

КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ

Автоматизації та інформаційних технологій
(факультет)
Автоматизації технологічних процесів
(назва випускаючої кафедри)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
ЗДОБУВАЧА СТУПЕНЯ ВИЩОЇ ОСВІТИ бакалавр
(бакалавр)

на тему:
Автоматизована система проектування будівельних сумішей

Гльєсова Олександра Євгенівна
(прізвище, ім'я та по батькові здобувача повністю)

КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ

Автоматизації та інформаційних технологій
(факультет)

Автоматизації технологічних процесів
(назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

"12" 06 2015 року

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
ЗДОБУВАЧА СТУПЕНЯ ВИЩОЇ ОСВІТИ бакалавр
(бакалавр)

Автоматизована система проектування будівельних
сумішей
(назва)

Як здобувач вищої освіти КНУБА розумію і підтримую політику закладу з академічної доброчесності. Я не надавав(-ла) не одержував(-ла) незгоду чи допомогу під час підготовки цієї роботи. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело.

Здобувач Ільєсов Олександр Євгенович
(прізвище, ім'я та по батькові повністю)

151 "Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані тех."
(спеціальність)

"Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані тех."
(освітня програма)

Група АТП-21

Керівник Бондарчук О.В.
(прізвище та ініціали)

К.Т.Н., доцент
(вчене звання, науковий ступінь)

Рецензент К.Т.Н., доцент Голєнков Г.М.
(прізвище та ініціали)

Ідентичність підтверджую

Київ 2025 р.

КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ

Факультет: автоматизації та інформаційних технологій
Випускаюча кафедра: автоматизації технологічних процесів
Ступінь вищої освіти: бакалавр
Спеціальність: 151 "Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології"
Освітня програма: "Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології"

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

[Підпис]
"11" 06 2015 року

ЗАВДАННЯ
ДО ВИКОНАННЯ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ
ЗДОБУВАЧА СТУПЕНЯ ВИЩОЇ ОСВІТИ бакалавр
(бакалавр)

Гьясову Олександрю Євгеновичу

(прізвище, ім'я та по батькові здобувача)

1. Тема роботи Автоматизована система фасування будівельних сумішей

затверджена наказом ректора КНУБА № 244 від «03» 01 2015 року

2. Керівник роботи

Гондарчук О.В., к.т.н., доцент

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

3. Термін подання здобувачем роботи до захисту 10 червня 2015 року


4. Зміст пояснювальної записки за розділами:

Вступ, загальна частина (огляд існуючих систем фасування будівельних сумішей), технологічний процес фасування будівельних сумішей, технічні засоби автоматизації, створення програмного забезпечення в середовищі SCADA

5. Графічний матеріал за розділами

Структурна схема автоматизації добування (2 розділ),
 схема автоматизації буцкера (2 розділ), загальний вигляд ТЗА
 (3 розділ), мнемосхема АРМ-а оператора

6. Консультанти розділів кваліфікаційної випускної роботи

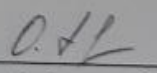
Прізвище, ініціали та посада консультанта	Перевірив	
	дата	підпис
ОП Федоренко С.В., к.т.н., доцент	13.06.25	

7. Календарний план:

Назва етапів виконання КР	Дата виконання
1. Огляд технологічного процесу	4.03-30.04.25
2. Розробка структ. та функціон. схем автоматизації	1.05-13.05.25
3. Вибір комплексу ТЗА	14.05-20.05.25
4. Вибір програмного забезпечення	21.05-28.05.25
5. Охорона праці	29.05-5.06.25
Остаточне оформлення роботи	10.06.2025
Направлення роботи для перевірки на плагіат	11.06.2025
Попередній захист роботи на випускаючій кафедрі	12.06.2025
Направлення роботи на рецензування	13.06.2025

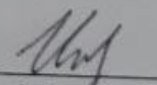
8. Дата видачі завдання 4 березня 2025 року

Керівник


(підпис)

Бондарчук О.В.
(прізвище та ініціали)

Здобувач


(підпис)

Смолів О.Є.
(прізвище та ініціали)

Зміст

Вступ.....	8
1. Загальна частина.....	11
1.1. Бункери для зберігання матеріалу.....	11
1.1.1. Основні функції бункерів.....	11
1.1.2. Типи бункерів для зберігання будівельних сумішей.....	11
1.1.3. Конструктивні особливості бункерів.....	12
1.1.4. Додаткові системи бункерів.....	12
1.1.5. Приклад конструкції бункера (рис.1).....	13
1.2. Дозатори для точного вимірювання суміші.....	13
1.2.1. Види дозаторів.....	13
1.2.2. Принцип роботи дозаторів.....	14
1.2.3. Переваги та недоліки різних дозаторів.....	14
1.3. Конвеєрні лінії для транспортування продукції.....	15
1.3.1. Види конвеєрів.....	15
1.3.2. Принцип роботи конвеєрних систем.....	16
1.3.3. Автоматизація конвеєрних ліній.....	16
1.4. Фасувальні механізми та пакувальні установки.....	16
1.4.1. Види фасувальних машин.....	17
1.4.2. Технологічний процес фасування.....	17
2. Технологічний процес фасування будівельних сумішей.....	19
2.1. Завантаження сировини в бункери.....	19
2.1.1. Види сировини.....	19
2.1.2. Способи подачі сировини до бункера.....	19
2.1.3. Конструкція бункера.....	20
2.1.4. Автоматизація процесу завантаження.....	20
2.1.5. Вимоги до безпеки та екології.....	21
2.2. Дозування матеріалу.....	21
2.2.1. Призначення та завдання дозування.....	22
2.2.2. Класифікація дозувальних систем.....	22
2.2.3. Основні компоненти дозувальної системи.....	23
2.2.4. Принцип роботи автоматизованої дозувальної системи.....	23
2.2.5. Автоматизація і контроль.....	23
2.2.6. Переваги точного дозування.....	24

2.3.1. Види упаковки	24
2.3.2. Технології наповнення	25
2.3.3. Обладнання	25
2.3.4. Особливості процесу	25
2.4. Герметизація упаковки.....	25
2.4.1. Основні цілі герметизації:	25
2.4.2. Методи герметизації:	25
2.4.3. Обладнання:	26
2.5. Контроль ваги та якості	26
2.5.1. Завдання контролю:	26
2.5.2. Обладнання:	26
2.5.3. Автоматизація:	26
2.6. Маркування та етикетування	26
2.6.1. Інформація, яка наноситься:.....	26
2.6.2. Обладнання для маркування:	27
2.6.3. Переваги автоматичного маркування:	27
2.7. Підготовка до транспортування	27
2.7.1. Основні дії:	27
2.7.2. Обладнання:.....	27
Об'єкт автоматизації: Бункер для сипучих матеріалів	28
2.8 Система автоматизації включає:	28
2.9 Переваги автоматизованої системи фасування	29
3. Технічні засоби автоматизації.....	32
3.1 Емультимодалний ємнісний виносний датчик рівня Pointek CLS200	32
3.2 Радарний сенсор VEGAPULS 61	34
3.3 Логічний контролер Siemens LOGO! 8.....	36
3.4 Weintek MT8071iE.....	39
3.5 Частотний перетворювач Danfoss VLT® Micro Drive FC 51.....	42
3.6 Шнековий транспортер	45
4. Створення програмного забезпечення в середовищі SCADA: Детальний Аналіз Системи Фасування Будівельних Сумішей	50
4.2. Мета Створення SCADA-Моделі: Оптимізація Процесу Фасування	51
4.3. Структура SCADA-Проекту: Взаємодія Компонентів Системи	52
4.4. Алгоритм Роботи SCADA-Системи: Покроковий Опис Процесу	55
4.5. Переваги Запропонованої SCADA-Моделі: Економічна та Операційна Ефективність	57
5. Охорона праці і техніка безпеки.	61
5.1. Загальні положення та ідентифікації виробничих факторів.....	61

5.2. Аналіз небезпечних і шкідливих виробничих факторів	62
5.3. Заходи з Профілактики та Мінімізації Виявлених Факторів	66
5.3.1. Заходи Електробезпеки	66
5.3.2. Захист від Шуму та Вібрації	67
5.3.3. Оптимізація Освітлення та Мікроклімату	67
5.3.4. Контроль Запиленості та Загазованості.....	68
5.3.5. Заходи Пожежовибухобезпеки	68
5.3.6. Організація Роботи з ПК та Ергономіка	69
Висновки.....	67
Список використаних джерел	67

Вступ

У сучасній будівельній галузі ефективність виробничих процесів відіграє вирішальну роль у забезпеченні якості продукції, оптимізації витрат та підвищенні конкурентоспроможності підприємств. Одним із ключових етапів виготовлення сухих будівельних сумішей є фасування, тобто точне дозування та пакування матеріалу в спеціальну тару для подальшого транспортування і використання. Традиційні методи фасування, що передбачають ручну працю або частково механізовані рішення, мають низку недоліків, серед яких низька продуктивність, похибки дозування, перевитрати матеріалу, високий рівень запиленості виробничих приміщень і значний вплив людського фактору. У відповідь на ці виклики впровадження автоматизованих систем фасування стає необхідним кроком на шляху до підвищення ефективності виробництва, зменшення втрат сировини та поліпшення умов праці.

Автоматизована система фасування будівельних сумішей являє собою комплекс сучасних технологічних рішень, які дозволяють здійснювати високоточне дозування, рівномірне пакування та герметичне запечатування продукції. Такі системи складаються з кількох ключових елементів: бункерів для зберігання сировини, високоточних дозаторів, транспортних механізмів (конвеєрів), пакувальних модулів, пристроїв для зважування та маркування, а також систем комп'ютерного управління. Завдяки використанню датчиків маси та об'єму, інтелектуальних алгоритмів контролю та автоматичних коригувань у реальному часі система забезпечує високу точність фасування, що дозволяє знизити відходи матеріалу та зменшити втрати підприємства.

Однією з головних переваг автоматизації фасувальних процесів є значне підвищення продуктивності виробництва. Сучасні системи здатні фасувати будівельні суміші зі швидкістю до кількох сотень мішків на годину, що в рази перевищує показники ручного або напівавтоматичного фасування. Це дозволяє підприємствам оперативно виконувати великі замовлення, забезпечуючи безперебійний випуск продукції у великих обсягах. Крім того, автоматизація

					Автоматизована система фасування будівельних сумішей	Аркуш
Зм..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		8

знижує потребу в залученні додаткової робочої сили, що суттєво скорочує витрати на оплату праці та підвищує економічну ефективність виробництва.

Окрему увагу слід приділити питанням екології та безпеки праці. Ручне фасування будівельних сумішей супроводжується утворенням великої кількості пилу, що негативно впливає на здоров'я працівників та може призводити до професійних захворювань. Автоматизовані системи оснащені пилозахисними фільтрами та герметичними пакувальними механізмами, які мінімізують розповсюдження пилу в повітрі, тим самим покращуючи умови праці та відповідність екологічним стандартам. Додатково, скорочення ручних операцій знижує ризик травматизму, адже персонал менше контактує з важкими мішками та потенційно небезпечними механізмами.

Ще однією важливою перевагою автоматизованих систем є їх гнучкість і можливість адаптації під різні види продукції. Сучасні фасувальні установки можуть працювати з широким спектром будівельних сумішей, включаючи цементні, гіпсові, клейові, вапняні та інші матеріали. Завдяки можливості швидкого переналаштування обладнання підприємства можуть легко змінювати асортимент продукції без значних простоїв у виробництві.

У перспективі розвиток автоматизованих фасувальних систем буде пов'язаний із впровадженням технологій Індустрії 4.0, зокрема, застосуванням штучного інтелекту, інтернету речей (IoT) та хмарних обчислень для віддаленого моніторингу та управління процесами. Використання таких технологій дозволить ще більше підвищити точність фасування, забезпечити аналіз даних у реальному часі та прогнозування можливих збоїв для їх оперативного усунення.

Таким чином, автоматизовані системи фасування будівельних сумішей є не просто технологічним удосконаленням, а важливим кроком на шляху до створення ефективного, економічно вигідного та екологічно безпечного виробництва. Впровадження таких систем дозволяє компаніям оптимізувати витрати, підвищити якість продукції та відповідати сучасним вимогам ринку, що робить їх незамінним елементом індустрії будівельних матеріалів.

					<i>Автоматизована система фасування будівельних сумішей</i>	Аркуш
						9
Зм..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розділ 1

Зм.	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата	Автоматизована система фасування будівельних сумішей			
Розробив		Ільясов О.Е.			Загальна частина	Стадія	Аркуш	Аркушів
Консульт.							10	
Керівник		Бондарчук О.В.						
Н.Контр.		Волчков М.В.						
Зав.Каф. р/и		Запривода А.В.						
						КНУБА, каф. АТП гр. АТП-21		

1. Загальна частина

1.1. Бункери для зберігання матеріалу

Бункери – це ключовий елемент автоматизованої системи фасування, який забезпечує зберігання та рівномірну подачу будівельних сумішей. Вони можуть бути різних форм і конструкцій залежно від характеристик матеріалу та вимог виробництва.

