Усі датчики та виконавчі елементи повинні відповідати нормам вибухо- та пожежобезпеки, бути стійкими до дії агресивних середовищ.

1.3 Вимоги до програмного та інформаційного забезпечення

Програмне забезпечення АСУ ТП повинно забезпечувати:

- керування системою комп'ютера;
- керування введенням та виведенням сигналів;
- керування файлами та апаратними засобами комп'ютера;
- набір інструментів для проектування та розробки;
- прикладні програми для вирішення загальних та специфічних завдань користувача.

Інформаційне забезпечення автоматизованої системи повинно включати наступні функції:

- збирання, обробку та збереження актуальних значень технологічних параметрів, що надходять від сенсорів;
- формування розподіленої бази даних з підтримкою централізованого та віддаленого доступу;
- відображення мнемосхем, що містять повну конфігурацію системи та відображають поточний стан об'єкта керування;
- реалізацію механізмів обміну інформацією в межах розподіленої системи через загальну базу даних;
- надання можливості проектування та коригування параметрів технологічного процесу в інтерактивному режимі;

					КвРАКІТ.2022118.01.18 ПЗ	Арк. 8
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

– автоматизоване створення уніфікованої електронної документації та звітності за результатами роботи системи.

1.4 Основні складові виробничого процесу

Автоматизована система керування виготовленням цементу передбачає виготовлення цементу мокрим способом. Підприємство повинно забезпечувати доставку сировини до складу сировинного цеху, з яких видобута сировина транспортується грейферними кранами, приймальними бункерами та силосами для накопичення та зберігання необхідних запасів. На цьому етапі до сировини додаються залізовмісні компоненти з метою коригування хімічного складу суміші.

Процес підготовки цементу до транспортування включає виробництво клінкеру, який виготовляється згідно з встановленими галузевими та державними стандартами якості. Основна сировина — вапняк — проходить стадії подрібнення, сушіння, змішування та випалу, після чого отримується товарний клінкер, який є основним компонентом цементу.

1.5 Методи виготовлення цементу

Існує кілька основних методів виготовлення цементу, які відрізняються між собою способом підготовки сировинної суміші перед випалом. Найбільш поширеними є мокрий, сухий та комбіновані методи (напівсухий і напіввологий) [4-8].

Мокрий спосіб передбачає подрібнення сировини у водному середовищі до утворення шламу з вологістю 30–50 %. Такий підхід спрощує досягнення однорідності суміші, полегшує транспортування та забезпечує кращі санітарно-гігієнічні умови праці. Однак значна кількість води у складі призводить до

					КвРАКІТ.2022118.01.18 ПЗ	Арк.
						9
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

вологості 12–16 % і формування гранул, які потім обпалюються. У напіввологодому способі шлам зневоднюється до 18–20 % вологості за допомогою фільтр-пресів. Такі підходи дозволяють частково знизити теплові витрати, але вимагають складнішого обладнання та вищих витрат на його обслуговування.

1.6 Етапи виготовлення цементу

Спочатку відбувається підготовка сировини. Крейда, глина та вапняк після подрібнення надходять у млин, де утворюється глиняний шлам шляхом додавання води. Потім шлам за допомогою насоса потрапляє в інший млин для подальшого змішування з водою, утворюючи сировинний шлам (вологість — близько 40%) [9, 10].

Після завершення первинного подрібнення шламу, він відкачується з млину за допомогою насоса, проходить процес просіювання через сита та надходить у сировинний млин.

У сировинному млині здійснюється додаткове подрібнення шламу шляхом його перетирання сталевими кулями діаметром 40–50 мм, в результаті чого розмір частинок досягає близько 200 мкм. Отриманий шлам із вологістю близько 40 % подається до вертикальних шламових басейнів висотою 20 метрів, де виконується коригування хімічного складу сировини.

Існує два підходи до коригування складу шламу:

- порційне коригування, при якому до основної маси додаються шлами з підвищеним або зниженим вмістом окремих компонентів;
- потокове коригування, що передбачає приготування двох різних шламів, які відрізняються за складом і коефіцієнтом насичення, з подальшим регулюванням їх співвідношення для досягнення необхідного складу суміші.

Завершальні етапи підготовки шламу та виробництво клінкеру. У горизонтальних шламових басейнах великої місткості здійснюється коригування

						КвРАКІТ.2022118.01.18 ПЗ	Арк. 11
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата			

хімічного складу шламу шляхом змішування компонентів у необхідному співвідношенні. Для забезпечення однорідності суміші шлам інтенсивно переміщується за допомогою систем подачі стисненого повітря.

Із вертикальних шламових басейнів підготовлений матеріал за допомогою насосного обладнання перекачується до горизонтальних шламових резервуарів. Після проведення контролю якості та підтвердження відповідності складу встановленим технічним вимогам, сировинна суміш подається на шламоживильник обертової печі.

Для забезпечення ефективної роботи обертових печей необхідно гарантувати постійну подачу сировинної суміші з оптимальним та стабільним складом. Якість цієї суміші визначає продуктивність печі, питомі витрати теплової енергії на випал, зносостійкість футерування, а також впливає на кінцеву якість цементу.

До обертової печі подається природний газ (CH_4) як основне паливо. Гранули клінкеру розміром 20–50 мм, що утворені на виході з печі, направляються до колосникового холодильника. В холодильнику відбувається охолодження клінкеру від температури 1350 °С до 200 °С. З холодильника охолоджений клінкер транспортується ковшовим транспортером на відкритий склад, де формується проміжний запас клінкеру. Такий підхід дозволяє забезпечити безперебійну роботу заводу. Також, витримка клінкеру на складі сприяє покращенню якості цементу.

Доменний шлак та гіпсовий камінь також подаються на склад. Шлак доставляється залізничним транспортом і потім транспортується до цеху підсушки шлаку автомобілями. Перед тим як шлак надійде на склад клінкеру, з нього попередньо видаляється волога в сушильному барабані. Через електрофільтр та димосос відпрацьований енергоносій виводиться у атмосферу.

Склад добавок. Різні марки цементу (від М200 до М600) відрізняються за властивостями та призначенням. Активні мінеральні добавки (наприклад,

						КвРАКІТ.2022118.01.18 ПЗ	Арк. 12
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата			

пуцолани) додають вапну гідравлічні властивості. Вони реагують із гідроксидом кальцію, утворюючи водостійкі з'єднання.

Активні мінеральні добавки — це речовини, які при змішуванні з повітряним вапном надають йому водостійкість після тверднення. Зазвичай повітряне вапно не застосовується у вологому середовищі, однак у присутності активних мінеральних добавок воно набуває гідравлічних властивостей.

Такі добавки містять кремнезем в аморфному стані, які також називають гідравлічними або пуцолановими, що активно реагує з гідроксидом кальцію, який є складовою вапна або утворюється під час гідратації портландцементу. У результаті цієї реакції виникають гідросилікати кальцію, що є практично нерозчинними у воді.

У результаті взаємодії активних мінеральних добавок із гідроксидом кальцію розчинна складова цементного каменю — $\text{Ca}(\text{OH})_2$ — перетворюється на водостійке, практично нерозчинне з'єднання. Основна мета застосування таких добавок полягає у зниженні вмісту клінкерної складової в цементі при одночасному покращенні його експлуатаційних властивостей

Обертова піч має кілька зон:

- підсушування (150–200 °С);
- підігрів (700–800 °С);
- декарбонізація (1000–1100 °С);
- спікання (1350–1450 °С);
- попереднє охолодження.

Це дозволяє поступово обробляти матеріал, забезпечуючи якісний випал клінкеру.

Сировинна суміш перетворюється на цементний клінкер, проходячи послідовно всі технологічні зони.

Корпус обертової печі може мати постійний або змінний діаметр по всій довжині. Окремі зони у печах зі змінним діаметром, такі як зона спікання та підсушування, мають розширення для поліпшення умов теплової обробки.

Порівняно з конструкціями зі змінним діаметром у печах із корпусом постійного діаметру, досягається низка експлуатаційних переваг:

- рівномірно розподіляється навантаження на опорні вузли печі
- подовжується міжремонтний інтервал;
- спрощуються футерувальні та ремонтні роботи, зменшуються їх витрати;
- зменшується винос пилу;
- підвищується зносостійкість футерування;

Теплообмінними пристроями оснащуються обертові печі. Такі пристрої призначені для зниження витрат палива. Такі пристрої можуть бути вбудовані безпосередньо в конструкцію печі або встановлені окремо.

Для охолодження клінкеру передбачено застосування холодильників, які можуть бути як самостійно розміщеними, так і закріпленими безпосередньо на корпусі печі.

Очищення відхідних газів від пилу здійснюється за допомогою пилоочисного обладнання, до якого належать:

- електрофільтри;
- циклонні апарати;
- пилова камера;
- рукавні фільтри з підвищеною термостійкістю та інші високотемпературні фільтраційні установки.

Температура клінкера на виході із печі становить орієнтовно 1250–1350 °С. У такому стані його транспортування та подальша переробка практично неможливі через надмірно високу температуру.

									Арк.	
									14	
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата	КВРАКІТ.2022118.01.18 ПЗ					

При цьому рекуперация теплоти в піч дозволяє істотно покращити тепловий баланс агрегату та знизити витрати паливних ресурсів. Цей ефект досягається шляхом охолодження клінкеру в спеціальному холодильнику, де як охолоджувальне середовище використовується повітря, яке після нагрівання спрямовується назад у піч для підтримання процесу згоряння палива.

Підготовка до транспортування. Після охолодження клінкер подається в бункер цементного млина, звідки через тарільчастий живильник надходить до млина з метою помелу цементу. Отриманий цемент за допомогою пневматичних насосів транспортується трубопроводом до повітряного сепаратора, де відокремлюється готовий продукт, який направляється до цементних складів (металевих або цегляних), а крупні частинки для додаткового помелу повертаються до млина.