1.1.1. Основні функції бункерів

- Бункери виконують такі основні завдання:
- Прийом і тимчасове зберігання будівельних сумішей
- Захист матеріалу від злежування
- Контроль рівня наповненості та подача суміші у дозувальні механізми
- Запобігання втратам матеріалу під час вивантаження

1.1.2. Типи бункерів для зберігання будівельних сумішей

◆ Силоси для великого обсягу зберігання

Використовуються на великих підприємствах, де необхідне довготривале зберігання матеріалу. Оснащені аераційними системами для уникнення ущільнення суміші.

◆ Бункери з конусним дном

Забезпечують рівномірне вивантаження матеріалу через спеціальний затвор, що регулює потік суміші.

◆ Вібраційні бункери

Мають вбудовані вібратори, які допомагають матеріалу не злежуватися та рівномірно подаватися у фасувальну лінію.

◆ Гравітаційні бункери

Розраховані на подачу матеріалу під власною вагою, що мінімізує використання додаткових механізмів.

					Автоматизована система фасування будівельних сумішей	Аркуш
						11
Зм..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.1.3. Конструктивні особливості бункерів

- ◆ Матеріал виготовлення: сталь, нержавіюча сталь або алюміній для запобігання корозії та зношуванню.
- ◆ Об'єм: від 100 кг до кількох тонн залежно від потреб виробництва.
- ◆ Герметичність: герметичні кришки для захисту від вологи та пилу.
- ◆ Система рівня контролю: датчики, які сигналізують про наповненість бункера та автоматично регулюють подачу матеріалу.

1.1.4. Додаткові системи бункерів

- Система аерації

Подає повітря для збереження сипучих властивостей матеріалу та запобігає утворенню грудок.

- Вібраційні механізми

Забезпечують безперебійний потік суміші навіть при високій вологості.

- Засувки та клапани для контролю вивантаження

Дозволяють точно регулювати подачу матеріалу до дозаторів і фасувальних машин.

					<i>Автоматизована система фасування будівельних сумішей</i>	Аркуш
						12
Зм..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.1.5. Приклад конструкції бункера (рис.1)



Рисунок 1 – типова конструкція бункера для зберігання та подачі будівельних сумішей

1.2. Дозатори для точного вимірювання суміші

1.2.1. Види дозаторів

Дозатори поділяються на кілька основних типів залежно від способу вимірювання та подачі матеріалу:

Об'ємні дозатори:

Об'ємні дозатори працюють на основі фіксованого об'єму камери, яка наповнюється матеріалом і випускає його в упаковку. Основні характеристики:

- Висока продуктивність.
- Простота конструкції.
- Залежність точності від властивостей матеріалу (щільність, вологість тощо).

					Автоматизована система фасування будівельних сумішей	Аркуш
Зм..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

Вагові дозатори:

Вагові дозатори вимірюють вагу матеріалу перед подачею в упаковку.

Основні характеристики:

- Висока точність дозування.
- Можливість регулювання маси дози.
- Використання тензометричних датчиків для зважування.

Шнекові дозатори:

Шнекові дозатори використовують шнековий механізм для точного подавання важкоплинних матеріалів. Основні характеристики:

- Рівномірна подача сипучих та порошкоподібних матеріалів.
- Висока точність.
- Необхідність регулярного очищення[4].

1.2.2. Принцип роботи дозаторів

Загальна схема роботи:

Дозатори складаються з таких основних елементів:

1. Бункер для зберігання матеріалу.
2. Дозувальний механізм (шнековий, об'ємний або ваговий).
3. Система контролю (механічна або електронна).
4. Випускний отвір для подачі матеріалу в упаковку.

Автоматизація процесу:

Сучасні дозатори оснащені електронними системами контролю, що дозволяють автоматично регулювати параметри подачі матеріалу. Завдяки цьому досягається висока точність і стабільність роботи[4].

1.2.3. Переваги та недоліки різних дозаторів

Об'ємні дозатори:

Переваги:

- Простота конструкції.
- Висока продуктивність.

					Автоматизована система фасування будівельних сумішей	Аркуш
						14
Зм..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Недоліки:

- Залежність точності від властивостей матеріалу.

Вагові дозатори:

Переваги:

- Висока точність вимірювання.
- Гнучкість у виборі дозування.

Недоліки:

- Більш складна конструкція.
- Вища вартість порівняно з об'ємними дозаторами.

Шнекові дозатори:

Переваги:

- Рівномірна подача важкоплинних матеріалів.
- Висока точність.

Недоліки:

- Відносно складне обслуговування.
- Потребує частого очищення при роботі з гігроскопічними матеріалами[4].

1.3. Конвеєрні лінії для транспортування продукції

Конвеєрні лінії забезпечують автоматизоване переміщення продукції між етапами фасування. Вони використовуються у різних галузях промисловості, підвищуючи ефективність виробництва та зменшуючи витрати на ручну працю.

1.3.1. Види конвеєрів

Стрічкові конвеєри:

Цей тип конвеєрів використовує рухоми стрічку для транспортування упаковок або матеріалів. Основні характеристики:

- Висока продуктивність.
- Можливість транспортування на великі відстані.
- Гнучкість у зміні маршруту транспортування.

					Автоматизована система фасування будівельних сумішей	Аркуш
						15
Зм..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Роликові транспортери:

Ці механізми складаються з роликів, які переміщують продукцію під дією гравітації або моторного приводу.

Основні характеристики:

- Енергоефективність.
- Простота конструкції.
- Підходять для транспортування жорстких упаковок (картонних коробок, мішків).

Вібраційні транспортні механізми:

Ці конвеєри використовують вібраційні рухи для переміщення матеріалів.
Основні характеристики:

- Використовуються для сипучих матеріалів.
- Забезпечують рівномірний розподіл продукції.
- Застосовуються в харчовій та будівельній промисловості.

1.3.2. Принцип роботи конвеєрних систем

1. Завантаження продукції на конвеєр.
2. Автоматичне транспортування між технологічними етапами.
3. Контроль швидкості руху та навантаження.
4. Вигрузка продукції на наступному етапі виробництва.

1.3.3. Автоматизація конвеєрних ліній

Сучасні конвеєрні лінії оснащені електронними системами управління:

- Датчики для контролю швидкості та положення продукції.
- Автоматичні системи зупинки при виявленні несправностей.
- Інтеграція з виробничими процесами.

1.4. Фасувальні механізми та пакувальні установки [3]

Фасувальні автомати відповідають за заповнення упаковки матеріалом. Вони використовуються у виробництві будівельних сумішей, харчової продукції, фармацевтичних препаратів та інших сипучих і рідких матеріалів.

					Автоматизована система фасування будівельних сумішей	Аркуш
Зм..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

1.4.1. Види фасувальних машин

Автомати для мішкового фасування:

Ці установки призначені для фасування сипучих матеріалів у мішки вагою від 25 до 50 кг.

Основні характеристики:

- Висока продуктивність (до 1000 мішків на годину).
- Автоматичне зважування та контроль якості заповнення.
- Можливість використання паперових, поліетиленових або поліпропіленових мішків.

Установки для фасування в біг-беги:

Біг-беги – це великі мішки для транспортування та зберігання сипучих матеріалів, що можуть вміщувати до 1000 кг. Основні характеристики:

- Використання для будівельних сумішей, хімічних речовин, добрив.
- Висока точність зважування.
- Автоматичне наповнення з можливістю герметизації.

Компактні пристрої для фасування у відра або пакети:

Ці установки використовуються для фасування матеріалів у малу тару (відра, пластикові контейнери, пакети). Основні характеристики:

- Дозування від 1 до 25 кг.
- Використання в харчовій, фармацевтичній та хімічній промисловості.
- Висока гнучкість у виборі упаковки.

1.4.2. Технологічний процес фасування

1. Завантаження матеріалу у бункер.
2. Дозування необхідної кількості (ваговим або об'ємним методом).
3. Заповнення упаковки (мішка, біг-бега, відра або пакета).
4. Контроль якості фасування.
5. Герметизація упаковок[3].

					Автоматизована система фасування будівельних сумішей	Аркуш
Зм..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		17

Розділ 2

Зм.	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата				
					Автоматизована система фасування будівельних сумішей.			
Розробив		Ільясов О.Є.			Технологічний процес фасування будівельних сумішей	Стадія	Аркуш	Аркушів
Консульт.		.					18	
Керівник		Бондарчук О.В.						
Н.Контр.		Волчков М.В.						
Зав.Каф. ри		Запривода А.В.						
						КНУБА, каф. АТП гр. АТП-21		

2. Технологічний процес фасування будівельних сумішей

2.1. Завантаження сировини в бункери

Завантаження сировини в бункери – це критично важливий перший етап, який визначає стабільність і якість усього наступного процесу фасування. Саме тут здійснюється прийом будівельної суміші у вигляді сухого сипучого матеріалу й її рівномірна подача до дозувальної секції.

2.1.1. Види сировини

До сировини, що подається до фасувальної системи, зазвичай належать:

- цемент;
- гіпсові в'язучі;
- вапно;
- сухі суміші з наповнювачами (пісок, мінеральна крихта);
- клеєві композиції;
- спеціалізовані суміші (наприклад, теплоізоляційні або гідроізоляційні склади).

Усі ці матеріали мають різну сипкість, щільність, вологоємність, тому вимагають адаптованих методів завантаження [11].

2.1.2. Способи подачі сировини до бункера

а) Пневмотранспорт

Найсучасніший метод подачі, який передбачає переміщення матеріалу за допомогою повітряного потоку по трубопроводах:

- Висока швидкість подачі (до 20–30 м/с);
- Повна герметичність – відсутність запиленості;
- Можливість транспортування на великі відстані (до 100 м);
- Необхідність в компресорах і фільтруючих системах.

б) Шнекові транспортери

Механічний спосіб подачі за допомогою обертового гвинта:

- Підходить для в'язких і важкоплинних матеріалів;
- Можливість вертикальної та похилої подачі;
- Точність і стабільність потоку;

					Автоматизована система фасування будівельних сумішей	Аркуш
						19
Зм..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- Вимагає регулярного технічного обслуговування.

в) Гравітаційна подача

Використовується, коли матеріал подається з вищого рівня (силосу або дозатора):

- Найменш енерговитратний метод;
- Працює лише в умовах різниці висот;
- Потребує точного проектування системи.

г) Ковшові елеватори (норія)

Використовуються для вертикального транспортування сипучих матеріалів:

- Піднімають матеріал з приймального бункера до накопичувального;
- Мають високу продуктивність (до 100 т/год);
- Включають стрічкову або ланцюгову передачу з ковшами.

2.1.3. Конструкція бункера

Бункер – це металева або композитна ємність з конічним дном, призначена для зберігання і подачі матеріалу у фасувальну систему. Він може бути виконаний з вуглецевої або нержавіючої сталі.

Основні елементи бункера:

- Корпус – витримує тиск сипучого матеріалу;
- Конічне дно – забезпечує рівномірний вихід суміші;
- Вібратори – запобігають злежуванню матеріалу;
- Система аерації – подає повітря для збереження сипучості;
- Засувки / шибери – регулюють або повністю перекривають подачу суміші;
- Датчики рівня – слідкують за наповненістю бункера;
- Фільтри / циклони – уловлюють пил та очищають повітря при завантаженні

2.1.4. Автоматизація процесу завантаження

Сучасні бункери працюють у складі автоматизованих ліній. Вони оснащуються:

- Контролерами рівня: зупиняють подачу при досягненні заданої позначки;
- Програмованими логічними контролерами (PLC): синхронізують подачу матеріалу з роботою дозаторів;

					Автоматизована система фасування будівельних сумішей	Аркуш
						20
Зм..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- Системами віддаленого моніторингу: дозволяють візуалізувати стан бункера на дисплеї оператора;
- Сигнальними лампами і сиренами: попереджають про заповненість або поломки.

2.1.5. Вимоги до безпеки та екології

- Встановлення аспіраційних систем для уловлювання пилу;
- Повна герметизація стиків бункерів і трубопроводів;
- Захист від електростатичного розряду (особливо при роботі з цементом);
- Обмеження доступу персоналу до зон обертання шнеків або роботи пневмотранспорту.



Рисунок 2.1 – Приклад процесу завантаження сировини в бункер

2.2. Дозування матеріалу

Дозування є критично важливим етапом у процесі фасування, оскільки забезпечує точне визначення кількості матеріалу, яка потрапляє в кожен одиницю упаковки. Висока точність дозування дозволяє уникнути перевитрат, забезпечити відповідність ваговим нормам, дотримуватись стандартів якості та оптимізувати витрати виробництва [11].