При використанні мокрого способу виробництва наявність води сприяє спрощенню процесу подрібнення сировини, полегшує досягнення однорідності суміші, забезпечує зручніше транспортування шламу та покращує санітарно-гігієнічні умови праці. Зазначені переваги зумовили широке впровадження мокрого способу виробництва в українській цементній промисловості, на який припадає близько 85 % загального обсягу випуску клінкеру. Втім, високий вміст води у шламi (30–50 % від маси) істотно впливає на енерговитрати, оскільки потребує значної кількості теплоти на випаровування. Це призводить до збільшення питомих витрат тепла на 30–40 % у порівнянні з сухим способом виробництва.

У результаті цього збільшуються габаритні розміри та металоємність печей, оскільки значна частина їхньої довжини витрачається на випаровування вологи зі шламу, що ускладнює конструкцію обладнання та підвищує експлуатаційні витрати.

Блок завантаження мінеральних добавок. У виробництві цементу важливу роль відіграє блок завантаження добавок, куди матеріали надходять зі складу

										Арк.
										15
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата						

після дроблення та сушіння. Далі вони транспортуються до клінкерного блоку відповідно до технологічного регламенту.

Введення активних мінеральних добавок (25–40 %) під час помелу цементу покращує гідратацію клінкерних мінералів та дозволяє зменшити витрати цементу до 25 % без втрати міцності для бетонів марки 300 і нижче.

Завдання автоматизації:

- контроль витрати й ваги матеріалу;
- керування запуском і зупинкою;
- контроль рівня завантаження;
- зберігання технологічних рецептів.

Для безперервної подачі встановлено тарільчастий живильник типу Т1 з рухомою таріллю, який дозує сипучі матеріали шляхом обертання тарілки від електропривода через варіатор. Продуктивність регулюється зміною частоти обертання.

1.7 Висновки до першого розділу

В першому розділі кваліфікаційної роботи виконано огляд призначення системи, склад, а також визначено основні вимоги та функції автоматизованої системи керування виробництвом цементу. Також у цьому розділі наведено основні методи виготовлення цементу: вологий та сухий. Описано їх переваги та недоліки. Визначені основні етапи виготовлення цементу. Розроблено завдання да автоматизованої системи виготовлення цементу.

						КвРАКІТ.2022118.01.18 ПЗ	Арк. 16
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата			

2 ПРОЄКТУВАННЯ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ КОНТРОЛЮ ДОЗУВАННЯ МІНЕРАЛЬНИХ РЕЧОВИН

2.1 Проєктування структурної схеми

Одним із пріоритетних напрямів удосконалення цементного виробництва є контроль регулювання рівня компонентів при завантаженні живильника, що забезпечує контроль подачі мінеральних добавок до млина.

Додавання мінеральних та хімічних добавок до складу цементу дозволяють досягати низки технічних і експлуатаційних переваг:

- збільшення стійкості цементного розчину до вологи;
- контроль рівня усадки цементу — як збільшення, так і зменшення;
- регулювання тепловиділення під час тверднення;
- поліпшення декоративних властивостей (колір, текстура тощо);
- контроль за густиною цементного тіста;
- підвищення пластичності цементного розчину.

Залежно від вмісту мінеральних добавок, виділяють наступні типи цементу (таблиця 2.1):

Таблиця 2.1 - Типи цементу

Тип цементу	Основна добавка	Переваги	Особливості застосування
Портландцемент (без добавок)	Немає	Висока міцність, швидке тверднення	Загальне будівництво, стандартні конструкції
Шлакопортландцемент	Доменний гранульований шлак (до 50%)	Стійкість до сульфатів, низьке тепловиділення	Підземні, гідротехнічні та сульфатонебезпечні споруди

Кінець таблиці 2.1 - Типи цементу

Пуцолано-вий портландцемент	Природні або штучні пуцолани	Висока довговічність, стійкість до агресивних середовищ	Морські споруди, агресивні середовища
Золовмісний цемент	Зола-винос з ТЕС	Економічний, низьке тепловиділення, екологічний	Масивні споруди, великі об'єми бетонування
Вапняковий цемент	Подрібнений вапняк	Зниження викидів CO ₂ , зменшення вартості	Екологічне будівництво, конструкції з невисоким навантаженням
Гідрофобний цемент	Гідрофобізуючі хімічні добавки	Захищений від вологи при зберіганні	Транспортування та зберігання в умовах високої вологості
Сульфатостійкий цемент	Знижений вміст СзА (хімічна модифікація)	Стійкість до сульфатної корозії	Каналізаційні, підземні, морські та промислові об'єкти
Швидкотвердіючий цемент	Прискорювачі тверднення	Швидке нарощування міцності	Швидкокомтовані конструкції, аварійні роботи
Композитний цемент	Комбінація кількох мінеральних добавок	Баланс властивостей, економічність, гнучкість у застосуванні	Широке застосування в будівництві різного типу

Впровадження автоматизованих систем регулювання сприяє: підвищенню якості кінцевої продукції; стабільності та точності дозування; оптимізації витрат ресурсів; зменшенню впливу людського фактора.

У разі відсутності автоматизації можуть бути спровоковані наступні наслідки: перевитрати дорогих або дефіцитних сировинних матеріалів; зниження якості та споживчої цінності цементу; зростання собівартості готової продукції.

Автоматизована система управління технологічним процесом (АСУ ТП) створюється з метою забезпечення ефективного, стабільного та безпечного функціонування виробництва. Однією з головних цілей є підвищення ефективності виробничих процесів шляхом оптимізації використання ресурсів

— сировини, енергії та часу, а також зменшення втрат і простоїв на всіх етапах технологічного циклу. Не менш важливою задачею є забезпечення стабільності параметрів технологічного процесу. Система дозволяє точно підтримувати задані режими роботи обладнання, що мінімізує вплив людського фактора і сприяє підвищенню якості готової продукції. АСУ ТП також сприяє забезпеченню високого рівня промислової безпеки. Вона дає змогу оперативно реагувати на відхилення від норм, автоматично виявляти загрозові ситуації та своєчасно вживати заходів для їх усунення. Крім того, система дозволяє зменшити витрати на технічне обслуговування обладнання за рахунок прогнозування несправностей та запобігання аваріям. Завдяки автоматизації знижується потреба в великій кількості обслуговуючого персоналу. Також АСУ ТП забезпечує збір, зберігання та обробку інформації про всі етапи технологічного процесу. Це створює основу для глибокої аналітики, підвищує обґрунтованість управлінських рішень та дає змогу проводити оперативний контроль і оптимізацію виробництва. Нарешті, важливою перевагою є гнучкість і масштабованість системи, що дозволяє адаптувати її до змін у технології, модернізації обладнання або розширення виробництва.

Автоматизована система керування виробництвом цементу виконує автоматизоване керування технологічним процесом у реальному часі з урахуванням вимог безпеки та виробничого регламенту.

Функціональні можливості системи контролю дозування мінеральних добавок включають:

- можливість ручного керування всіма вузлами установки для проведення пуско-налагоджувальних робіт та технічного обслуговування.
- автоматичне дозування компонентів для забезпечення безперервної та стабільної подачі суміші на наступні стадії технологічного процесу.
- автоматизований запуск і зупинка процесів подачі, дозування, змішування сировини,

						КвРАКІТ.2022118.01.18 ПЗ	Арк. 19
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата			

- запис, збереження та використання рецептур для приготування сумішей згідно з виробничими вимогами.
- керування відвантаженням готової продукції.
- доступ до інформації про хід роботи системи, рецептуру, ведення архіву подій, моніторинг показників змішувальної установки та можливість друку архівних даних для аналізу та звітності.
- контроль параметрів обладнання, відображення стану технологічного процесу, контроль точності дозування та якості змішування в режимі реального часу.

Склад автоматизованої системи управління технологічним процесом (АСУ ТП) включає такі основні компоненти:

- автоматизоване робоче місце оператора (АРМ) — забезпечує моніторинг і керування технологічним процесом за допомогою інтерфейсу SCADA або HMI.
- панель (пульт) управління — використовується для ручного або напівавтоматичного керування обладнанням на місці.
- прикладне програмне забезпечення — реалізує логіку управління, візуалізацію, облік і архівування даних про процес.
- сенсори та електронні ваговимірювальні пристрої (тензодатчики) — відповідають за точне визначення маси сировинних компонентів і контроль параметрів.
- автоматичний дозатор компонентів — виконує точне дозування матеріалів згідно з рецептурою в автоматичному режимі

На рисунку 2.1 наведено структуру автоматизованої системи, побудовано у вигляді трирівневої ієрархії: нижній рівень, середній рівень, верхній рівень.

Функції середнього рівня забезпечуються локальним ПЛК у поєднанні з комунікаційними інтерфейсами.

ПЛК відповідає за виконання наступних функцій:

- отримання, попередня обробка та архівація інформації щодо основних технологічних параметрів;
- реалізація логічного автоматичного управління й регулювання та забезпечення обміну даними з автоматизованими робочими місцями (АРМ).

Інформаційно-обчислювальний рівень (верхній) реалізовано у вигляді локальної мережі, що поєднує персональні комп'ютери та сервер з базою даних. Диспетчерські та операторські ПК працюють на базі ОС Windows 11 і використовують SCADA-систему для моніторингу та управління процесами.

Верхній рівень автоматизованої системи забезпечує реалізацію наступних функцій:

- збір і обробка даних від локальних контролерів, включаючи їх масштабування;
- забезпечення синхронної роботи всіх підсистем шляхом підтримки єдиного системного часу;
- створення та ведення технологічної бази даних;
- створення звітів і протоколів подій;
- організація інтерфейсу взаємодії оператора з системою керування;
- генерація звітної документації відповідно до вимог виробництва.

2.2 Проектування функціональної схеми

Функціональна схема автоматизації — це логічна модель роботи автоматизованої системи, яка дає загальне уявлення про її структуру, функції та взаємодію елементів [22-25].

											Арк.
											22
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата	КвРАКІТ.2022118.01.18 ПЗ						

Призначення функціональної схеми:

- показати які функції виконує система автоматизації;
- відобразити взаємодію між складовими: датчиками, контролерами, виконавчими механізмами, ПК;
- допомогти в розробці, налаштуванні та обслуговуванні автоматизованих систем;
- служити основою для створення електричних або принципівих схем.

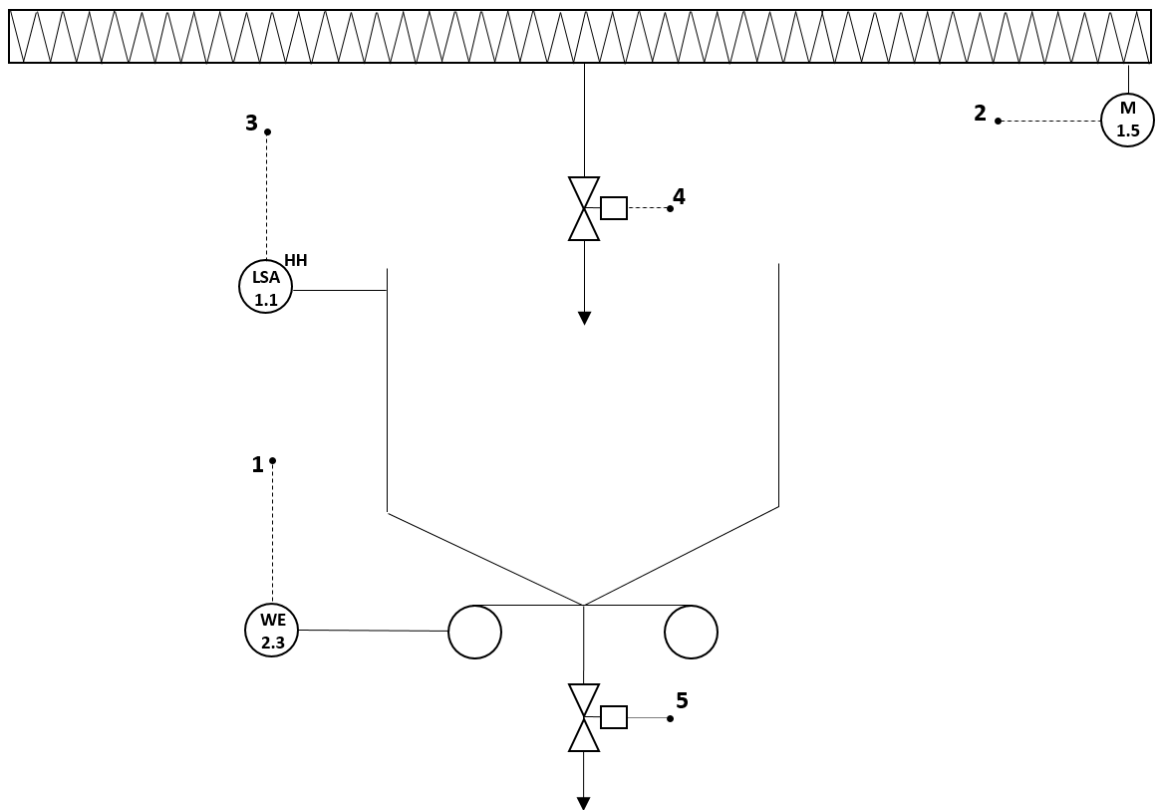
Будується функціональна схема у вигляді умовних зображень, за допомогою яких зображаються усі елементи дистанційного керування, автоматичного керування, сигналізації системи, необхідного регулювання параметрів системи. Із використанням ліній функціонального зв'язку між елементами системи керування наводяться канали взаємодії.

Функціональна схема запропонованої автоматизованої системи наведена на рисунку 2.2 і виконана згідно вимог ДСТУ Б А.2.4-12:2009.

На схемі функціональній автоматизованої системи контролю дозування мінеральних добавок наведені наступні позначення:

- LSA 1.1 – контактний рівнемір, встановлений на об'єкті, призначений для вимірювання рівня матеріалу. Реле рівня забезпечує блокування та видачу сигналу тривоги при досягненні верхнього допустимого рівня;
- BSHH 1.2 – безшкальний прилад для контролю верхнього рівня з контактним пристроєм, встановлений на щиті. Є вторинним засобом вимірювання (реле рівня), що використовується для сигналізації та/або блокування при досягненні граничного рівня. При позначенні на схемах застосовується резервна літера «В» відповідно до стандарту умовних графічних познач;

											Арк.
											23
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата							



	1.	2.	3.	4.	5.
По місцю	WT 1.2				
На щиті	HL 1, WIRSA 1.3		BSHH 1.2	HSA 1.1	HSA 2.1, GE 1.2, GE 2.2, GE 1.3, GE 2.3
SCADA					Моніторинг
					Реєстрація
					Керування

Рисунок 2.2 – Функціональна схема автоматизованої системи контролю дозування мінеральних добавок

– рівень поточного зберігання (середній рівень) — відповідає за тимчасове зберігання і обробку даних, забезпечує комунікацію між нижнім та верхнім рівнями;

– рівень архівного зберігання (верхній рівень) — призначений для тривалого зберігання даних, їх аналізу, формування звітів та підтримки роботи операторів.

Схема інформаційних потоків автоматизованої системи контролю дозування мінеральних добавок (рисунок 2.3) включає в себе:

– первинні джерела інформації (польовий рівень): датчики ваги та рівня на силосах з мінеральними добавками; дозатори (шнекові або стрічкові), оснащені датчиками положення та швидкості; датчики температури та вологості (при необхідності).

– рівень передачі інформації: сигнали від датчиків надходять до локальних контролерів (ПЛК) через аналогові та цифрові входи; використовуються стандартизовані протоколи зв'язку (Modbus, Profibus, Ethernet) для обміну даними;

– рівень обробки та керування (контролерний рівень): ПЛК здійснює збір, фільтрацію та первинну обробку сигналів; на основі алгоритмів контролю та заданих уставок ПЛК регулює подачу мінеральних добавок, змінюючи швидкість дозаторів; ПЛК формує сигнали аварійної сигналізації при виході параметрів за допустимі межі.

– рівень операторський (верхній рівень): дані з ПЛК передаються у SCADA-систему на робочі місця операторів; SCADA здійснює збір, масштабування, архівацію даних та візуалізацію параметрів процесу; оператор може коригувати параметри дозування, переглядати аварійні повідомлення та формувати звіти.

– зворотній зв'язок: команди оператора через SCADA передаються ПЛК для коригування роботи дозаторів; ПЛК контролює виконання команд і коригує процес у реальному часі.

– архівування та аналітика: вся технологічна інформація зберігається в базі даних; використовується для подальшого аналізу, оптимізації процесу та звітності.

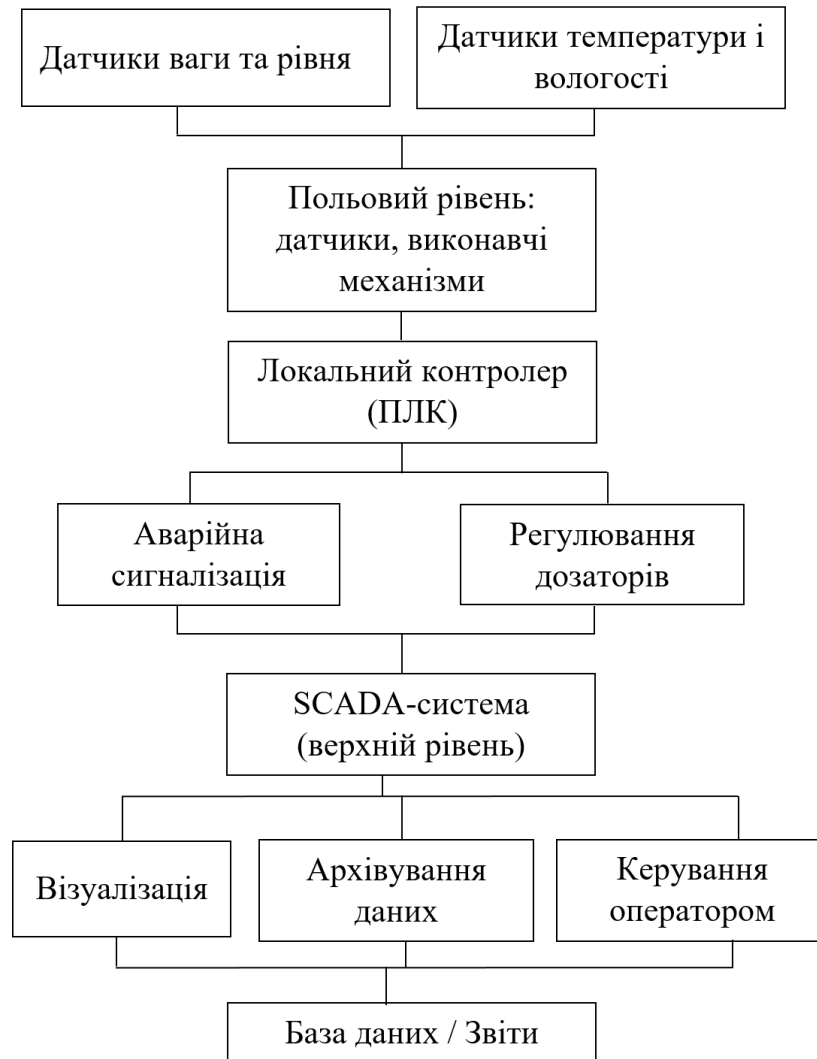


Рисунок 2.3 – Схема інформаційних потоків автоматизованої системи контролю дозування мінеральних добавок

2.4 Вибір компонентів автоматизованої системи контролю дозування мінеральних добавок

Для впровадження проекту автоматизованої системи необхідно обрати відповідні програмно-технічні засоби та провести аналіз їх сумісності. До складу програмно-технічних засобів АС входять вимірювальні і виконавчі пристрої, контролерне обладнання, а також системи сигналізації.