2.2.1. Призначення та завдання дозування

- Відмірювання точної кількості сухої суміші для однієї фасовки;
- Забезпечення стабільності ваги упаковки;
- Мінімізація втрат матеріалу;
- Підготовка матеріалу до рівномірного наповнення упаковки.

2.2.2. Класифікація дозувальних систем

а) Вагові дозатори

Найточніший і найпоширеніший тип для будівельних сумішей:

- Оснащуються тензодатчиками, які зчитують масу матеріалу;
- Можуть працювати в режимі брутто (зважування разом із тарою) або нетто (зважування лише матеріалу);
- Похибка не перевищує $\pm 0,2-0,5\%$.

Переваги:

- Висока точність;
- Автоматичне калібрування;
- Можливість інтеграції в систему обліку.

б) Об'ємні дозатори

Дозують матеріал на основі фіксованого об'єму:

- Використовуються, коли важлива швидкість, а не висока точність;
- Можуть бути виконані у вигляді роторних дисків, шлюзових затворів, дозувальних циліндрів.

Недоліки:

- Залежність точності від щільності матеріалу;
- Неможливість точно дозувати неоднорідні або вологі суміші.

в) Шнекові дозатори

Використовуються для важкоплинних і в'язких сухих сумішей:

- Дозування здійснюється шляхом обертання шнека;
- Можливе комбіноване управління з ваговим контролем;
- Широко використовуються для клейових і модифікованих сумішей.

					Автоматизована система фасування будівельних сумішей	Аркуш
						22
Зм..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Переваги:

- Добре працюють із грудкуватими матеріалами;
- Компактна конструкція;
- Плавне регулювання подачі.

2.2.3. Основні компоненти дозувальної системи

- Бункер-дозатор – накопичує порцію матеріалу для подачі;
- Засувка/клапан – регулює початок і завершення подачі;
- Тензометричний ваговий датчик – фіксує масу;
- Контролер/програмактор – керує процесом дозування за заданими параметрами;
- Сигнальні лампи/дисплей – показує інформацію про масу та статус роботи.

2.2.4. Принцип роботи автоматизованої дозувальної системи

1. Система отримує команду на дозування;
2. Відкривається клапан або вмикається шнек, розпочинається подача матеріалу;
3. Тензодатчики зчитують масу матеріалу в режимі реального часу;
4. Коли досягається задана маса – подача припиняється;
5. Інформація фіксується у контролері;
6. Подається сигнал на етап фасування.

2.2.5. Автоматизація і контроль

- Програмовані логічні контролери (PLC) відповідають за керування циклом дозування;
- Датчики точності дозволяють досягати похибки $< 0,5\%$;
- Системи самодіагностики сповіщають про порушення дозування або несправності;
- Інтерфейси користувача дозволяють налаштовувати дозу, швидкість, інтервали.

						Аркуш
						23
Зм..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Автоматизована система фасування будівельних сумішей	

2.2.6. Переваги точного дозування

- Забезпечення відповідності маркуванню на упаковці
- Економія сировини
- Зменшення кількості браку
- Підвищення довіри споживачів до стабільної якості продукції
- Легка інтеграція в цифрову систему обліку виробництва

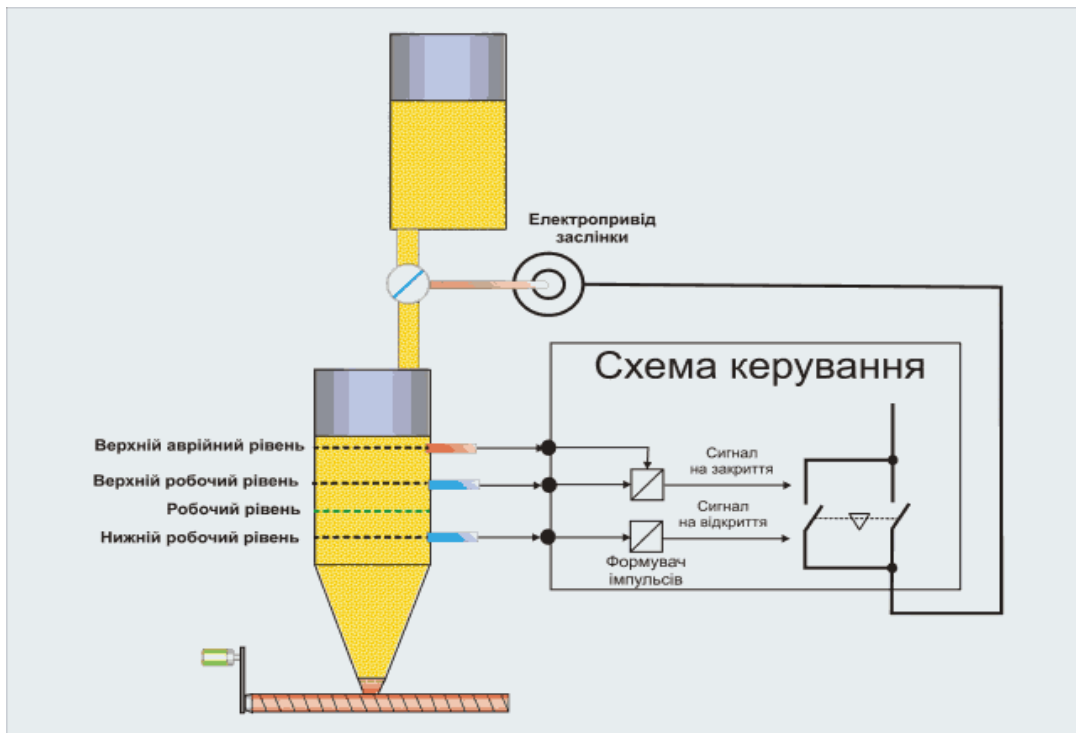


Рисунок 2.2 - структурна схема автоматичного дозування

2.3. Наповнення упаковки

Після точного дозування будівельна суміш подається безпосередньо в упаковку. Цей етап повинен забезпечити рівномірне та безперебійне наповнення тари відповідно до заданої норми.

2.3.1. Види упаковки

- Паперові мішки (20–50 кг) – найпоширеніші для роздрібного та оптового продажу.
- Біг-беги (до 1000 кг) – використовуються для промислових потреб.
- Пластикові контейнери/відра – для фасування дрібних партій або спеціалізованих сумішей.

2.3.2. Технології наповнення

- Гравітаційне наповнення – матеріал подається під власною вагою.
- Шнекове подавання – для щільних і важкоплинних сумішей.
- Пневматичне наповнення – для легких і пилоподібних матеріалів.

2.3.3. Обладнання

- Фасувальні автомати зі змінними насадками під різні типи упаковки;
- Системи контролю об'єму або ваги під час наповнення;
- Антипилові насадки для зменшення запиленості.

2.3.4. Особливості процесу

- Мінімізація втрат під час пересипання;
- Запобігання ущільненню матеріалу в тарі;
- Забезпечення точного наповнення відповідно до норми.

2.4. Герметизація упаковки

Після наповнення упаковки фасованою сумішшю наступним обов'язковим етапом є герметизація, що забезпечує збереження матеріалу під час транспортування та зберігання.

2.4.1. Основні цілі герметизації:

- запобігання витoku матеріалу;
- захист від вологи, пилу та сторонніх домішок;
- подовження терміну придатності суміші;
- збереження зовнішнього вигляду упаковки.

2.4.2. Методи герметизації:

- Зшивання ниткою – здійснюється мішкозашивальними машинами; часто використовується для паперових або поліпропіленових мішків;
- Теплозварювання – розігрівання поліетиленових країв і їх з'єднання під тиском;
- Клеєва герметизація – застосовується для спеціалізованих упаковок, де потрібна додаткова міцність.

						Аркуш
					Автоматизована система фасування будівельних сумішей	25
Зм..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.4.3. Обладнання:

- напівавтоматичні або автоматичні швейні машини (наприклад, Fischbein, Union Special);
- зварювальні апарати для полімерних мішків;
- комбіновані установки із функцією герметизації та обрізки країв.

2.5. Контроль ваги та якості

Контроль якості є важливою ланкою процесу, що дозволяє гарантувати відповідність продукції стандартам та уникнути помилок.

2.5.1. Завдання контролю:

- перевірка відповідності фактичної ваги зазначеній;
- виявлення дефектів пакування, пошкоджених або не повністю заповнених мішків;
- контроль герметичності та зовнішнього вигляду.

2.5.2. Обладнання:

- Автоматичні вагові станції з високоточними тензометричними датчиками;
- Візуальні системи контролю (камери або лазери), що виявляють деформації, пориви, неправильне маркування;
- Системи автоматичного відбраковування – збивають браковану упаковку на окрему лінію.

2.5.3. Автоматизація:

- результати фіксуються в цифровій базі;
- інтеграція з ERP-системами для контролю партій.

2.6. Маркування та етикетування

На цьому етапі кожна одиниця продукції отримує свою ідентифікацію, що важливо для логістики, обліку та відповідності нормам.

2.6.1. Інформація, яка наноситься:

- назва продукції;
- вага нетто;
- дата виготовлення та партія;

									Аркуш
									26
Зм..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Автоматизована система фасування будівельних сумішей				

- логотип компанії;
- штрих-код для сканування в логістичних системах.

2.6.2. Обладнання для маркування:

- Струменеві принтери – найпоширеніше рішення для швидкого нанесення тексту;
- Термотрансферні принтери – використовуються для друку етикеток з високою якістю;
- Лазерні маркувальники – підходять для постійного маркування на упаковці, що не стирається.

2.6.3. Переваги автоматичного маркування:

- точність та повторюваність;
- можливість інтеграції QR-кодів, RFID-міток;
- облік та простежуваність продукції.

2.7. Підготовка до транспортування

Фінальний етап полягає в укладанні готової продукції на піддони та її захисті для подальшої доставки до замовника або зберігання на складі.

2.7.1. Основні дії:

- Палетування – укладання мішків на піддон у заданому порядку (зазвичай – у шаховому чи паралельному порядку);
- Обмотування стрейч-плівкою – фіксація вантажу для запобігання зміщенню мішків під час транспортування;
- Маркування палет – наліпки з кодами партії, датою виробництва та місцем призначення.

2.7.2. Обладнання:

- Роботизовані палетайзери – автоматизовані системи, що викладають мішки на піддони;
- Машини для обмотування плівкою (ротаційного чи платформного типу);
- Автоматичні транспортні лінії для переміщення палет.

					Автоматизована система фасування будівельних сумішей	Аркуш
						27
Зм..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Об'єкт автоматизації: Бункер для сипучих матеріалів

1. Призначення:

Бункер призначений для накопичення, зберігання та дозованої подачі сипучих матеріалів у виробничому процесі.

2. Основні елементи конструкції:

- Корпус бункера – металева ємність, що зберігає матеріал.
- Вхідний отвір – для завантаження матеріалу.
- Вихідний отвір – для вивантаження, з заслінкою або шнековим механізмом.
- Сходи, люки, оглядові вікна – для обслуговування.

2.8 Система автоматизації включає:

Компонент	Призначення
Датчики рівня (LSL, LSH)	Визначають заповненість бункера (мінімальний і максимальний рівень)
ЛТ (аналоговий датчик рівня)	Вимірює точний рівень матеріалу в бункері
Шнековий/стрічковий подавач	Подає матеріал у бункер або з нього
PLC (контролер)	Обробляє сигнали, керує подачею
НМІ (панель оператора)	Відображає стан бункера, дозволяє змінювати параметри
Частотний перетворювач (VFD)	Регулює швидкість електродвигуна подавача
Сигналізатори	Попередження про аварії: перевищення рівня, несправності датчиків

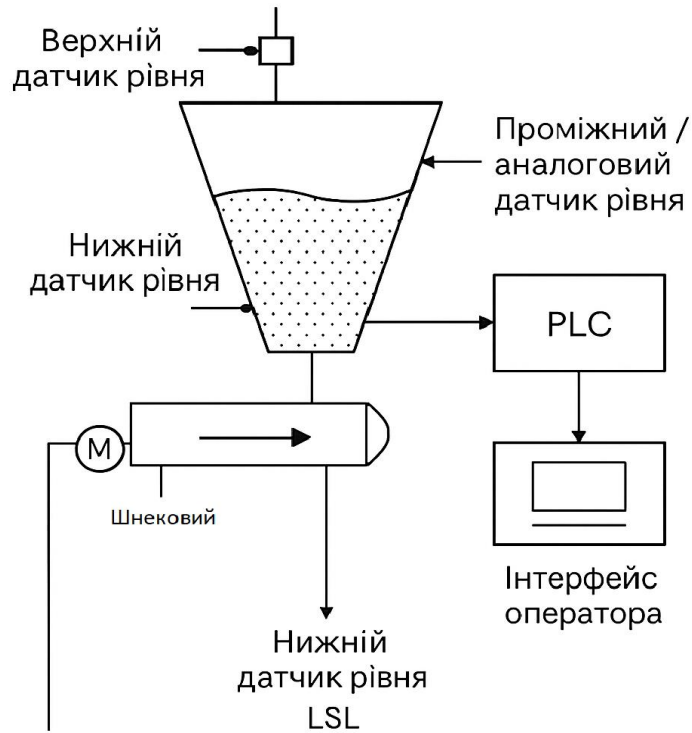


Рисунок 2.3 – Загальна схема автоматизації бункера

2.9 Переваги автоматизованої системи фасування

Підвищення точності дозування

Однією з ключових переваг автоматизованої системи фасування будівельних сумішей є забезпечення високої точності дозування, що має стратегічне значення для якості продукції, економії матеріалів та довіри споживачів.