Вимірювальні пристрої відповідають за збір даних про технологічний процес, тоді як виконавчі пристрої перетворюють електричну енергію у механічну або інші фізичні величини для впливу на об'єкт управління згідно до заданого алгоритму. Обчислювальні та логічні операції, що необхідні для керування процесом, виконує контролерне обладнання.

2.4.1 Контролер

Вибір контролера здійснюється на основі порівняння декількох контролерів.

– Siemens S7-1200 – відповідає високим промисловим стандартам, витримує жорсткі умови експлуатації, підходить як для малих, так і великих систем автоматизації; підтримує промислові протоколи: PROFINET, Modbus TCP, що забезпечує легку інтеграцію з іншими системами;

– Allen-Bradley MicroLogix 1400 – добре працює з іншими пристроями Allen-Bradley та Rockwell Automation, популярний в Північній Америці, відомий своєю стабільністю в промислових умовах;

Schneider Electric Modicon M221 – ідеальний для невеликих та середніх проектів, підтримка Modbus TCP, Ethernet/IP. економічний варіант без втрати функціональності;

						КвРАКІТ.2022118.01.18 ПЗ	Арк. 28
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата			

Mitsubishi FX5U – потужний процесор дозволяє виконувати складні алгоритми в реальному часі; ідеально підходить для компактних систем автоматизації, підтримка Modbus RTU, Ethernet, широко застосовується в Азії, має добру репутацію за стабільність;

– Omron CJ2M – дає змогу гнучко конфігурувати систему під різні задачі, висока продуктивність для складних проектів, підтримка Ethernet/IP, Modbus TCP, забезпечує інтеграцію з різними системами, висока надійність і тривалий термін служби.

У таблиці 2.2 наведено порівняння основних характеристик зазначених контролерів.

При виборі контролера для автоматизованої системи виробництва цементу, потрібно орієнтуватись на наступні критерії:

– надійність та стабільність роботи в жорстких умовах (пил, вібрації, перепади температур) — це критично для цементної промисловості.

– можливість розширення системи з урахуванням подальшого розвитку виробництва.

– підтримка промислових протоколів для безперебійної інтеграції з іншими системами.

– зручність програмування та діагностики — щоб зменшити час на обслуговування.

– наявність локальної підтримки і доступність сервісу у вашому регіоні.

Із врахуванням зазначеного було обрано контролер Siemens S7-1200, який є дуже популярним у промисловості, має гарну захищеність, гнучкі можливості, зручний TIA Portal, який інтегрує програмування, налаштування та діагностику.

Дуже добре підходить для середніх та великих систем. На рисунку 2.4 наведено зовнішній вигляд контролера.

Для забезпечення обміну даними між контролером та пристроями польового рівня, потрібно використати шлюзи та комунікатори. У таблиці 2.3 наведено моделі шлюзів для інтеграції HART-пристроїв з контролером Siemens S7-1200.

Таблиця 2.2 – Порівняльна характеристика контролерів

Параметр	Siemens S7-1200 [26]	Allen-Bradley MicroLogix 1400 [27]	Schneider Electric Modicon M221 [28]	Mitsubishi FX5U [29]	Omron CJ2M [30]
Кількість входів/виходів	До 50 I/O	До 80 I/O	До 32 I/O	До 48 I/O	До 256 I/O
Об'єм пам'яті програм	50 KB	12 KB	30 KB	64 KB	64 KB
Програмування	TIA Portal (Ladder, FBD)	RSLogix 500	EcoStruxure Control Expert	GX Works3	CX-Programmer
Підтримка протоколів	PROFINET, Modbus TCP	Ethernet/IP, Modbus RTU	Modbus TCP, Ethernet/IP	Modbus RTU, Ethernet	EtherNet/IP, Modbus TCP
Макс. швидкість процесора	100 MHz	50 MHz	100 MHz	120 MHz	120 MHz
Кількість вбудованих аналогових входів	2-4	2-4	2	4	8
Розширюваність	Так, модульна система	Так, розширення модулів	Так	Так	Так
Ціна (орієнтовно)	Середня	Вища	Середня	Низька-середня	Вища
Особливості	Інтеграція з TIA Portal, широкі можливості	Хороша сумісність з Allen-Bradley системами	Добра сумісність з EcoStruxure	Компактний, потужний для малих/середніх проектів	Велика кількість модулів, стабільна робота



Рисунок 2.4 – Зовнішній вигляд контролера Siemens S7-1200

Таблиця 2.3 – Моделі шлюзів для інтеграції HART-пристроїв

Модель	Особливості	Переваги
ProComSol QXH-GWY-IP [31]	<ul style="list-style-type: none"> – підтримка до 4 HART-пристроїв; – інтерфейс Ethernet для зв'язку з S7-1200; – конвертація HART у Modbus TCP/IP або HART-IP 	<p>проста інтеграція в мережу Ethernet, популярний вибір для промислової автоматизації</p>
Emerson Rosemount 1420 [32]	<ul style="list-style-type: none"> – підтримка до 4 HART-пристроїв; – підключення через Modbus RTU або Modbus TCP; – компактний корпус для монтажу в щит 	<p>перевірене рішення, надійне, добре документоване</p>

Кінець таблиці 2.3 – Моделі шлюзів для інтеграції HART-пристроїв

Softing HART-IP Gateway [33]	– підтримка Ethernet, Modbus TCP/IP; – просте налаштування та сумісність з різними контролерами	гнучкість у використанні, підтримка великої кількості пристроїв
------------------------------	--	---

Для запропонованої автоматизованої системи обрано ProComSol QXN-GWY-IP, оскільки його перевагою є проста інтеграція у мережу Ethernet та є можливість конвертації HART у Modbus TCP/IP або HART-IP.

2.4.2 Бункерний дозатор

Бункерний дозатор — це обладнання, призначене для точного дозування сипучих або гранульованих матеріалів у заданих кількостях, зазвичай у виробничих лініях. Бункерні дозатори — це ключовий елемент точного виробництва, що зменшує витрати і покращує якість продукції. Його головна мета — забезпечити стабільну, керовану подачу компонентів у технологічний процес.

Типовими сферами їх застосування є: виробництво цементу та бетону; будівельні суміші (клей, штукатурка); харчова промисловість (для сипучих інгредієнтів); грануляція, агропромисловість, полімери.

Основними функціями бункерного дозатора є відмірювання потрібної кількості цементу, піску, вапна, гранулятів тощо; можливість інтегрування дозатора у виробничу систему за рахунок використання вбудованих контролерів; похибка дозування зазвичай становить від $\pm 0,1\%$ до $\pm 1\%$; забезпечення рівномірного завантаження змішувачів, екструдерів, бетонозмішувачів тощо; мінімізація ручного втручання, що підвищує ефективність і якість продукції.

доступ до основних вузлів. Також пристрій має бути стійким до зовнішніх впливів та мати відповідний ступінь захисту, наприклад, IP65, що дозволяє використовувати його у складних виробничих умовах.

Бункерні ваги – це спеціалізовані вагові пристрої, призначені для зважування сипучих або гранульованих матеріалів безпосередньо в бункері під час зберігання, транспортування чи дозування. Основною особливістю таких ваг є можливість інтеграції в автоматизовані виробничі процеси, де необхідне точне дозування або контроль маси матеріалу на певному етапі технологічного циклу.

Конструктивно бункерні ваги складаються з самого бункера, тензометричних датчиків, які вимірюють навантаження, несучої конструкції, контролера (часто на базі ПЛК), а також механізмів для завантаження та розвантаження матеріалу. Тензодатчики передають інформацію про вагу в систему керування, яка, у свою чергу, може здійснювати автоматичне керування процесом дозування або зважування.

Перевагами бункерних ваг є висока точність вимірювання, стабільність результатів, можливість автоматичної роботи без постійного втручання оператора, а також сумісність із сучасними цифровими системами керування. Завдяки цьому бункерні ваги знайшли широке застосування в різних галузях промисловості: у будівництві (зважування цементу, піску), у харчовій промисловості (борошно, цукор), сільському господарстві (зерно, комбікорми), хімічній промисловості (грануляти, порошки) тощо.

У деяких випадках бункерні ваги працюють за принципом статичного зважування — коли зважування відбувається після зупинки подачі матеріалу. В інших — за принципом динамічного зважування, коли маса визначається безперервно під час руху матеріалу. У складі дозувальних систем бункерні ваги можуть оснащуватися спеціальними клапанами або шнеками, що забезпечують подачу точно заданої кількості матеріалу.

Основні функції бункерних ваг можна визначити наступні:

									Арк.
									35
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата	КВРАКІТ.2022118.01.18 ПЗ				

- зважування сипучих матеріалів. Бункерні ваги забезпечують точне визначення маси матеріалу, який надходить до бункера або вивантажується з нього. Це ключова функція для контролю витрат сировини;
- дозування за заданою масою. Система забезпечує автоматичне відсічення подачі матеріалу при досягненні заданої ваги. Це дозволяє реалізувати порційне дозування для виробничих процесів;
- накопичення матеріалу. Бункер може одночасно виконувати функцію накопичувача, що дає змогу організувати буферний запас між подачею та подальшою переробкою;
- автоматичне керування подачею. У комплексі з шнековими живильниками або конвесрами ваги керують початком та завершенням подачі матеріалу, забезпечуючи безперервний або циклічний режим роботи;
- інтеграція з системами SCADA / PLC. Бункерні ваги можуть бути інтегровані в систему автоматичного керування (SCADA або ПЛК), що дозволяє: вести облік матеріалів, налаштовувати рецептури дозування, контролювати процес у реальному часі;
- реєстрація та архівування даних. Фіксація кожної порції, контроль статистики споживання сировини, автоматичне збереження звітів — важливо для виробничої аналітики.

Всі наведені раніше операції — зважування, дозування, накопичення, керування подачею та інтеграція з автоматизованими системами — можуть виконуватися одночасно під час обліку та/або дозування сипучих матеріалів. Сучасні бункерні ваги, як правило, працюють у повністю автоматизованому режимі, що мінімізує втручання оператора та підвищує точність і надійність процесу. Такі системи постачаються з вбудованим програмним забезпеченням, яке забезпечує: налаштування параметрів дозування; керування рецептами;

					КвРАКІТ.2022118.01.18 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		36

моніторинг стану обладнання; ведення обліку продуктивності та архівування даних; взаємодію з SCADA або іншими системами верхнього рівня.

Тензодатчик є ключовим елементом автоматизованої системи дозування, який забезпечує точне вимірювання маси речовини, що подається. Його основна функція полягає в тому, щоб перетворювати механічне навантаження (вагу матеріалу) у електричний сигнал. Цей сигнал обробляється контролером або мікропроцесором, який відповідає за точне дозування матеріалу згідно з заданими параметрами.

У процесі дозування матеріал подається на платформу або вмістилище, обладнане тензодатчиком. Коли маса досягає запрограмованого значення, система автоматично припиняє подачу. Таким чином досягається висока точність та повторюваність дозування, що особливо важливо при виготовленні будівельних сумішей.

Завдяки використанню тензодатчиків, автоматизовані системи можуть працювати без участі людини, забезпечуючи стабільну якість продукції та зменшуючи витрати на виробництво.

2.4.3 Сенсор рівня

Рівнеміри — це прилади для вимірювання рівня рідин, сипучих матеріалів або пастоподібних речовин у резервуарах, трубопроводах та інших ємностях. Вони поділяються на кілька основних типів залежно від принципу дії, середовища вимірювання та умов експлуатації: контактні, безконтактні, інші.

Контактні рівнеміри мають прямий контакт із середовищем і поділяються на:

– поплавкові – найпростіший тип; використовують поплавок, що змінює своє положення залежно від рівня рідини;

широкого спектру сипучих матеріалів. Рівнемір KROHNE OPTIWAVE 6400 спеціально розроблений для вимірювання рівня сипучих матеріалів. Його конструкція дозволяє ефективно працювати в умовах з високим вмістом пилу та вологи.

На основі наведеної інформації запропоновано використовувати рівнемір Siemens SITRANS LR560. Зовнішній вигляд наведено на рисунку 2.5.



Рисунок 2.5 – Зовнішній вигляд рівнеміра Siemens SITRANS LR560

Основні технічні характеристики рівнеміра Siemens SITRANS LR560:

- тип сигналу: FMCW (Frequency Modulated Continuous Wave)
- частота: 78 ГГц
- діапазон вимірювання: до 100 м
- температурний діапазон: від -40°C до +200°C
- тиск процесу: до 3 бар
- точність: ± 5 мм
- кут променя: 4°
- матеріал корпусу: нержавіюча сталь 316L

3 АЛГОРИТМІЧНЕ ТА ПРОГРАМНЕ ПРОЄКТУВАННЯ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ

3.1 Розробка алгоритму роботи автоматизованої системи контролю дозування при виготовленні цементу

Алгоритм роботи запропонованої системи контролю дозування при виготовленні цементу (рисунок 3.1) містить наступні етапи:

- початок;
- завантаження рецептури: (вказуються пропорції: клінкер, гіпс, добавки тощо);
- зважування компонентів: клінкеру, гіпсу, добавок;
- перевірка точності дозування;
- якщо вага у межах допустимого відхилення, то виконувати наступні етапи;
- якщо ні, то повідомити про помилку та провести корегування ваги;
- змішування компонентів;
- контроль однорідності суміші;
- якщо суміш однорідна то виконувати наступні етапи;
- якщо ні, то провести додаткове змішування та надіслати повідомлення про помилку;
- відвантаження готового цементу;
- кінець.

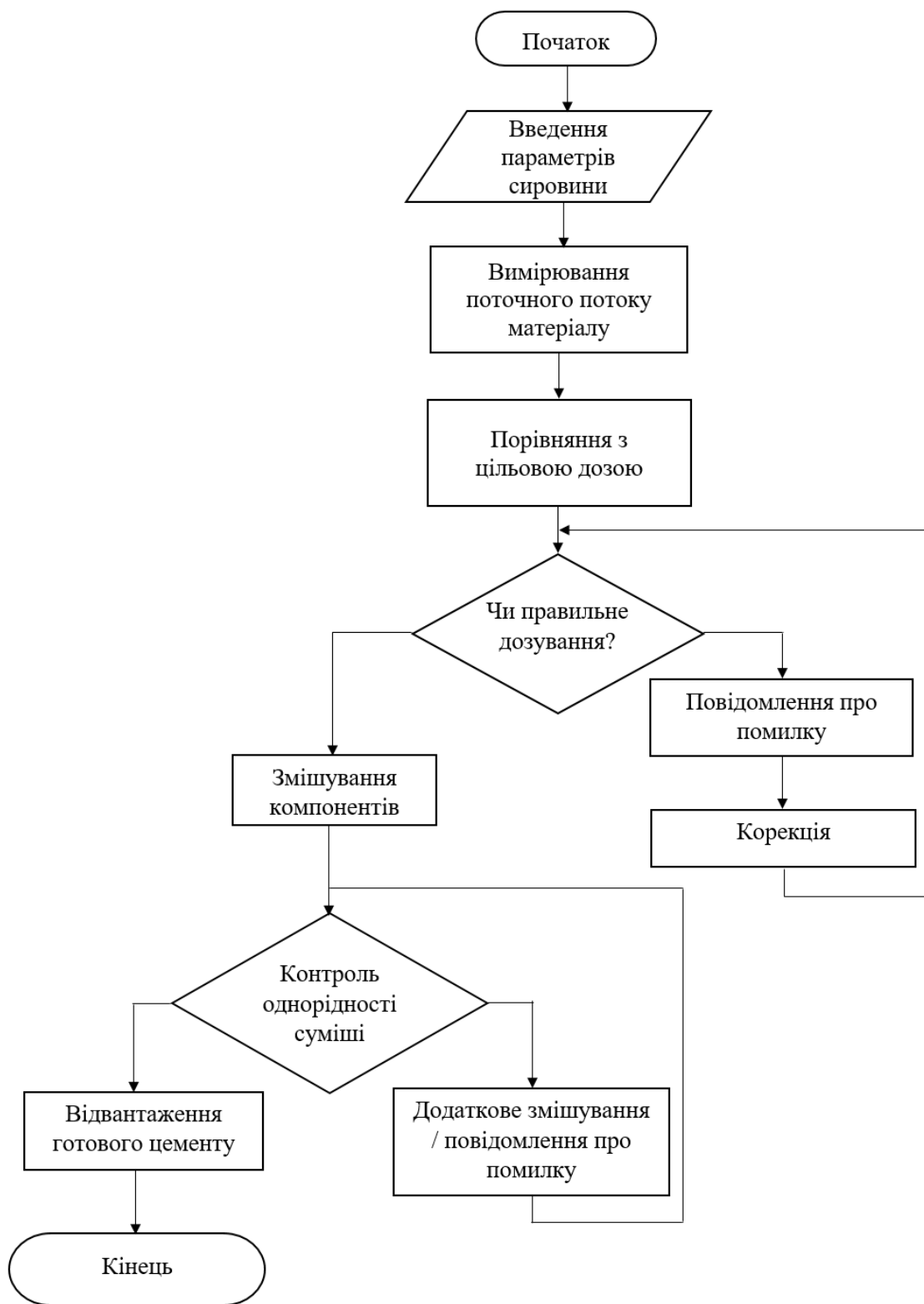


Рисунок 3.1 – Алгоритм роботи автоматизованої системи контролю дозування при виготовленні цементу

Нижче наведено опис алгоритму контролю дозування при виготовленні цементу. Процес розпочинається з ініціалізації системи контролю дозування. Далі відбувається завантаження рецептури цементу, яка містить точні пропорції основних компонентів: клінкеру, гіпсу та мінеральних або хімічних добавок. Після цього відбувається зважування кожного компоненту. Кожен компонент зважується окремо: зважується необхідна кількість клінкеру, зважується необхідна кількість гіпсу, зважується необхідна кількість добавок. На наступному етапі відбувається перевірка точності дозування. Система перевіряє, чи відповідає вага кожного компонента допустимим межах похибки: якщо вага у межах норми – процес продовжується. Якщо виявлено відхилення – подається повідомлення про помилку та здійснюється корекція дозування. Після зважування компонентів та контролю ваги всі компоненти завантажуються у змішувач і перемішуються до досягнення однорідності і здійснюється контроль однорідності суміші: якщо суміш є однорідною – дозволяється наступний етап, якщо суміш неоднорідна – виконується додаткове змішування або видається сигнал про помилку. Після підтвердження якості цементної суміші відбувається її подальше транспортування або фасування.

3.2 Розробка алгоритму автоматичного регулювання

Позиційний закон є найпростішим законом регулювання дозування. За цим принципом компонент подається у дозатор доти, доки маса не досягне заданого значення. Після цього подача припиняється. Однак, через інерційність системи, шнек (або інший механізм подачі) продовжує обертання ще певний час, що призводить до надлишкового надходження матеріалу у живильник. Це, у свою чергу, знижує точність дозування та спричиняє перевитрату сировини.

Таким чином, можливі значні відхилення фактичної ваги від заданого значення при використанні позиційного закону регулювання. Використання

						КвРАКІТ.2022118.01.18 ПЗ	Арк. 44
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата			

пропорційно-інтегрально-диференціального (ПІД) закону регулювання цей недолік можна повністю усунути або хоча б суттєво зменшити шляхом застосування.

ПІД-регулювання [40-42] забезпечує більш точний та стабільний контроль дозування за рахунок одночасного врахування трьох складових:

- пропорційна складова (P) – реагує на поточне відхилення маси від заданого значення. Чим більше відхилення – тим сильнішим є керуючий вплив;
- інтегральна складова (I) – накопичує відхилення з часом і коригує подачу, якщо система систематично недоотримує або перевищує задану вагу;
- диференціальна складова (D) – реагує на швидкість зміни відхилення, що дозволяє згладжувати різкі коливання та запобігати перерегулюванню.