Значення точного дозування

- Визначає відповідність продукції заявленим технічним характеристикам;
- Запобігає перевитраті сировини та економить ресурси;
- Підвищує довіру клієнтів до бренду завдяки стабільності ваги кожної упаковки;
- Впливає на ефективність логістики (точна вага – оптимальні розрахунки навантаження);

Механізми забезпечення точності

а) Використання високоточних дозаторів

- Вагові дозатори – найточніші. Оснащені тензодатчиками, які зчитують масу з похибкою до $\pm 0,2-0,5$ %. Працюють у режимах “брутто” та “нетто”
- Об’ємні дозатори – працюють за принципом подачі фіксованого об’єму. Ефективні при стабільній щільності матеріалу
- Шнекові дозатори – використовуються для важкоплинних або в’язких сумішей, забезпечують рівномірну подачу та можуть поєднуватись із ваговим контролем;

б) Автоматичне регулювання дозування

- Програмовані логічні контролери (PLC) дозволяють задавати точні параметри маси;
- У разі виявлення відхилень система самостійно коригує тривалість подачі або швидкість обертання шнека;
- Забезпечується зворотний зв’язок між системою дозування та ваговим контролем;

Практичні результати підвищення точності

- Зменшення кількості браку через недофасування або перевантаження;
- Економія сировини до 2–5 % у порівнянні з ручним або неточним фасуванням;
- Зростання стабільності якості та задоволення споживачів;
- Підвищення ефективності використання пакувального матеріалу та логістики;

					<i>Автоматизована система фасування будівельних сумішей</i>	Аркуш
						30
Зм..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розділ 3

Зм.	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата				
					<i>Автоматизована система фасування будівельних сумішей.</i>			
Розробив		Ільясов О.Е.			<i>Технічні засоби автоматизації</i>	Стадія	Аркуш	Аркушів
Консульт.		.					31	
Керівник		Бондарчук О.В.						
Н.Контр.		Волчков М.В.						
Зав.Каф. ру		Запривода А.В.						
						<i>КНУБА, каф. АТП гр. АТП-21</i>		

3. Технічні засоби автоматизації

Для забезпечення автоматизації системи подачі сировини у бункер було обрано наступні технічні засоби автоматизації:

- Датчик рівня Siemens Pointek CLS200;
- Радіолокаційний датчик рівня VEGAPULS 61;
- Програмований логічний контролер Siemens LOGO! 8;
- Панель оператора Weintek MT8071iE;
- Частотний перетворювач Danfoss VLT Micro Drive FC 51;
- Шнековий транспортер (мобільний або стаціонарний).

Відповідно до функціональних задач автоматизованої системи, зазначене обладнання забезпечує повний цикл контролю, регулювання та візуалізації рівня сировини у бункері, з можливістю дистанційного управління через HMI або SCADA систему.

3.1 Емульгимодалний ємнісний виносний датчик рівня Pointek CLS200

Призначення: застосовується для виявлення рівня, інтерфейсу та утворення пінної структури у рідинах, сипучих сумішах, шламах і пінах. Забезпечує високу чутливість, незалежність від матеріалу ємності і стійкість до налипання [5].

Конструкція та варіанти виконання

- **Зонди:** є жорсткі стрижні (до 5,5 м) та гнучкі кабельні датчики (до 30 м).
- **Матеріали:** корпус із епоксидованого алюмінію; пробкові ущільнювачі FKM/PTFE; зонд з FEP чи нержавіючої сталі.
- **Захист:** IP65 – захист від пилу і бризок.

Технічні характеристики

Параметр	Значення
Довжина жорсткого зонду	до 5,5 м
Довжина кабельного зонду	до 30 м
Робочий тиск	до 25 бар

Температура експлуатації	до 125 °С
Діелектрична чутливість	найменше $\epsilon_r \geq 1,5$
Живлення	12–250 VAC/DC можливе
Вихідні сигнали	конфігуровані дискретні контактні лінії
Комунікація	цифровий інтерфейс (версія з PROFIBUS PA)

Особливості та переваги:

- Технологія зворотного аналогового зсуву частоти забезпечує високоточну і стабільну роботу незважаючи на налипання продукту .
- Advanced Sensitive-Tip для високої точності та повторюваності точки спрацювання.
- Цифрова версія з дисплеєм – спрощує налаштування порогів навіть у суворих умовах процесу .
- Стійкий до вібрацій, вологи та ударів завдяки герметизації електроніки.
- Не залежить від заземлення посудини — діє навіть у пластику, бетони або нержавіючій ємності .
- Компенсація налипання і стабільність виміру завдяки високочастотному режиму роботи .

Принцип роботи:

- Вимірювання відбувається через зміну ємності між зондом датчика (штанга або кабель) та середовищем.
- В результаті зміни ємності змінюється частота осцилятора — технологія
- Датчик може працювати у режимі контакту (ємність > 1.5) або безконтактного визначення рівня — до контакту з матеріалом .
- Жорсткий стрижневий варіант у резервуарах
- Кабельний зонд у бункерному обладнанні або великих ємностях
- Встановлений на фасувальному блокові – ідеально підходить для сухих сумішей



Рисунок 3.1 - Датчик рівня Siemens Pointek CLS200

Інтеграція у автоматизовані системи фасування:

- Використовується для автоматичного дозування – включення/виключення подачі матеріалу до бункера.
- Може сигналізувати оператору через ПЛК або SCADA при досягненні порогових значень рівня.
- Забезпечує точне повторювану логіку керування матеріально-транспортними процесами.

Радарний сенсор VEGAPULS 61.

Призначений для безперервного безконтактного вимірювання рівня рідин у простих технологічних умовах. Має герметизовану або пластикову воронкоподібну антену (Ø 40 мм або Ø 80 мм), що забезпечує надійність та мінімальне обслуговування.

Ключові переваги:

- Незалежність від тиску, температури, газів та пилу;
- Висока точність (похибка ± 2 мм);
- Повністю безконтактне вимірювання — мінімальний знос;
- Сертифікації ATEX, CSA, FM, EAC, IEC, SIL2 та інші.

					Автоматизована система фасування будівельних сумішей	Аркуш
Зм..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		34

Сфери застосування:

- Прості резервуари з водою, неагресивними чи агресивними рідинами,
- Водопровідні й очищувальні установки, очисні споруди, електростанції.

Технічні характеристики

Параметр	Значення
Діапазон вимірювання	до 35 м (114.8 ft)
Похибка	± 2 мм
Робоча температура	−40...+80 °С
Тиск процесу	−1...+3 bar
Частота	26 GHz
Кут променя	≥ 10°
Матеріали (вологозонні)	PVDF, 316L нержавіюча сталь, PP
З'єднання	Резьбове: G1½, 1½ NPT; Фланцеве: ≥ DN 80/3"; Clamp: ≥ 2" DN50
Корпус	Пластик, алюміній, нерж. сталь (лиття/електрополір.)
Захист IP	IP66/67/68 (0.2 bar або 1 bar залежно від моделі)
Вихід сигналу	4–20 mA + HART; Profibus PA; Foundation Fieldbus; Modbus; 2-/4-дротові варіанти
Температура зовнішня	−40...+80 °С
Затвердження/Сертифікації	ATEX, CSA, FM, EAC, IEC, UKEX, KOSHA, NEPSI, UKR Sepro, SIL2, морські (ABS, DNV, LR, RINA та ін.)

Серія VEGAPULS 6X — модернізований наступник з покращеними антенами, сумісний з VEGAPULS 61, має ширші діапазони застосувань, але трохи дорожчий.

VEGAPULS 61 — надійний та економічний радарний сенсор рівня для простих промислових умов:

					Автоматизована система фасування будівельних сумішей	Аркуш
Зм..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		35

- Великий діапазон (до 35 м) і висока точність (± 2 мм),
- Надійний безконтактний принцип роботи і мінімальне обслуговування,
- Різноманітні матеріали та інтерфейси для легкого інтегрування.



Рисунок 3.2 - Радіолокаційний датчик рівня VEGAPULS 61

3.3 Логічний контролер Siemens LOGO! 8.

Після того як рівень рідини в резервуарі зафіксовано за допомогою радіолокаційного датчика VEGAPULS 61, отримані дані необхідно обробити, проаналізувати та на основі них прийняти рішення — увімкнути насос, подати сигнал тривоги, зафіксувати подію у журналі чи надіслати інформацію оператору. Для цього в системі автоматизації ключову роль відіграє програмований логічний контролер Siemens LOGO! 8.

Siemens LOGO! 8 — це сучасний компактний ПЛК (програмований логічний контролер), розроблений для вирішення задач локальної автоматизації малих і середніх об'єктів. Це вже восьме покоління цієї серії, і воно значно перевершує своїх попередників за функціональністю, зручністю, комунікаціями та гнучкістю.

Контролер ідеально підходить для задач, де потрібно керування простими логічними алгоритмами — без складних SCADA-систем, але з високим рівнем

					Автоматизована система фасування будівельних сумішей	Аркуш
Зм..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		36

надійності та гнучкості. Siemens позиціонує LOGO! 8 як рішення "все в одному", що дозволяє зчитувати сигнали, обробляти їх, виконувати логіку керування і передавати дані — без потреби в додаткових пристроях.

Архітектура та функціональність

LOGO! 8 має модульну структуру, яка дозволяє розширювати базову функціональність за рахунок додаткових модулів введення/виведення, аналогових входів/виходів, а також комунікаційних інтерфейсів. Базовий модуль може містити, залежно від модифікації, до 8 цифрових входів і 4 цифрових виходів, з можливістю розширення до 24 входів/виходів.

Важливо, що LOGO! 8 має вбудований Ethernet-порт, що відкриває широкі можливості для зв'язку з іншими пристроями, включаючи HMI-панелі, SCADA-сервери, ПК та навіть хмарні сервіси.



*Рисунок 3.3– контролер Siemens LOGO! 8
Технічні можливості LOGO! 8*

Характеристика	Пояснення
Живлення	Моделі на 12/24 В DC або 115/230 В AC/DC

Цифрові входи/виходи	Базова конфігурація: 8 DI / 4 DO; розширення до 24 DI/DO
Аналогові входи/виходи	До 8 AI, 2 AO (з модулями)
Ethernet	Вбудований порт для програмування, комунікацій, Web-сервер
Пам'ять	до 400 логічних блоків у програмі
Реальний час	Вбудований годинник із резервуванням (до 480 годин)
Дисплей	Графічний, 6-рядковий (у моделях з дисплеєм)
Монтаж	На стандартну DIN-рейку
Комунікація	Ethernet, Modbus TCP/IP, підтримка HMI-панелей, маршрутизаторів, віддаленого доступу
Програмне забезпечення	LOGO! Soft Comfort (Windows/macOS/Linux), безкоштовна пробна версія

Веб-інтерфейс та віддалений доступ

Однією з найсильніших сторін LOGO! 8 є вбудований Web-сервер, який дозволяє створити власну візуалізацію керування — без зовнішніх HMI чи SCADA. Ви можете керувати, моніторити та налаштовувати систему прямо з браузера: з ПК, планшета або навіть смартфона.

Крім того, LOGO! 8 підтримує Siemens LOGO! CMR модулі (**GSM/3G/4G**), які дозволяють реалізувати віддалене SMS-сповіщення, телеметрію або передачу даних у хмару.

Типові задачі, які вирішує LOGO! 8

1. Керування насосами залежно від рівня рідини;
2. Затримки запуску/зупинки агрегатів;
3. Гістерезис для датчиків рівня (щоб уникати частого вмикання/вимикання);
4. Аварійна сигналізація з подачею світлових/звукових сигналів;
5. Реєстрація подій і подача звітів оператору;
6. Інтеграція з верхніми рівнями автоматизації по Ethernet;

						Автоматизована система фасування будівельних сумішей	Аркуш
Зм..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			38

7. Веб-моніторинг рівня в реальному часі.