Завдяки поєднанню цих трьох дій, ПІД-регулятор забезпечує плавну, точну і стабільну подачу матеріалу, зменшуючи інерційні ефекти обладнання та підвищуючи загальну точність дозування.

У системах дозування будь-яке перерегулювання слід усувати шляхом налаштування регулятора таким чином, щоб перерегулювання наближалось до нуля під час перехідного процесу, оскільки це негативно впливає на точність дозування.

Для приводу двигуна шнекового живильника обрано скалярний метод керування, що дає можливість підключати кілька шнеків-дозаторів до одного частотного перетворювача. Такий підхід не потребує складних налаштувань та забезпечує простоту реалізації системи.

До електроприводу шнекового дозатора сформульовано основні технічні вимоги з урахуванням специфіки технологічного процесу та вибраного методу регулювання:

- тип керуючого сигналу – цифрово-аналоговий вхід;

									Арк.
									45
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата	КВРАКІТ.2022118.01.18 ПЗ				

- гранична кутова швидкість – 15,6 рад/с;
- характер роботи – короткочасний режим із повтореннями.

Електропривод та всі його компоненти встановлюються в приміщенні з визначеними умовами експлуатації. Температура навколишнього середовища коливається в межах від мінус 30 до плюс 38 градусів Цельсія. При температурі +25 °С відносна вологість повітря 80 %. Частотний перетворювач монтується в електротехнічній шафі, що забезпечує його захист від зовнішніх впливів. Для електродвигуна передбачено ступінь захисту не нижче IP65, що гарантує надійну роботу в умовах підвищеної вологості та пилу.

На рисунку 3.2 наведено структурну схему електроприводу з дозатором.

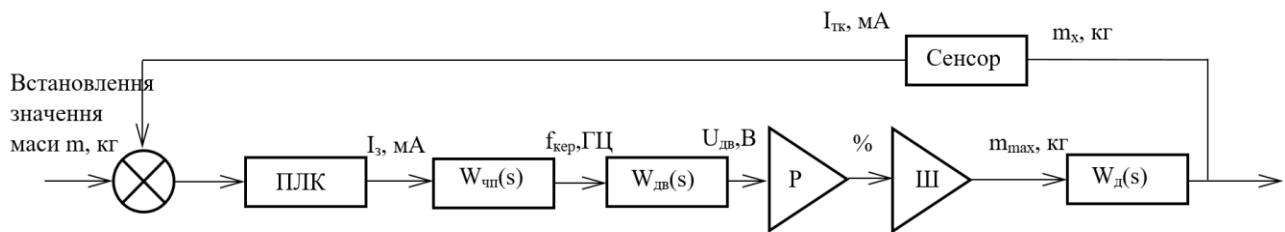


Рисунок 3.2 – Структурна схема електроприводу з дозатором,
де P – редуктор, Ш – шнек, $W_{\text{чп}}(s)$, $W_{\text{д}}(s)$, $W_{\text{дв}}(s)$ –
передатні функції частотного перетворювача, двигуна,
об’єкта керування відповідно

Динамічні властивості об’єкта регулювання ваги можуть бути описані передатною функцією аперіодичного ланцю першого порядку у вигляді (3.1):

$$W(s) = \frac{K_d}{T_d \cdot s + 1}, \quad (3.1)$$

де K_d – середнє значення ваги матеріалу, що надходить на дозатор за певний проміжок часу, причому:

$$K_d = m.$$

T_d – часова стала системи, що визначає швидкість реакції об'єкта на зміну вхідного сигналу;

s – комплексна змінна оператора Лапласа.

$K=1,25$ – коефіцієнт шнека електроприводу.

Ця модель дозволяє з достатньою точністю описати динаміку системи регулювання ваги для проведення практичних розрахунків і налаштування регулятора.

За формою бункери поділяються на наступні:

- циліндричні;
- прямокутні;
- конічні;
- пірамідальні;
- комбіновані (наприклад, циліндрична верхня частина із конічним дном).

В роботі запропоновано обрати бункер у вигляді прямокутного паралелепіпеда (рисунок 3.3).

За виразом (3.2) обчислюється висота бункера:

$$h_6 = \frac{V}{ab}, \quad (3.2)$$

де h_6 – висота бункера, V – об'єм бункера, a та b – довжини основи бункера.

$$t_3 = \sqrt{\frac{2h_{\text{ст}}}{g}}. \quad (3.5)$$

При розрахунках вважається, що мала постійну часу контуру ваги, яка не компенсується, є рівною затримці транспортній шнекового живильника. Її значення визначено за формулою (3.5) при умові незаповненого бункера-дозатора експериментальної установки та становить $t_3 = 0,23$ с.

Диференціальне рівняння, що описує динаміку асинхронного двигуна наведено формулою (3.6):

$$T_{\text{дв}} \frac{d\omega}{dt} + \omega = k_{\text{дв}} \cdot f, \quad (3.6)$$

де $T_{\text{дв}}$ – постійна часу, $k_{\text{дв}}$ – коефіцієнт передачі, які визначається із врахуванням технічних параметрів двигуна.

Коефіцієнт передачі двигуна визначається як відношення номінальної кутової швидкості обертання $\omega_{\text{дв}}$ до номінальної частоти змінного струму мережі $f_{\text{н}}$. Максимальна частота обертання відповідно до документації на двигун становить 2650 об/хв, що відповідає номінальній кутовій швидкості 277,5 рад/с, а номінальна частота змінного струму мережі— 50 Гц. Постійна часу двигуна встановлюється як $T_{\text{дв}}=0,73$ с.

Згідно зазначених параметрів визначається коефіцієнт передачі за формулою (3.7):

$$k_{\text{дв}} = \frac{\omega_{\text{дв}}}{f_{\text{н}}} = \frac{277,5}{50} = 5,5. \quad (3.7)$$

Передатна функція двигуна із врахуванням отриманих значень та зроблених припущень, запишеться у вигляді (3.8):

$$W_{дв}(s) = \frac{k_{дв}}{T_{дв} \cdot s + 1} = \frac{5,5}{0,73 \cdot s + 1}. \quad (3.8)$$

Для частотного перетворювача диференціальне рівняння записується у вигляді, наведеному у формулі (3.9).

$$T_{чп} \frac{df}{dt} + f = k_{чп} \cdot I_3, \quad (3.9)$$

де $T_{чп}$ – постійна часу, $k_{чп}$ – коефіцієнт передачі, I_3 – струм задаючий.

Згідно (3.10) записується передатна функція частотного перетворювача:

$$W_{чп}(s) = \frac{k_{чп}}{T_{чп} \cdot s + 1}. \quad (3.10)$$

Коефіцієнт передачі частотного перетворювача визначається як відношення вихідної частоти сигналу на виході перетворювача до величини струму керування, який подається з програмованого логічного контролера (ПЛК) на вхід перетворювача. Цей коефіцієнт характеризує чутливість перетворювача і показує, яку зміну вихідної частоти можна отримати при зміні вхідного сигналу керування. Керування здійснюється струмом в діапазоні від 4 до 20 мА, частота сигналу - у діапазоні від 0 до 50 Гц, отже номінальній частоті $f_H = 50$ Гц відповідає значення номінального струму $I_H = 20$ мА. Отже коефіцієнт передачі частотного перетворювача становить 2,5.

За виразом (3.11) визначається значення постійної часу частотного перетворювача:

					КВРАКІТ.2022118.01.18 ПЗ	Арк. 50
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

цього, систему необхідно налаштувати таким чином, щоб перерегулювання було мінімальним або дорівнювало нулю.

У середовищі Matlab Simulink проводиться налаштування ПІД-регулятора. Таке налаштування може відбуватись як у автоматичному так і ручному режимі. У даній роботі налаштування проводилось у ручному режимі для досягнення необхідних значень параметрів та усунення перерегулювання. На рисунку 3.4 наведено рисунок моделі системи автоматичного регулювання у середовищі Matlab Simulink.

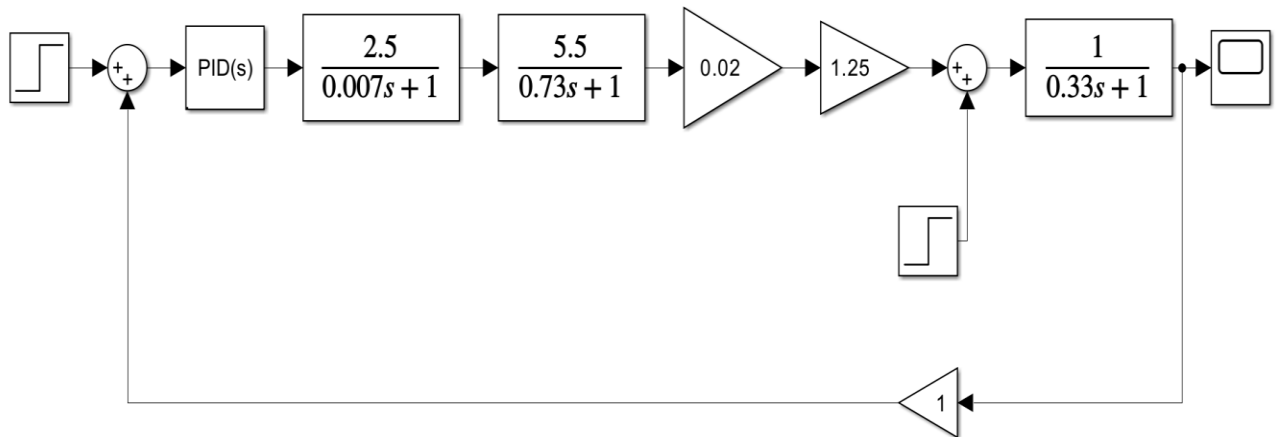


Рисунок 3.4 – Модель системи автоматичного регулювання у середовищі Matlab Simulink

На рисунку 3.5 наведено графік перехідного процесу. Аналіз цього графіку показав, що на ньому відсутнє явище перерегулювання, що є перевагою, оскільки воно впливає на точність виконання дозування компонентів цементу. Цього вдалось досягти завдяки налаштуванням ПІД – регулятора. Час перехідного процесу 2,5 с.