Переваги LOGO! 8 у системі:

- Простота програмування — навіть для тих, хто не є програмістом;
- Надійність роботи в промисловому середовищі;
- Гнучкість конфігурацій — підходить для як дуже простих, так і розширених задач;
- Можливість швидкої модифікації логіки без заміни обладнання;
- Інтуїтивний софт LOGO! Soft Comfort, який дозволяє «перетягувати» блоки, створюючи програму як логічну схему.

У контексті системи, LOGO! 8 виступає центральною логікою керування, яка отримує дані від датчика рівня (VEGAPULS 61), аналізує їх та виконує необхідні дії: керування насосом, сигналізація, зв'язок із дисплеєм чи SCADA. Це робить систему максимально автономною, адаптивною і масштабованою.

3.4 Weintek MT8071iE

Коли вся система працює: датчик рівня зчитує значення, контролер LOGO! 8 обробляє сигнали і керує процесом, нам необхідно надати оператору зручний візуальний інтерфейс для моніторингу, керування та діагностики. Саме тут у систему інтегрується панель оператора (HMI) Weintek MT8071iE — як інтерфейс людина-машина.

Що таке Weintek MT8071iE?

Weintek MT8071iE — це 7-дюймова HMI-панель з сенсорним екраном, призначена для візуалізації процесів, введення команд оператором та інтеграції з ПЛК або іншими пристроями через інтерфейси зв'язку. Вона дозволяє створювати інтуїтивно зрозумілі графічні екрани для роботи з системою — бачити поточний рівень рідини, керувати насосами, отримувати повідомлення про аварії або параметри з реального часу.

						Автоматизована система фасування будівельних сумішей	Аркуш
Зм..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			39

Технічні характеристики

Параметр	Значення
Діагональ екрану	7.0" TFT LCD
Роздільна здатність	800 x 480 пікселів
Тип сенсору	Резистивний (пальці або стилус)
Оперативна пам'ять	128 MB RAM
Флеш-пам'ять	256 MB NAND (для проектів/логів)
Комунікаційні порти	COM1 (RS232/RS485), COM3 (RS485), Ethernet 10/100Base-T
Ethernet	1 порт RJ-45, підтримка Modbus TCP/IP
Програмне забезпечення	EasyBuilder Pro (безкоштовне, Windows)
Монтаж	Вбудований (панельний), IP65 спереду
Габарити (ШxВxГ)	200,1 x 146,2 x 34 мм
Отвір для монтажу	192 x 138 мм
Живлення	24 В DC (9–32 В DC)
Робоча температура	0°C ... +50°C
Веб-доступ	Через EasyAccess 2.0 (VPN-з'єднання)

Що можна реалізувати з MT8071iE

Панель дозволяє:

- Відобразити рівень рідини, статус насоса, аварії;
- Передавати команди на LOGO! 8 (наприклад, увімкнути/вимкнути насос вручну);
- Зберігати історію змін параметрів, перегляд логів;
- Захистити доступ паролем, розмежування прав користувачів;
- Працювати віддалено — перегляд НМІ через смартфон або ПК з будь-якої точки світу.

					Автоматизована система фасування будівельних сумішей	Аркуш
Зм..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		40

Комунікації та сумісність:

MT8071iE підтримує понад 300 протоколів зв'язку, включаючи:

- Modbus RTU та Modbus TCP — найпопулярніший у простих ПЛК (у т.ч. Siemens LOGO! 8);
- Siemens S7-200, S7-300/400, S7-1200/1500 — без проміжних шлюзів;
- OPC UA, MQTT, BACnet — в новіших прошивках.

У системі панель може бути підключена до LOGO! 8 через Ethernet або RS485 і читати/записувати теги (дані) в реальному часі.

Переваги панелі Weintek MT8071iE:

- Зручний інтерфейс для оператора — кнопки, графіки, текстові повідомлення;
- Безкоштовне програмне забезпечення — EasyBuilder Pro дозволяє легко створювати професійні екрани;
- Підтримка архівації — збереження даних на USB або внутрішній пам'яті;
- Віддалений доступ через EasyAccess 2.0 — з будь-якої точки світу;
- Гнучка система користувачів — захист від помилкових дій.



Рисунок 3.4 - Weintek MT8071iE

					Автоматизована система фасування будівельних сумішей	Аркуш
Зм..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		41

У цій системі Weintek MT8071iE є "обличчям" автоматизації — дозволяє оператору бачити все, що відбувається в резервуарі, миттєво реагувати на зміни та підтримувати безпечну і ефективну роботу всієї установки. Це компактне, але потужне рішення для зручного управління сучасними промисловими чи комунальними процесами.

3.5 Частотний перетворювач Danfoss VLT® Micro Drive FC 51.

Після панелі оператора Weintek MT8071iE, яка дозволяє оператору керувати процесом, наступною важливою ланкою в системі є виконавчий пристрій — елемент, який безпосередньо впливає на фізичний процес. У системі це частотний перетворювач Danfoss VLT® Micro Drive FC 51, що відповідає за керування швидкістю електродвигуна, наприклад, насоса чи вентилятора.

Danfoss FC 51 — це компактний частотний перетворювач (інвертор), призначений для керування змінними асинхронними двигунами. Його головне завдання — плавно змінювати частоту живлення двигуна, а відповідно — керувати швидкістю обертання, запуском і зупинкою. Це дозволяє зменшити знос обладнання, підвищити енергоефективність і адаптувати процес до реальних потреб [6].

Технічні характеристики

Параметр	Опис
Потужність	Від 0,18 до 22 кВт (залежно від моделі)
Живлення	1-фазне 230 В або 3-фазне 400 В
Керування двигуном	Векторне або скалярне (V/f)
Тип двигуна	Стандартні асинхронні 3-фазні двигуни
Діапазон вихідної частоти	0–200 Гц (до 400 Гц в розширеному режимі)
Інтерфейси керування	Цифрові входи/виходи, аналогові входи, реле, Modbus RTU (RS485)

Інтерфейс зв'язку	Вбудований Modbus RTU (RS485), опція: Profibus, CANopen
Панель управління	LED-дисплей або знімна панель з параметрами
Монтаж	На DIN-рейку або стіну, вертикальний монтаж
Температурний діапазон	-10°C ... +50°C (без дерейтінгу), до +55°C з обмеженням
Ступінь захисту	IP20 стандартно (можна IP21/IP55 для вологих приміщень)

Основні технічні можливості

- Автоматичний запуск/зупинка через цифрові входи або по команді від ПЛК (наприклад, Siemens LOGO! 8);
- Функція плавного пуску/зупинки — зменшує гідравлічні удари в системі;
- Вбудоване PID-регулювання — можна реалізувати підтримання рівня, тиску або температури без додаткового контролера;
- Захист двигуна — перегрів, перенапруга, недовантаження, коротке замикання;
- Гальмування двигуна — за допомогою вбудованого або зовнішнього резистора;
- Функція енергозбереження — оптимізоване споживання потужності.

Інтеграція в систему:

У контексті нашого проєкту, де:

- VEGAPULS 61 зчитує рівень;
- LOGO! 8 обробляє сигнал;
- MT8071iE передає команди оператора

Саме Danfoss FC 51 реалізує керування двигуном насоса, що наприклад, відкачує воду з резервуара. Він може:

- отримувати аналоговий сигнал 0–10 В або частоту ШІМ від LOGO!;
- запускатись/зупинятись через релейні входи;

					Автоматизована система фасування будівельних сумішей	Аркуш
Зм..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		43

- передавати зворотну інформацію (частота, аварії) через релейний вихід або RS485.

Варіанти зв'язку:

- Аналоговий вхід (0–10 В або 4–20 мА) — частота задається від LOGO! або НМІ;
- Цифрові входи — запуск/зупинка, реверс, аварійне зупинення;
- RS485 Modbus RTU — повний обмін параметрами з контролером або НМІ;
- Панель — параметрування або локальний режим запуску.
-

Приклади параметрів налаштування (типово)

Параметр	Значення	Призначення
P1-20	50 Гц	Номінальна частота двигуна
P1-21	1500 об/хв	Номінальна швидкість двигуна
P1-30	0 Гц	Мінімальна вихідна частота
P1-31	50 Гц	Максимальна вихідна частота
P2-01	0–10 В	Тип аналогового входу
P4-00	1	Вибір керування з клем/панелі
P4-01	1	Цифровий вхід для запуску двигуна

Переваги FC 51 у системі:

- Компактні розміри — легко інтегрується навіть у невелику шафу;
- Надійна робота — має всі необхідні захисти та адаптацію до промислових умов;
- Економічне рішення — оптимальний баланс функцій та ціни;
- Гнучке керування — з панелі, ПЛК або НМІ;
- Енергоефективність — зниження витрат електроенергії в режимах часткового навантаження;
- Підтримка Modbus RTU — легко вбудовується в систему разом із LOGO! та Weintek.



Рисунок 3.5 - Частотний перетворювач Danfoss FC 51

Частотний перетворювач Danfoss FC 51 — це серце виконавчого пристрою, що забезпечує надійне, точне та економічне керування насосом або іншим електродвигуном у системі. Його простота в налаштуванні, сумісність із LOGO! 8 та Weintek HMI, а також стабільна робота в реальних умовах експлуатації роблять його ідеальним вибором для автоматизованих рішень.

3.6 Шнековий транспортер

Шнековий транспортер — це механічний пристрій для переміщення сипких матеріалів (зерно, гранули, порошки, щебінь тощо) за допомогою обертового спірального вала — шнека — всередині труби або жолоба. Його основна функція — забезпечити ефективне та контрольоване транспортування матеріалів на різні відстані та під кутом.

						Аркуш
						45
Зм..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Автоматизована система фасування будівельних сумішей	

Основні види

- Мобільний шнековий транспортер — оснащений колесами або платформою, легко пересувається між різними точками. Ідеально підходить для сезонної або тимчасової роботи, наприклад, у сільському господарстві.
- Стаціонарний шнековий транспортер — закріплений на місці, інтегрований у технологічну лінію. Зазвичай має більші розміри, потужніший двигун та більш жорстку конструкцію.

Технічні характеристики

Параметр	Опис
Довжина	Від 2 м до 20 м (залежить від моделі)
Діаметр шнека	100 мм, 150 мм, 200 мм, 250 мм і більше
Продуктивність	Від 1 до 30 тонн/год (залежить від матеріалу і довжини)
Матеріал корпусу	Сталь (зазвичай оцинкована або нержавіюча)
Тип двигуна	Електродвигун, керований через частотний перетворювач (наприклад, Danfoss FC 51)
Тип приводу	Прямий або через клинопасову передачу
Кут нахилу	До 30° (у деяких моделях – до 45°)
Монтаж	На опорах, у мобільному варіанті — на шасі з колесами
Управління	Через ПЛК та НМІ, або вручну (в залежності від комплектації)
Безпека	Захисні кожухи, датчики блокування, аварійне вимкнення

Принцип роботи

Шнек всередині труби обертається від двигуна, захоплюючи матеріал і проштовхуючи його вперед. За рахунок спіральної форми шнека та обертального руху, матеріал рухається однорідно й без пересипання.

					Автоматизована система фасування будівельних сумішей	Аркуш
Зм..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		46



Рисунок 3.6 – шнековий транспортер

Переваги шнекового транспортера:

- Компактність і простота конструкції — легкий монтаж і обслуговування;
- Можливість транспортування сипучих і гранульованих матеріалів різної щільності;
- Захист матеріалу від забруднень — оскільки транспорт відбувається у закритій трубі;
- Регульована швидкість подачі — за допомогою частотного перетворювача можна контролювати продуктивність;
- Енергоефективність — порівняно з іншими видами транспортування;
- Великий діапазон довжин і діаметрів — адаптується під конкретні задачі.

Область застосування:

- Сільське господарство (переміщення зерна, комбікормів);

						<i>Автоматизована система фасування будівельних сумішей</i>	Аркуш
Зм..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			47

- Будівництво (транспортування піску, цементу, щебеню);
- Харчова промисловість (переміщення сипких компонентів);
- Хімічна та фармацевтична промисловість (порошкові матеріали).

Управління та інтеграція:

Шнековий транспортер зазвичай оснащений електродвигуном, швидкість якого регулюється через частотний перетворювач, наприклад, Danfoss VLT Micro Drive FC 51. Керування здійснюється через ПЛК (наприклад, Siemens LOGO! 8), а оператор контролює процес через HMI (Weintek MT8071iE). Це дозволяє:

- Плавно запускати/зупиняти транспортер;
- Регулювати швидкість подачі матеріалу;
- Відслідковувати аварійні стани;
- Інтегрувати в загальну систему автоматизації.

					Автоматизована система фасування будівельних сумішей	Аркуш
						48
Зм..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розділ 4

Зм.	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата				
					<i>Автоматизована система фасування будівельних сумішей.</i>			
Розробив		Ільясов О.Е.			<i>Створення програмного забезпечення в середовищі SCADA: Детальний Аналіз Системи Фасування Будівельних Сумішей</i>	Стадія	Аркуш	Аркушів
Консульт.		.					49	
Керівник		Бондарчук О.В.						
Н.Контр.		Волчков М.В.						
Зав.Каф. ру		Запривода А.В.						
						<i>КНУБА, каф. АТП гр. АТП-21</i>		

4. Створення програмного забезпечення в середовищі SCADA: Детальний Аналіз Системи Фасування Будівельних Сумішей

У сучасному промисловому виробництві, особливо в галузі виготовлення будівельних матеріалів, де точність, швидкість та безпека є критично важливими, застосування автоматизованих систем керування (АСК) є невід'ємною частиною забезпечення ефективності та конкурентоспроможності. Одним з найважливіших інструментів для реалізації таких систем є SCADA-платформи (Supervisory Control And Data Acquisition)[14]. Ці системи виходять далеко за рамки простої автоматизації, надаючи комплексні можливості для:

- Централізованого контролю та управління: Забезпечують моніторинг і пряме управління виконавчими механізмами, такими як насоси, клапани, двигуни, конвеєри та дозатори.
- Високоякісної візуалізації: Представляють складні технологічні процеси у зручному та інтуїтивно зрозумілому графічному форматі, відображаючи стан обладнання, рівні сировини, поточні параметри та аварійні сигнали.
- Надійного архівації даних: Зберігають історичні дані про всі технологічні параметри, що дозволяє проводити аналіз ефективності, оптимізацію процесів, виявлення аномалій та планування технічного обслуговування.
- Детальної реєстрації подій: Фіксують усі важливі події, включаючи зміни стану обладнання, спрацювання датчиків, дії операторів, а особливо — реєстрацію аварійних ситуацій для подальшого аналізу причин.
- Дистанційного моніторингу та керування: Забезпечують можливість доступу до системи та контролю процесу з віддалених локацій через корпоративні мережі або інтернет, що є критично важливим для великих виробництв або багатопіліціальних підприємств.

У межах даної роботи було розроблено та змодельовано роботу комплексної SCADA-системи, призначеної для автоматизованої установки фасування сухих будівельних сумішей.

Вибір конкретного програмного середовища для моделювання, такого як Trace Mode, MasterSCADA, WinCC або Owen SCADA, залежить від ряду

					<i>Створення програмного забезпечення в середовищі SCADA: Детальний Аналіз Системи Фасування Будівельних Сумішей</i>	Аркуш
Зм..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		50

факторів, включаючи доступні ліцензійні можливості, апаратне забезпечення підприємства чи навчального закладу, а також специфічні вимоги до функціоналу та інтеграції. Незважаючи на умовний вибір платформи, ключовою функціональністю моделі є:

- Візуалізація ключових вузлів системи: Надання оператору чіткого графічного відображення стану кожного компонента установки.
- Контроль рівня суміші в бункері: Моніторинг залишку сировини для забезпечення безперервності виробництва та запобігання холостому ходу.
- Запуск і зупинка механізму фасування: Управління циклом дозування та наповнення.
- Реєстрація кількості фасованих одиниць продукції: Автоматичний облік виробленої продукції.
- Сигналізація про відхилення технологічних параметрів: Миттєве оповіщення про будь-які ненормальні умови, що можуть призвести до збоїв або аварій.

4.2. Мета Створення SCADA-Моделі: Оптимізація Процесу Фасування

Основною метою створення даної SCADA-моделі є не просто автоматизація, а глибока візуалізація та всебічний контроль за автоматизованим процесом фасування продукції. Це дозволяє досягти значного підвищення ефективності, точності та надійності виробництва. Конкретні цілі включають:

- Оперативний контроль рівня сировини в бункері: Забезпечення безперебійної подачі матеріалу, запобігання простою обладнання через відсутність сировини та оптимізація логістики постачання. Зазвичай це досягається за допомогою датчиків рівня (ємнісних, ультразвукових, радіолокаційних).
- Надійний запуск механізму подачі/заповнення суміші: Точне керування приводом подачі (наприклад, шнеком або віброживильником) для забезпечення необхідної порції сировини та запобігання переповненню або недосипу.

					<i>Створення програмного забезпечення в середовищі SCADA: Детальний Аналіз Системи Фасування Будівельних Сумішей</i>	Аркуш
Зм..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		51

- Точна фіксація сигналів від датчиків: Збір даних у реальному часі від різноманітних датчиків, що є основою для прийняття рішень системою та оператором. До них відносяться:
 - Датчики рівня: для контролю мінімального/максимального рівня у бункері.
 - Датчики маси (тензOMETричні ваги): для точного дозування суміші в мішок.
 - Датчики присутності тари: для визначення моменту встановлення мішка під заповнення та запобігання холостому дозуванню.
- Автоматизований облік фасованих мішків: Ведення точного підрахунку готової продукції без втручання людини, що зменшує ймовірність помилок та оптимізує процеси складського обліку.
- Миттєвий вивід аварійних повідомлень: негайне сповіщення оператора про будь-які відхилення від нормальних параметрів, що дозволяє швидко реагувати та запобігати серйозним поломкам або браку.
- Можливість дистанційного моніторингу: Надання доступу до інформації про стан системи з будь-якої точки світу, де є інтернет-з'єднання, що дозволяє керівництву або технічному персоналу контролювати процес без фізичної присутності на місці.

4.3. Структура SCADA-Проекту: Взаємодія Компонентів Системи

Проект SCADA-системи реалізовано у вигляді інтерактивної мнемосхеми, яка візуально відображає усі ключові елементи технологічного процесу фасування. Кожен елемент на мнемосхемі має свою функціональність та взаємодіє з іншими компонентами системи:

- Бункер для зберігання суміші з датчиком рівня:
 - Функція: Накопичення та тимчасове зберігання сипучої будівельної суміші перед фасуванням.
 - Датчик рівня: Забезпечує контроль мінімального та максимального рівнів суміші. Наприклад, Siemens Pointek CLS200 є ємнісним датчиком, який відмінно підходить для сипучих матеріалів,

забезпечуючи надійне спрацювання при досягненні певного рівня. SCADA відображає поточний рівень і генерує попередження при критично низькому або високому рівні.

- Тензометричні ваги з датчиком маси:
 - Функція: Точне вимірювання маси суміші, що надходить у мішок. Це дозволяє дотримуватися заданої норми фасування.
 - Датчик маси: Наприклад, від Vishay або аналогічні моделі. Вони перетворюють механічне навантаження на електричний сигнал, який обробляється контролером. SCADA відображає поточну масу в реальному часі та використовує ці дані для керування процесом наповнення.
- Подаючий транспортер (шнек):
 - Функція: Механізм, який переміщує суміш з бункера до місця фасування. Для сухих сумішей часто використовується шнековий транспортер, що забезпечує контрольовану та дозовану подачу.
 - Інтеграція: SCADA керує його запуском та зупинкою на основі сигналів від датчика маси та оператора.
- Модуль управління (Програмований Логічний Контролер - ПЛК):
 - Функція: "Мозок" системи автоматизації. ПЛК збирає дані від усіх датчиків, обробляє їх відповідно до завантаженої програми та видає команди на виконавчі механізми (шнек, привід, сигнальна колонка).
 - Приклади: Siemens LOGO! (для простих завдань) або Owen ПЛК (для більш складних і масштабованих систем). SCADA-система комунікує з ПЛК для обміну даними та командами.
- Електропривід з частотним перетворювачем (ПЧ):
 - Функція: Регулювання швидкості та потужності подаючого транспортера, що дозволяє оптимізувати процес дозування. Наприклад, на початку циклу заповнення може бути висока швидкість, а ближче до заданої маси – уповільнення для підвищення точності.

					<i>Створення програмного забезпечення в середовищі SCADA: Детальний Аналіз Системи Фасування Будівельних Сумішей</i>	Аркуш
Зм..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		53

- Приклади: Danfoss FC51 або ПЧВ2 (перетворювач частоти ВАТ "Овен"). SCADA дозволяє оператору задавати режими роботи, контролювати швидкість обертання та отримувати інформацію про стан приводу.
- Панель оператора (НМІ - Human Machine Interface):
 - Функція: Локальний інтерфейс для безпосереднього взаємодії оператора з системою. Дозволяє відображати ключові параметри, запускати/зупиняти процеси та вводити дані.
 - Приклади: Weintek MT8071iE або ОВЕН СПК107.[7] Хоча SCADA надає широкі можливості, панель оператора є резервним або основним засобом керування на місці.
- Сигнальна колонка (червоний/жовтий/зелений):
 - Функція: Візуальна індикація стану системи.
 - Зелений: Нормальна робота, система готова або працює.
 - Жовтий: Попередження, увага оператора (наприклад, низький рівень сировини).
 - Червоний: Аварійна ситуація, система зупинена або потребує негайного втручання.
 - Інтеграція: Керується ПЛК, але її стан також відображається на SCADA-мнемосхемі.
- Лічильник кількості мішків:
 - Функція: Автоматичний підрахунок кількості фасованих мішків за зміну, партію або загальний час роботи.
 - Інтеграція: Дані лічильника відображаються на мнемосхемі та зберігаються в архіві SCADA.

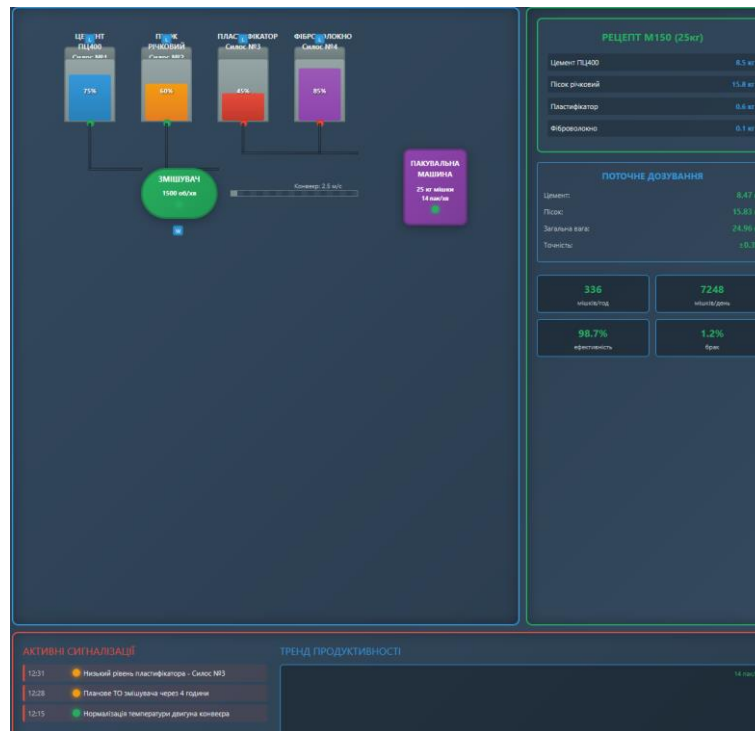


Рисунок 4.1 - Схема автоматизації процесу виробництва бетону

4.4. Алгоритм Роботи SCADA-Системи: Покроковий Опис Процесу

Робота SCADA-системи для фасування сухих будівельних сумішей є послідовним алгоритмом, що забезпечує безперерійність та точність процесу:

1. Ініціалізація та Запуск Системи:

- Оператор запускає систему через головну мнемосхему SCADA або з локальної панелі оператора (HMI). Перед запуском система виконує самодіагностику для перевірки стану всіх підключених пристроїв та датчиків.
- На мнемосхемі відображається статус "Готова до роботи" або "Очікування".

2. Контроль Рівня Сировини:

- Система постійно моніторить рівень суміші в бункері за допомогою датчика рівня.
- Якщо рівень суміші в бункері в нормі (не нижче мінімального та не вище максимального заданого значення), подається сигнал на готовність до запуску дозуючого механізму.

- У разі низького рівня, система видає попередження (жовтий сигнал сигнальної колонки) або блокує запуск.

3. Очікування та Реєстрація Тари:

- При встановленні мішка (або іншої тари) на платформу ваг, система реєструє його наявність за допомогою датчика присутності тари. Це може бути фотоелектричний датчик або кінцевий вимикач.
- Лише після підтвердження присутності тари, система переходить до наступного етапу.

4. Процес Наповнення (Дозування):

- Відбувається активація подаючого транспортера (шнека), який починає подавати суміш у мішок.
- Система постійно відстежує масу суміші на тензометричних вагах.
- Процес наповнення може бути реалізований у кілька етапів: швидке заповнення до 90% заданої маси, а потім повільне дозування для підвищення точності.