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

У запропонованій автоматизованій системі передбачено два режими керування: ручний (оператором) та автоматичний. Також із використанням запропонованої SCADA є можливість встановлювати початкові дані, такі як:

- задана вага кожного компоненту матеріалу;
- значення частоти частотного перетворювача (мінімальне та максимальне значення);
- параметр у системі автоматичного дозування, який визначає, як чутливо система реагує на відхилення фактичної ваги від заданої (коефіцієнт регулятора ваги).

На рисунку 3.6 наведено мнемосхеми SCADA-системи автоматизованого управління системою.

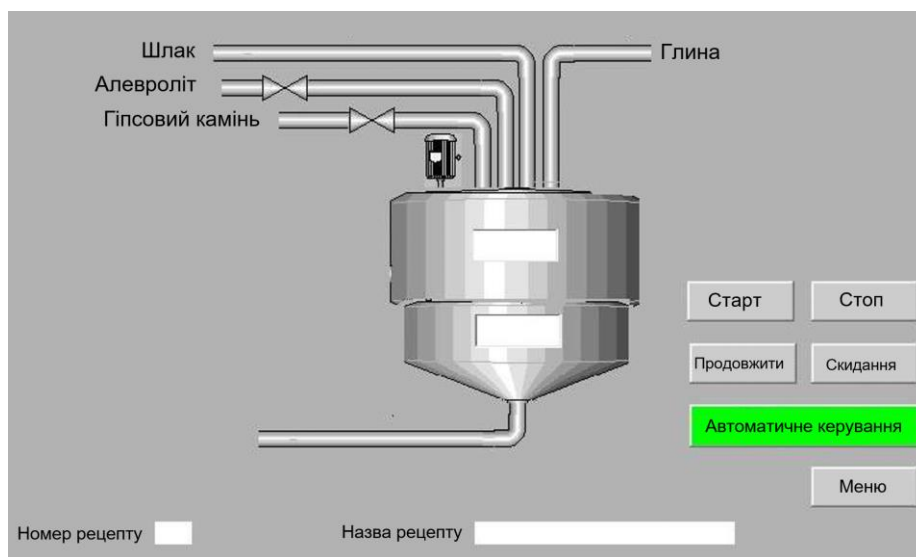


Рисунок 3.6 – Мнемосхема SCADA-системи

Елементи мнемосхеми SCADA-системи:

- мнемознак бункера-дозатора. Це умовне графічне зображення бункера, яке відображає його поточний стан: порожній, частково заповнений або повний. Колір або анімація змінюється залежно від рівня заповнення чи виникнення аварійної ситуації.

– шнекові живильники компонентів. Зображення шнеків, які транспортують компоненти до бункера-дозатора. Візуально показується напрямок обертання та стан (працює/зупинено). У разі несправності або перевантаження змінюється колір індикації або з'являється повідомлення про помилку.

– вікна відображення ваги та рівня компонента. Цифрові поля на екрані, в яких у режимі реального часу відображається: фактична вага дози кожного компонента; відсотковий рівень заповнення бункера або живильника. Дані надходять із тензOMETричних датчиків або датчиків рівня.

– панель пульта автоматичного керування. Це набір віртуальних кнопок на екрані SCADA: пуск – запуск автоматичного дозування; стоп – зупинка процесу; скидання – очищення даних або помилок; режими роботи – перемикання між ручним та автоматичним режимами.

– панель введення рецепту. Інтерфейс для налаштування рецептури: поля для введення необхідної ваги кожного компонента; можливість обрати збережений рецепт зі списку; кнопки для збереження, завантаження або очищення рецепту; може містити захист доступу (пароль або рівень доступу оператора).

ВИСНОВКИ

У ході виконання кваліфікаційної роботи було проведено дослідження технологічного процесу виробництва цементу. На основі аналізу визначено критичний етап виробництва – процес дозування мінеральних компонентів, який безпосередньо впливає на якість кінцевої продукції. В якості об'єкта автоматизації обрано саме цей етап, що дозволило сконцентрувати увагу на удосконаленні контролю й управління в системі подачі матеріалів до цементного млина.

З метою підвищення точності дозування та зниження впливу людського фактора було розроблено функціональну та структурну схеми автоматизації. Це забезпечило перехід від ручного до автоматичного керування, що значно зменшує ризик виникнення помилок, спричинених неухважністю або втомою обслуговуючого персоналу.

Окрему увагу приділено вивченню ринку сучасних вітчизняних приладів – сенсорів, датчиків, виконавчих механізмів, які використовуються у промисловості для моніторингу і регулювання технологічних параметрів. На основі аналізу технічних характеристик обрано оптимальні засоби автоматизації для впровадження у систему.

У межах роботи створено схему автоматичного регулювання, що дозволяє підвищити точність подачі сировини до цементного млина, уникати коливань у параметрах дозування та мінімізувати ефект перерегулювання. Для забезпечення ефективного управління процесом розроблено трирівневу схему інформаційного зв'язку між оператором і об'єктом керування. Це дозволяє в режимі реального часу контролювати показники, оперативно реагувати на відхилення та змінювати налаштування при потребі.

									Арк.
									57
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата	КвРАКІТ.2022118.01.18 ПЗ				

Для зручності оператора реалізовано екранну форму інтерфейсу, що відображає основні показники завантаження матеріалів та дозволяє стежити за станом системи.

У підсумку, реалізована система автоматичного контролю дозування сприяє підвищенню стабільності роботи технологічного процесу, зниженню споживання ресурсів (електроенергії та компонентів), а також покращенню якості готового цементу. Запропоновані рішення дозволяють не лише підвищити ефективність виробництва, а й зробити його більш надійним, прогнозованим та менш залежним від людського чинника.

					КвРАКІТ.2022118.01.18 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		58

10. Дворкін Л.Й., Лаповська С.Д. Будівельне матеріалознавство. Підручник. К.: Кондор-Видавництво, 2017. – 472 с.
11. Харченко І. В., Костенко І. І., Лобанів О. І. Оптимізація та автоматизація конвеєрних систем в умовах гнучкого виробництва: монографія. Київ: НТУ "ХПІ", 2016. 64 с.
12. Методи та засоби автоматизації конвеєрних систем: монографія / ред. Ю. І. Матвєєв. Київ : НАУ, 2009.
13. Черненко П.І., Страшко М.В., Ткачук Л.В. Автоматизація виробничих процесів у машинобудуванні. Київ: Наукова думка, 2015.
14. Харченко І.П., Ткачук С.Ю., Ткачук О.М. Застосування інформаційно-керуючих систем в автоматизації конвеєрних ліній. Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка. 2018. Вип. 190. С. 125-134.
15. Карпенко А.О., Дєдин С.В., Костенко І.І. Методи і моделі автоматизації конвеєрних систем. Вісник Дніпровського університету. Серія: Механіка. 2016. Вип. 24. С. 35-40.
16. Федік Л. Ю., Гуменюк Л. О., Гуменюк П. О. Виробничі процеси і обладнання об'єктів автоматизації: навч. посіб. Луцьк: Вежа-Друк, 2020. 286 с.: іл.
17. Збожна О. М. Основи технології [Текст]: навч. посіб. Київ : Кондор, 2010. 486 с.
18. Основи технологій виробництва в галузях народного господарства: навч. посібник / Є. П. Желібо та ін. Київ : Кондор, 2005. 716 с.
19. Пальчевський Б. О. Інформаційні технології проектування технологічного устаткування : Монографія. Луцьк : Луцький НТУ, 2012. 572 с.
20. Технологічні процеси галузей промисловості: навч. посібник / Д. М. Колотило та ін.; за наук. ред. Д. М. Колотила, А. Т. Соколовського. Київ : КНЕУ, 2003. 380 с.

									Арк.
									60
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата					

21. Шалугін В.С., Шмандій В. М. Процеси та апарати промислових технологій : навчальний посібник / В. С. Шалугін,. Київ : Центр учбової літератури, 2008. 392 с.:

22. Проектування систем автоматизації [Електронний ресурс] : навч. посіб. / Укладачі: Т. Г. Баган, О. В. Некрашевич. Київ : КПІ імені Ігоря Сікорського, 2020. – 59 с.

23. Технічні засоби автоматизації : конспект лекцій / Упоряд. Іванов Л.С. Харків: ХНУРЕ, 2023. 88 с.

24. Технічні засоби автоматизації (частина 2) / М.В. Лукінюк, та ін. Ніжин: Видавець ПП Лисенко М.М., 2018. 455 с.

25. Воробйова О.М., Флейта Ю.В. Технічні засоби автоматизації: навч. посіб. Одеса: ОНАЗ ім. О.С. Попова, 2018. 208 с.

26. SIMATIC S7-1200 - гнучке рішення Ваших завдань. URL: <https://www.siemens.com/ua/uk/produkty/avtomatyzatsiya-promyslovosti/systemy-avtomatyzatsiyi/systemy-promyslovoyi-avtomatyzatsiyi-simatic/plc-kontrolery-simatic/simatic-s7-1200.html> (дата звернення: 01.05.2025)

27. MicroLogix 1400 Controllers. URL: <https://www.rockwellautomation.com/en-us/products/hardware/programmable-controllers/micrologix-1400-controllers.html> (дата звернення: 01.05.2025)

28. Логічний контролер Modicon M221. URL: <https://www.se.com/ua/uk/product-range/62128-%D0%BB%D0%BE%D0%B3%D1%96%D1%87%D0%BD%D0%B8%D0%B9-%D0%BA%D0%BE%D0%BD%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%BB%D0%B5%D1%80-modicon-m221/#products> (дата звернення: 01.05.2025)

29. Контролер Mitsubishi Electric FX5U-32MR/ES. URL: <https://peko.com.ua/control-systems/controllers-cpu/mitsubishi-electric-fx5u-32mr-es> (дата звернення: 01.05.2025)

									Арк.
									61
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата					

41. Аблесімов О. К. Теорія автоматичного керування : навчальний посібник. К.: «Освіта України», 2019. 270 с.