5. Досягнення Заданої Маси та Вивантаження:

- При досягненні заданої маси (з урахуванням допусків), подача суміші припиняється (шнек зупиняється).
- Клапан (якщо такий є) закривається, щоб запобігти подальшому надходженню матеріалу.
- Мішок, наповнений до потрібної маси, вивантажується на конвеєр або знімається вручну.

6. Оновлення Обліку:

- Після успішного фасування та вивантаження мішка, автоматично оновлюється лічильник продукції (кількість фасованих одиниць). Це значення відображається на мнемосхемі та у вікні статистики.

7. Реагування на Аварійні Ситуації:

- У разі виникнення будь-якої аварійної ситуації (наприклад, перевантаження двигуна, неспрацювання датчика, перевищення заданої маси, відсутність тари протягом тривалого часу), система

					Створення програмного забезпечення в середовищі SCADA: Детальний Аналіз Системи Фасування Будівельних Сумішей	Аркуш
Зм..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		56

негайно блокує роботу (зупиняє процес) і формує попередження або аварійне повідомлення в "Аварійному вікні". Сигнальна колонка перемикається на червоний колір.

8. Логування та Архівація Даних:

- Усі дані про хід процесу, включаючи показання датчиків, команди керування, зміни стану обладнання, аварійні події та статистичні дані, постійно логуються в архів. Це забезпечує можливість подальшого аналізу, аудиту та оптимізації.

4.5. Переваги Запропонованої SCADA-Моделі: Економічна та Операційна Ефективність

Запропонована SCADA-модель для автоматизованої установки фасування сухих будівельних сумішей надає низку значних переваг, які суттєво підвищують ефективність виробництва та зменшують операційні ризики[14]:

- Спрощення роботи персоналу за рахунок наочної візуалізації:
 - Зменшення кількості помилок: Інтуїтивно зрозумілий графічний інтерфейс знижує ймовірність людських помилок при керуванні.
 - Прискорення навчання: Новий персонал швидше освоює систему завдяки чіткому відображенню процесу.
 - Зниження втоми оператора: Оператору не потрібно постійно контролювати фізичне обладнання, оскільки вся інформація доступна на екрані.
- Підвищення точності дозування та виключення перевитрати суміші:
 - Економія сировини: Точне дозування за вагою з мінімальними відхиленнями зменшує перевитрату дорогої сировини.
 - Стабільна якість продукції: Кожна фасована одиниця відповідає заданим параметрам маси, що підвищує якість кінцевого продукту та довіру споживачів.
- Автоматичний облік продукції без потреби ручного підрахунку:

					<i>Створення програмного забезпечення в середовищі SCADA: Детальний Аналіз Системи Фасування Будівельних Сумішей</i>	Аркуш
Зм..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		57

- Усунення людського фактора: Виключаються помилки при ручному підрахунку мішків.
- Актуальні дані: Дані про виготовлену продукцію доступні в реальному часі, що спрощує планування виробництва та логістику[14].
- Виявлення аварій та збоїв у режимі реального часу:
 - Мінімальний час простою: Швидке виявлення та локалізація проблеми дозволяє оперативно вжити заходів для усунення поломки, скорочуючи час простою обладнання.
 - Запобігання серйозним поломкам: Раннє попередження про аномалії дозволяє запобігти каскадним відмовам або руйнуванню дорогого обладнання.
 - Підвищення безпеки: Автоматичне відключення системи при аварійній ситуації забезпечує безпеку персоналу та обладнання.

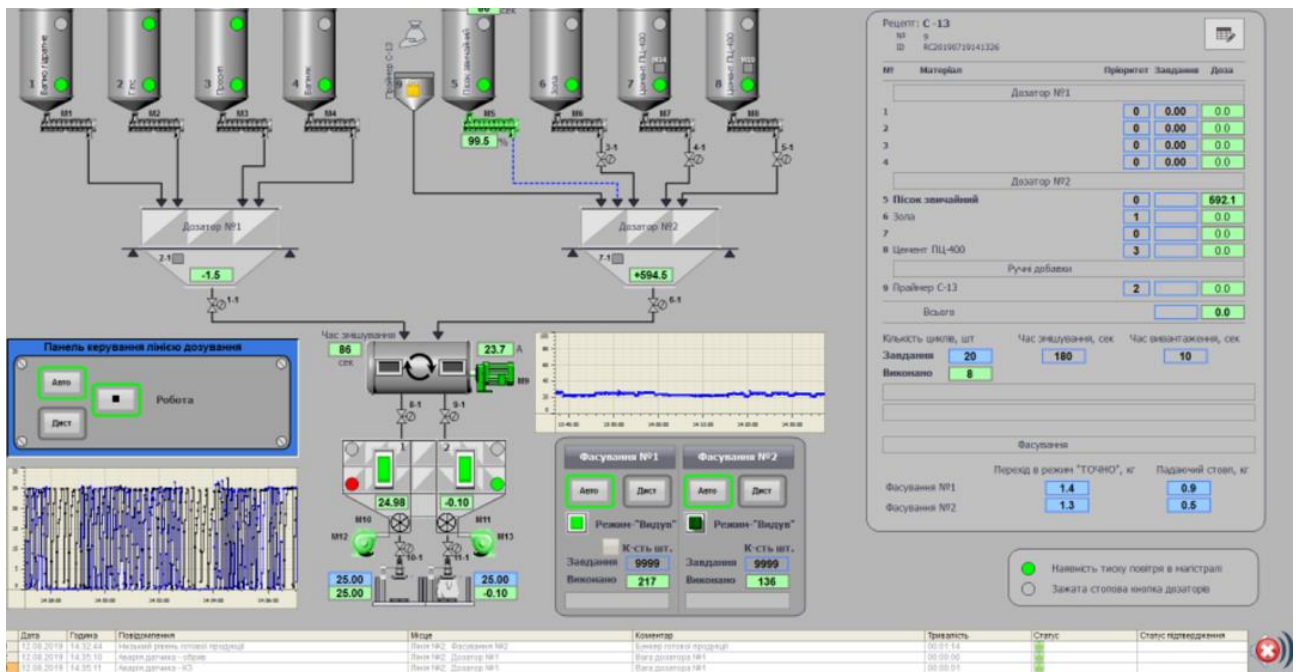


Рисунок.4.2 Фрагменти розробленої мнемосхеми АРМ-а оператора

- Можливість розширення системи (масштабованість):
 - Підключення до ERP-систем (наприклад, 1С): Інтеграція SCADA з корпоративними системами управління ресурсами дозволяє

автоматично передавати дані про виробництво, залишки сировини та готову продукцію, що спрощує бухгалтерський та складський облік.

- Додавання нових функцій: Можливість інтеграції додаткових модулів (наприклад, контроль якості, розширений збір даних, інтеграція з MES-системами).
- Масштабування виробництва: Легке розширення системи при збільшенні кількості фасувальних ліній або додаванні нового обладнання.
- Дистанційне керування та моніторинг (через Ethernet або хмарний сервіс):
 - Гнучкість доступу: Доступ до системи з будь-якого комп'ютера або мобільного пристрою, підключеного до мережі.
 - Оптимізація ресурсів: Можливість віддаленого контролю та діагностики дозволяє зменшити кількість персоналу на місці та оперативніше реагувати на ситуації.
 - Централізований контроль для кількох об'єктів: Якщо підприємство має декілька фасувальних ліній або виробництв, SCADA дозволяє централізовано моніторити їх усі.
 - Інтеграція з хмарними рішеннями: Використання хмарних сервісів для зберігання даних та забезпечення доступу з будь-якої точки світу підвищує надійність та доступність інформації.

					<i>Створення програмного забезпечення в середовищі SCADA: Детальний Аналіз Системи Фасування Будівельних Сумішей</i>	Аркуш
Зм..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		59

Розділ 5

Зм.	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата				
					<i>Автоматизована система фасування будівельних сумішей.</i>			
Розробив		Ільясов О.Е.			<i>Охорона праці</i>	Стадія	Аркуш	Аркушів
Консульт.		Федоренко С.В.					60	
Керівник		Бондарчук О.В.						
Н.Контр.								
Зав.Каф. ру		Запривода А.В.						
						<i>КНУБА, каф. АТП гр. АТП-21</i>		

5. Охорона праці і техніка безпеки.

5.1. Загальні положення та ідентифікації виробничих факторів

Ефективна експлуатація будь-якої промислової системи, особливо автоматизованої, нерозривно пов'язана з необхідністю забезпечення всебічної безпеки праці. Це вимагає не лише дотримання нормативних вимог, а й глибокого, проактивного аналізу потенційних загроз. Даний розділ присвячений комплексній ідентифікації, оцінці та систематизації небезпечних і шкідливих виробничих факторів (НВФ та ШВФ), що можуть виникнути під час функціонування автоматизованої системи фасування будівельних сумішей. Метою такого аналізу є створення цілісного розуміння ризиків, що дозволить розробити адекватні та ефективні заходи із запобігання нещасним випадкам і професійним захворюванням, а також оптимізувати умови праці.

Відповідно до чинного законодавства України, зокрема Закону України "Про охорону праці", та міжнародних стандартів, НВФ визначаються як фактори, вплив яких на працівника в певних умовах може призвести до травми, гострого отруєння або раптового різкого погіршення здоров'я. Натомість, ШВФ – це фактори, систематичний вплив яких на працівника призводить до професійного захворювання або зниження працездатності. В контексті експлуатації системи фасування, де інтенсивно взаємодіють складні механізми, сипучі матеріали та численні електричні й електронні системи, можуть виникати фактори з таких основних груп:

- Механічні фактори: пов'язані з динамікою рухомих, обертових частин обладнання, потенційним падінням предметів, а також ризиком розчавлення та защемлення кінцівок чи тіла працівника.
- Фізичні фактори: включають широкий спектр фізичних впливів, таких як надмірний шум, вібрація, присутність виробничого пилу в повітрі робочої зони, небезпека ураження електричним струмом, а також потенційно несприятливі показники мікроклімату та недостатнє або неякісне освітлення.

					Автоматизована система фасування будівельних сумішей	Аркуш
Зм..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		61

- Хімічні фактори: обумовлені специфічними хімічними властивостями компонентів будівельних сумішей, які при контакті або вдиханні можуть мати подразнюючу, сенсibiliзуючу або навіть токсичну дію на організм людини.
- Психофізіологічні фактори: зумовлені характером трудової діяльності оператора та обслуговуючого персоналу, що може викликати значні нервово-психічні або фізичні перевантаження, а також вплив монотонності праці.
- Фактори пожежовибухонебезпеки: пов'язані з ризиком займання або вибуху, що є особливо актуальним в умовах роботи з дрібнодисперсним горючим пилом, а також при наявності електрообладнання.

Контроль і спостереження за виробничим процесом здійснюється оператором безпосередньо з автоматизованого пульта управління, який є центральним елементом людсько-машинної взаємодії. Пульт управління оснащений персональним комп'ютером (ПК), що забезпечує графічне відображення та інтерактивне керування. На цей пульт надходить вся ключова інформація від інтегрованих датчиків, а також контрольні сигнали про поточний стан та параметри обладнання, розташованого в цеху. Додатково для оперативного керування передбачені традиційні елементи: тумблери, сигнальні лампи, а також клавіатура пульта для ручного введення або корекції параметрів технологічного процесу. Для візуального контролю за віддаленими або критичними зонами передбачено монітор відеоспостереження. Усвідомлення всіх цих факторів та їх джерел є наріжним каменем для формування ефективної системи управління охороною праці на даному виробничому об'єкті.

5.2. Аналіз небезпечних і шкідливих виробничих факторів

При експлуатації автоматизованої системи фасування будівельних сумішей виникає комплекс небезпечних і шкідливих виробничих факторів, кожен з яких вимагає специфічного підходу для оцінки та мінімізації ризиків[1].

					Автоматизована система фасування будівельних сумішей	Аркуш
						62
Зм..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Нижче представлено їх детальний аналіз із зазначенням джерел, кількісних характеристик (де це можливо) та відповідних нормативних документів.

№	Фактор	Джерело небезпеки	Кількісна оцінка	Нормативні документи
1	Ураження електричним струмом (НВФ)	Електрозварювальні, електромотажні, випробувальні та експлуатаційні роботи з електрообладнанням.	Напруга: 24–380 В;	НПАОП 40.1-1.21-98; ПУЕ-2017; ДСТУ Б.А.3.2-13:2011; ДБН А.3.2-2-2009; ДСТУ Б.А.3.2-15:2011; ДБН В.2.5-28-2018
2	Підвищений рівень шуму та вібрації (ШВФ)	Робота вентиляційного обладнання, двигунів, механізмів, вібрація металевих конструкцій	Рівень звуку > 80 дБА; вібрації $Y \leq 0,02$ м/с.	ДСН 3.3.6.037-99

3	Недостатнє освітлення робочої зони (ШВФ)	Монтаж, експлуатація, ремонт інженерних систем, кімната оператора	Освітленість робочих місць ≥ 300 –500 лк; евакуаційних шляхів ≥ 10 –50 лк.	ДБН В.2.5-28-2018; ДСТУ Б.А.3.2-15:2011
4	Незадовільний мікроклімат робочої зони (ШВФ)	Теплове випромінювання від обладнання, неефективна вентиляція	Температура: ≤ 24 °С; Вологість: 30–60 %; Швидкість повітря: $\leq 0,4$ м/с	ГОСТ 12.1.005-88; ДСН 3.3.6.042-99
5	Підвищена запиленість та загазованість робочої зони (ШВФ)	Фасування, ремонт, зварювання, очищення обладнання	Концентрація пилу: вище 4.0 мг/м³ (ГДКр.з. для цементного пилу), 6.0 мг/м³ (ГДКр.з. для гіпсового пилу); Концентрація хімічних речовин: Формальдегід: вище 0.5 мг/м³ (ГДКр.з.);	ГОСТ 12.1.005-88; НПАОП 40.2-7.01-97

			Аміак: вище 20.0 мг/м3 (ГДКр.з.); Оксид вуглецю (СО): вище 20.0 мг/м3 (ГДКр.з. середньозмін на); Оксиди азоту (у перерахунку на NO2): вище 2.0 мг/м3 (ГДКр.з.)	
6	Пожежна небезпека (НВФ)	Займання пилу, коротке замикання, іскри, перевантаження	II, категорія В K _{вог.} - В K _{п/в} - II	ДБН В.1.1-7-2016; ДБН В.1.2-7-2008; ДСТУ Б В.1.1.-36:2016; НПБ 105-03

5.3. Заходи з Профілактики та Мінімізації Виявлених Факторів

Для забезпечення належного рівня безпеки праці та мінімізації впливу виявлених небезпечних і шкідливих факторів при експлуатації автоматизованої системи фасування будівельних сумішей необхідно впровадити комплекс технічних, організаційних, санітарно-гігієнічних та лікувально-профілактичних заходів.

5.3.1. Заходи Електробезпеки

Електробезпека є одним із пріоритетних напрямків, оскільки електричний струм не подає зовнішніх попереджувальних сигналів про небезпеку.

- **Заземлення та Занулення:** Основним технічним заходом є заземлення корпусів всього електрообладнання, яке може опинитися під напругою внаслідок пошкодження ізоляції. В умовах використання установки напругою 380/220В з глухо заземленим нейтральним проводом трансформатора, обов'язковим є занулення – електричний зв'язок корпусів електрообладнання з заземленою нейтраллю джерела живлення. Застосування заземлення без такого зв'язку є неприпустимим.
- **Понижена напруга:** Для окремих приладів та інструментів, де це можливо, слід застосовувати живлення від мережі з пониженою напругою – до 24В, що значно знижує ризик ураження.
- **Автоматичний захист:** Необхідно забезпечити надійне спрацювання автоматичного захисту при коротких замиканнях. Розрахунок захисного занулення пульта оператора, що використовує сталеву смугу як нульовий захисний провідник, має підтверджувати, що дійсне значення струму короткого однофазного замикання (наприклад, 111,7 А для розрахункового прикладу) перевищує найменше допустиме значення струму спрацювання захисту (наприклад, 60 А при номінальному струмі запобіжника 20А та коефіцієнті кратності 3). Це підтверджує здатність системи автоматично відключати пошкоджену ділянку.

					Автоматизована система фасування будівельних сумішей	Аркуш
Зм..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		66

- Правила роботи з ПК: Комп'ютери повинні мати заводський захист від ураження струмом. Категорично забороняється працювати зі знятими захисними кожухами, використовувати пошкоджені розетки та вилки, торкатися обірваних проводів. Підключення/відключення живлення повинно виконуватися лише при вимкненому комп'ютері[2].

5.3.2. Захист від Шуму та Вібραції

- Технічні заходи: Для послаблення рівня шуму необхідно використовувати звукоізолюючі кожухи та корпуси для шумного обладнання. Ручки віброактивного інструменту та обладнання повинні бути обладнані ефективними амортизаторами.
- Організаційні заходи: Всі машини та механізми повинні експлуатуватися з рівнем шуму, що не перевищує 80 дБ. У разі перевищення, їх використання має бути заборонено до усунення несправностей. Необхідно проводити періодичний контроль шумових та вібраційних характеристик обладнання згідно з паспортними даними та нормативними стандартами.
- Засоби індивідуального захисту (ЗІЗ): Робітники, зайняті на вібруючому або шумному обладнанні, повинні бути забезпечені та обов'язково використовувати протишумові навушники/беруші та вібраційне взуття та рукавиці.
- Регламент праці: Для працівників, що працюють з вібруючим обладнанням, слід впроваджувати регламентовані перерви через кожні 30-40 хвилин роботи[2].

5.3.3. Оптимізація Освітлення та Мікроклімату

- Освітлення: Робочі зони, включаючи кімнату оператора, повинні бути забезпечені достатнім природним та штучним освітленням відповідно до нормативів (200 лк). Слід виключити можливість прямого засвічування екрану монітора джерелами природного світла. Необхідно регулярно

					Автоматизована система фасування будівельних сумішей	Аркуш
						67
Зм..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

перевіряти справність освітлювальних приладів та підтримувати їх чистоту.

- Мікроклімат: Для забезпечення комфортного та безпечного мікроклімату (оптимальна температура повітря, вологість та рухливість повітря) необхідно використовувати ефективні системи вентиляції та кондиціонування. Слід враховувати теплове випромінювання від ПК та іншого обладнання[2].

5.3.4. Контроль Запиленості та Загазованості

- Аспіраційні системи: Для запобігання підвищеній запиленості під час фасування сумішей, завантаження бункерів та прибирання, обов'язково є наявність та ефективна робота промислової вентиляції та аспіраційних установок.
- Герметизація: Максимальна герметизація технологічного обладнання (місця пересипки, фасування, завантажувальні люки) дозволить значно знизити викиди пилу в робочу зону.
- ЗІЗ: Працівники повинні бути забезпечені респіраторами (наприклад, класу FFP2 або FFP3, залежно від складу пилу та концентрації) та іншим захисним одягом.
- Систематичне прибирання: Регулярне вологе прибирання та використання промислових пилососів для збору пилу.
- Контроль ГДК: Постійний моніторинг концентрації пилу та інших шкідливих речовин у повітрі робочої зони для забезпечення дотримання Гранично Допустимих Концентрацій (ГДК)[2].

5.3.5. Заходи Пожежовибухобезпеки

- Категоризація приміщень: Приміщення, де встановлено систему фасування, слід відносити до відповідної категорії за пожежною небезпекою, наприклад, категорії "Д" (згідно з НПБ 105-03), та дотримуватися всіх вимог для цієї категорії.

					Автоматизована система фасування будівельних сумішей	Аркуш
Зм..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		68

- Системи пожежогасіння: Передбачається наявність внутрішньої водопровідної мережі з протипожежними гідрантами та зовнішньої кільцевої мережі водопроводу.
- Первинні засоби пожежогасіння: Забезпечення приміщень вуглекислотними вогнегасниками та протипожежними щитами з необхідним інструментом (лопати, відра, багри, пісок).
- Системи оповіщення та евакуації: Встановлення автоматичних систем сповіщення про пожежну небезпеку. Наявність чітких табличок "Евакуаційний вихід", поетажних планів евакуації, а також забезпечення вільних проходів та евакуаційних шляхів.
- Зв'язок з пожежною охороною: Організація телефонного зв'язку за номером 101 та розміщення відповідних табличок у кожному приміщенні.
- Навчання персоналу: Доведення до всього персоналу порядку дій у разі виникнення пожежі та регулярне проведення протипожежних інструктажів та тренувань.
- Контроль: Контроль за станом приміщення щодо пожежної безпеки має здійснюватися пожежною частиною організації або відповідним відділом[2].

5.3.6. Організація Роботи з ПК та Ергономіка

- Ергономіка робочого місця: Робоче місце оператора з ПК повинно бути організовано з дотриманням ергономічних вимог. Монітор слід розташовувати таким чином, щоб кут зору на екран становив 10-15 градусів, а відстань до екрана – 400-800 мм.
- Регламент праці та відпочинку: Для запобігання перевтомі та зниженню концентрації уваги, безперервна тривалість роботи за комп'ютером не повинна перевищувати 4 годин протягом 8-годинного робочого дня. Через кожну годину роботи необхідно робити перерву на 5-10 хвилин, а через 2 години – на 15 хвилин.

					Автоматизована система фасування будівельних сумішей	Аркуш
						69
Зм..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- Контроль та дії при несправностях: Працівник зобов'язаний перевіряти розміщення складових частин комп'ютера, наявність та стан захисних кожухів перед початком роботи. Не залишати працюючий комп'ютер без нагляду. У разі виникнення шумів, скрипів, запаху гарі або диму, що можуть призвести до аварії, негайно відключити комп'ютер від електромережі та повідомити керівника та відповідального за технічний стан. По закінченню роботи вимикати ПК згідно з інструкцією та доповідати про всі зауваження та несправності.

					Автоматизована система фасування будівельних сумішей	Аркуш
Зм..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		70

Висновки

У результаті виконання кваліфікаційної роботи було детально досліджено, змодельовано та обґрунтовано впровадження автоматизованої системи фасування будівельних сумішей. Аналіз існуючих технологічних рішень показав, що ручні та напівавтоматичні способи фасування мають значні недоліки, серед яких низька продуктивність, підвищені втрати сировини, низький рівень точності дозування та ризики для безпеки працівників. У зв'язку з цим автоматизація процесів фасування є актуальною та економічно доцільною.

Дана система складається з функціонально взаємозалежних підсистем: бункерного зберігання, точного дозування, пакування, герметизації, маркування, контролю якості та логістики. Всі ці підсистеми інтегровані в єдине середовище управління за допомогою програмованого логічного контролера Siemens LOGO! 8 та панелі оператора Weintek MT8071iE. Крім того, застосування SCADA-системи дозволяє здійснювати моніторинг і керування у реальному часі з можливістю архівування даних і віддаленого доступу.

Окрему увагу є

Впровадження автоматизації зменшує потребу в персоналі та підвищує надійність роботи всієї лінії, що дозволяє суттєво знизити витрати та підвищити ефективність виробництва.

Загалом, автоматизована система фасування є комплексним технічним рішенням, яке забезпечує високу точність, гнучкість, безпеку та економічність у процесі пакування будівельних сумішей. Її впровадження дозволяє не лише оптимізувати технологічні процеси, а й досягти сталого розвитку підприємства в умовах сучасного виробництва

					<i>Автоматизована система фасування будівельних сумішей</i>	Аркуш
						71
Зм..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Список використаних джерел

1. ДСТУ EN 415-10:2018. Безпека пакувальних машин. Частина 10: Вимоги до фасувального обладнання. – К.: ДП «УкрНДНЦ», 2018.
2. ДСТУ EN 60204-1:2015. Безпека машин. Електрообладнання машин. Частина 1: Загальні вимоги. – К.: УкрНДНЦ, 2015.
3. Плахов В.А., Кожевников І.А. Автоматизація технологічних процесів. – Київ: Академія, 2020. – 296 с.
4. Глушко В.В., Ляшенко А.П. Промислові системи автоматизації. – К.: НАУ, 2021. – 432 с.
5. Siemens Pointek CLS200 – Capacitance Level Switch: Product documentation. – <https://www.siemens.com>
6. Danfoss. VLT® Micro Drive FC 51 – Technical Documentation. – <https://www.danfoss.com>
7. ОВЕН. Каталог продукції: контролери, ПЛК, датчики. – <https://owen.ua>
8. Сидоренко В.Ф., Павленко І.В. Проектування технологічних процесів у будівництві. – К.: Ліра-К, 2019.
9. Мацюк В.В. Сухі будівельні суміші: технологія виробництва. – Львів: НУ «Львівська політехніка», 2021.
10. Гузенко В.І. Обладнання підприємств будівельних матеріалів. – Харків: УкрДАЗ, 2020.
11. Чигрин С.І. Автоматизовані системи керування технологічними процесами. – Одеса: ОНАХТ, 2022.
12. Іванченко П.П. Сенсорні системи і промислові контролери. – Київ: КП, 2020.
13. Мартинов С.В. Системи автоматичного регулювання в промисловості. – Харків: Техніка, 2021.
14. <https://plcforum.uz.ua> – Форум інженерів України, SCADA, HMI, ПЛК (прикладі фасувальних рішень).

					Автоматизована система фасування будівельних сумішей	Аркуш
Зм..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		72