42. Теорія автоматичного керування : навчальний посібник / А. П. Гуров та ін.; Миколаїв : НУК, 2018.

43. Пушкар М.С., Проценко С.М. Проектування систем автоматизації : навч. посібник. Д.: Національний гірничий університет, 2013. 268 с.

						КвРАКІТ.2022118.01.18 ПЗ	Арк. 63
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата			

РЕЦЕНЗІЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

Дипломник: Решетник Олег Олегович

Тема: Автоматизована система керування виробництвом цементу

Спеціальність: 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»

Обсяг кваліфікаційної роботи:

Кількість сторінок записки 63

1. Короткий зміст роботи та прийнятих рішень: є створити автоматизовану систему керування виготовленням цементу.
2. Висновок про відповідність роботи дипломному завданню: Робота повністю відповідає поставленому завданню
3. Характеристика виконання кожного розділу, ступінь використання останніх досягнень науки і техніки і передових методів роботи: У першому розділі В першому розділі кваліфікаційної роботи виконано огляд призначення системи, склад, а також визначено основні вимоги та функції автоматизованої системи керування виробництвом цементу. Також у цьому розділі наведено основні методи виготовлення цементу: вологий та сухий. Визначені основні етапи виготовлення цементу. Розроблено завдання да автоматизованої системи виготовлення цементу. У другому розділі У другому розділі кваліфікаційної роботи було розглянуто архітектуру автоматизованої виготовлення цементу та розроблено її структурну схему. Розроблено функціональну схему автоматизованої системи контролю дозування мінеральних добавок, спроектовано схему інформаційних потоків, на якій виділено три рівні збору та зберігання інформації: рівень збору та обробки (нижній рівень); рівень поточного зберігання (середній рівень); рівень архівного зберігання (верхній рівень). Проведено вибір компонентної бази. У третьому розділі у результаті розробки алгоритму автоматизованої системи дозування цементу визначено послідовність дій, яка забезпечує точне й ефективне керування процесом. Застосування ПІД-регулювання замість позиційного методу забезпечує вищу точність дозування завдяки врахуванню динаміки відхилень. Використання SCADA-системи значно підвищує рівень автоматизації: забезпечує візуалізацію, дистанційне керування й оптимізацію параметрів у реальному часі. У підрозділі було розглянуто структуру, функціональні можливості та принципи роботи SCADA-системи. Реалізовані функції введення рецептур, що сприяє оптимізації виробництва, зниженню витрат сировини та стабілізації якості готової продукції
4. Позитивні сторони роботи: висока практична цінність роботи.

5. Негативні сторони роботи: у роботі недостатньо уваги приділяється аналізу існуючих технічних рішень, навні стилічні помилки

6. Оцінка графічного оформлення та пояснювальної записки роботи: Пояснювальна записка оформлена коректно, згідно діючих стандартів оформлення документації

7. Відгук про роботу в цілому: Робота виконана на належному науково-технічному рівні.

8. Інші зауваження: відсутні

9. Оцінка дипломної роботи: задовільно (3,50/D)

Рецензент (прізвище, ім'я, по батькові, посада, місце роботи) _____

Мішан Віктор Валерійович,
доцент каф ТМІТ

" 15 " 06 2025 р.

 (підпис)

Завідувачу кафедри АКІТтаР
д-ру техн.наук, проф. Мартинюку В.В.

Олег РЕШЕТНИК

ШЕ здобувача вищої освіти

ФІТ, 3 курс, групи АКІТс-22-1

ЗАЯВА

З правилами чинного Положення «Про систему забезпечення академічної доброчесності у Хмельницькому національному університеті» від 01.07.2022, згідно з яким виявлення плагіату є підставою для відмови в допуску кваліфікаційної роботи до захисту та застосування заходів дисциплінарної та академічної відповідальності, ознайомлений(а). Про використання програмно-технічних засобів для перевірки кваліфікаційних робіт здобувачів вищої освіти на наявність плагіату ознайомлений(а) та надаю свою згоду на обробку та збереження університетом моєї роботи в інституційному репозитарії університету.

Також надаю університету право на передачу моєї роботи для обробки та збереження в базах даних програмно-технічних засобів (StrikePlagiarism та Anti-Plagiarism) та використання роботи для виявлення плагіату в інших роботах, які перевіряються програмно-технічними засобами та користувачами, що мають доступ до цих програмно-технічних засобів, виключно в обмежених цілях для виявлення плагіату в текстах робіт.

Робота для перевірки університетом надається в друкованому та електронному варіанті. Електронна версія моєї роботи збігається (ідентична) з друкованою.

02.06.25

дата



підпис

Протокол аналізу звіту подібності експертом

Заявляю, що я ознайомився (-лась) з Повним звітом подібності, який був згенерований Системою виявлення і запобігання плагіату щодо роботи:

Автор: Олег РЕШЕТНИК

Співавтор:

Назва: Решетник антиплагіат

Експерт:

Підрозділ: Кафедра автоматизації, комп'ютерно-інтегрованих технологій та робототехніки

Коефіцієнт подібності 1: 0.3%

Коефіцієнт подібності 2: 0%

Мікропробіли: 0

Заміна букв: 47

Інтервали: 0

Білі знаки: 1

Дата створення звіту: 2025-06-15 18:23:38.0

Після аналізу Звіту подібності констатую наступне:

Запозичення, виявлені в роботі є законними і не є плагіатом. Рівень подібності не перевищує допустимої межі. Таким чином робота незалежна і приймається.

Запозичення не є плагіатом, але перевищено граничне значення рівня подібностей. Таким чином робота повертається на доопрацювання.

Виявлено запозичення і плагіат або навмисні текстові спотворення (маніпуляції), як передбачувані спроби укриття плагіату, які роблять роботу невідповідною вимогам законодавства (Ст. 32. ЗУ Про вищу освіту, пункт 3.1, Ст. 42. ЗУ Про освіту) та вимог НАЗЯВО (Критерій 5), а також кодексу етики і процедурам. Таким чином робота не приймається.

Обґрунтування:

2025-06-15



Доцент Микола Федула

Дата

експерт

Anti-Plagiarism (UA) v-15.281 Educational

The maximum coincidence with one document 1.0%

Dictionary check: en_US, ru_RU, ua_UA. **Errors in the documents: 9%**

ID: 245955 Title: БКР Автоматизована система керування виробництвом цементу Added in a DB: 2025-06-15 Authors: Олег РЕШЕТНИК Heads: Людмила КОРЕЦЬКА. Consultants: Opponents:	Document		Sum coincidence on the DB	
	Symbols	Lexemes	Symbols	Lexemes
	59772	935	2395 (4%)	36 (4%)

Plagiarism sources

ID	Description	Plagiarism presence in the document	
		Symbols	Lexemes

РІШЕННЯ ЕКСПЕРНОЇ КОМІСІЇ
КАФЕДРИ АВТОМАТИЗАЦІЇ, КОМП'ЮТЕРНО-ІНТЕГРОВАНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ТА
РОБОТОТЕХНІКИ
ПРО ДОПУСК КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ ДО ЗАХИСТУ

Підтверджуємо ознайомлення з результатом звіту подібності щодо роботи, генерованого системою виявлення текстових збігів/ідентичності/схожості:

Назва: Автоматизована система керування виробництвом цементу

Автор: Решетник Олег Олегович

Спеціальність: 151 – Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

Освітня програма: Освітньо-професійна програма «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»

Науковий керівник: Корецька Людмила Олександрівна, кандидат технічних наук, доцент

Після аналізу звіту подібності зроблено такий висновок:

№	Висновок	Позначка про відповідність
1	Запозичення, виявлені в роботі, є законними і не є плагіатом. Робота приймається до захисту.	відповідає
2	Виявлені запозичення не є плагіатом, розміщені в розділах, які не описують безпосередньо авторське дослідження, але кількість цитат перевищує обсяг, виправданий поставленою метою роботи. Робота приймається до захисту, але має бути відкоригована. Відкоригований варіант має бути поданий на кафедру за 2 дні до захисту, разом із заявою щодо самостійності виконання письмової роботи та ідентичності друкованої й електронної версії роботи	
3	Виявлені запозичення не є плагіатом, але частково розміщені в розділах, які описують безпосередньо авторське дослідження, а кількість цитат перевищує обсяг, виправданий поставленою метою роботи. В зв'язку з цим мета роботи та поставлені завдання не були досягнені. Робота може бути допущена до захисту (наступного року) після того, як буде відкоригована та допрацьована і успішно пройде повторну перевірку на академічний плагіат.	
4	Робота містить навмисні текстові спотворення, передбачувані спроби укриття запозичень або інші прояви академічного плагіату. Робота містить фабрикацію або фальсифікацію даних. Робота не допускається до захисту.	
5	Інше:	

Підтвердження:

Запозичення, виявлені в роботі, є законними і не є плагіатом, оскільки:

1) у тексті кваліфікаційної роботи системами перевірки на плагіат виявлено схожість з деякими документами в частині загальноновживаних обов'язкових словосполучень у стандартних бланках (титулка, відомість документів), у структурі змісту, назвах розділів/підрозділів тощо, у назвах публікацій у переліку джерел посилання;

2) усі запозичення є фрагментарними або мають належним чином оформленні посилання;


3) виявлені модифікації тексту не впливають на відсоток схожості.

Сумарний обсяг всіх запозичень, визначений системою виявлення збігів ідентичності/схожості, складає 2,3% і адресується до 35 джерел, що, з урахуванням наведених обґрунтувань, відповідає характеру теми і свідчить на користь кваліфікаційної роботи.

Завідувач кафедри

Гарант освітньої програми

Керівник кваліфікаційної роботи





Валерій МАРТИНЮК

Юрій ФОРКУН

Людмила КОРЕЦЬКА