

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

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри КСУ

_____ Петро ЛЕОНТЬЄВ

_____ 2024 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
на здобуття освітнього ступеня бакалавр

зі спеціальності 151 – Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології
освітньо-професійної програми
«Комп'ютеризовані системи управління та робототехніка»
на тему: «Автоматизація процесу гранулювання комбікормів»

Здобувача групи СУ-01

Гротан Нізар Мохаммед

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

(підпис)

Нізар ГРОТАН

Керівник: асистент к.т.н., доцент Олександр ЖУРАВЛЬОВ

(посада, науковий ступінь, вчене звання, Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

(підпис)

Суми – 2024

Ном. поз	Формат	Позначення	Найменування	Кількість арку	№ екз.	Прим.
			<u>Документація загальна</u>			
			<u>Застосована</u>			
1			Завдання кафедри	1		
			<u>Новорозроблена</u>			
2		ТЗ	Технічне завдання	2		
3			Реферат	1		
4	A4	СУ-01 6.151.06 ПЗ	Пояснювальна записка	63		
			<u>Документація конструкторська</u>			
			<u>Новорозроблена</u>			
5	A4	СУ-01 6.151.06 А2	Автоматизація процесу гранулювання комбікормів. Функціональна схема автоматизації	1		
6	A4	СУ-01 6.151.06 ПЕ	Автоматизація процесу гранулювання комбікормів. Перелік елементів	1		
7	A4	СУ-01 6.151.06 Е3	Автоматизація процесу гранулювання комбікормів Схема принципова-електрична	4		

					СУ-01 6.151.06.ДП			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.	Гротан Н.М.				Автоматизація процесу гранулювання комбікормів Відомість проєкту	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.	Журавльов О.Ю.						1	2
Реценз.						СумДУ, 2024		
Н. Контр.								
Затверд.	Леонтьєв П.В.							

Міністерство освіти і науки України
Сумський державний університет
Факультет електроніки та інформаційних технологій
Кафедра комп'ютерних наук

ЗАВДАННЯ

на дипломний проєкт студенту

Нізар Гротан

1. Тема проєкту: Автоматизація процесу гранулювання комбікормів
2. Затверджено наказом ректора університету. № 0312-VI від “29” березня 2024р.
3. Термін здавання студентом закінченого проєкту “31” травня 2024р.
4. Вихідні дані до проєкту: звіт з переддипломної практики, публікації, статті.
5. Зміст пояснювальної записки:
6. Перелік графічних матеріалів: 30 рисунків, 13 таблиць, 2 додатки.
7. Календарний план проєктування

Номер етапу	Зміст етапу проєктування	Термін виконання
1	Аналіз завдання кафедри. Складання технічного завдання. Підбір та аналіз літератури і першоджерел.	30.03.2024 – 10.04.2024
2	Аналіз предметної області. Область застосування. Призначення	11.04.2024 – 27.04.2024
3	Розробка Автоматизація процесу гранулювання комбікормів	28.04.2024 – 07.05.2024
4	Розробка основних схем автоматизації.	08.05.2024 – 14.05.2024

5	Розробка інтерфейсу оператора	15.05.2024 – 24.05.2024
6	Оформлення дипломного проекту та супровідної документації	25.05.2024 – 31.05.2024

8. Дата видачі завдання “30” березня 2024р.

Керівник проекту:

асистент, к.т.н., доцент

Олександр ЖУРАВЛЬОВ

Здобувач:

студент гр. СУ-01

Нізар ГРОТАН

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

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

на проектування автоматизованої лінії гранулювання комбікормів

Розробник:
студент групи СУ-01

Нізар ГРОТАН

Погоджено:
асистент, к.т.н., доцент

Олександр ЖУРАВЛЬОВ

Суми – 2024

1. **Назва і галузь застосування:** Автоматизація процесу гранулювання комбікормів; промислове виробництво, виробництво комбікорму.
2. **Підстави для проектування:** Наказ ректора Сумського державного університету № 0312-VI від «29» березня 2024 р, інші договори або замовлення.
3. **Загальний опис об'єкта автоматизації:**
 - a) система призначена для виробництва гранульованого комбікорму, модернізація даного виробництва має покращити якість товару та збільшити його продуктивність, має автоматичний та ручний режим роботи, складається з технологічного устаткування такого як бункери зберігання, гранулятора.
4. **Основні частини системи та структурна схема:**
 - a) описує основні частини системи, дає опис про їх функції та взаємозв'язки, повинен мати графічне зображення структури системи;
 - b) повинна містити не лише блоки пов'язані із технологічним процесом а ще й блоки електрошафи та пультів керування;
 - c) показує читачеві загальний план вашої системи з віддаленого ракурсу, як наприклад карта земної кулі на якій ми бачимо розміщення частин світу;
5. **Опис блоків системи керування :**
 - a) розділ повинен мати підрозділи, у кожному підрозділі описується окремий блок;
 - b) опис блока повинен містити список функцій які повинен виконувати блок, після списку потрібно описати як саме буде реалізована кожна функція;
 - c) підрозділ детально описує елементи блока до найменших деталей включаючи моделі виконавчих механізмів та давачів, при необхідності повинен мати графічні зображення для кращого розуміння;
 - d) кожен підрозділ показує читачеві конкретну частину системи великим планом, наче знімок військової бази з супутника.
6. **Опис алгоритмів та режимів роботи системи:**
 - a) повинен описувати алгоритм роботи системи у тому числі алгоритм взаємодії з оператором;
 - b) опис алгоритму повинен бути чітким та не повинен мати непередбачений результат при виникненні нештатних ситуацій;
 - c) при необхідності може бути доповнений графічними елементами, наприклад блок-схемою;
 - d) даний розділ дає розуміння про алгоритм роботи системи в цілому.
7. **Умови експлуатації системи керування:**

Умови експлуатації технічних засобів, що встановлюються в приміщенні на щитах керування:

- а) температура навколишнього середовища – від плюс 5 до 50°C
- б) відносна вологість до 80% при температурі до 25°C;
- в) атмосферний тиск від 84 до 106,7 кПа (від 630 до 800 мм рт. ст.);
- г) живлення БЖ для шафи управління – 380В; частота – 50 Гц; живлення ПЛК – 24В; живлення панелі оператора – 24В.

8. Технічні вимоги:

Склад технічних засобів системи:

- а) первинні перетворювачі (давачі);
- б) вимірювачі, що встановлюються безпосередньо на обладнанні;
- в) мікропроцесорний контролер;
- г) засоби відображення і представлення інформації;
- д) засоби введення оперативної і керуючої інформації;
- е) виконавчі механізми;
- є) регулюючі органи;
- ж) перетворювачі сигналів

ДСТУ 21.404 – 85 Автоматизація технічних процесів; ДСТУ 12.2.016 – 81 Система стандартів безпеки праці. Загальні вимоги безпеки.

9. Стадії та етапи проектування:

Номер етапу	Зміст етапу проектування	Термін виконання
1	Аналіз завдання кафедри. Складання технічного завдання. Підбір та аналіз літератури і першоджерел.	30.03.2024 – 10.04.2024
2	Аналіз предметної області. Область застосування. Призначення	11.04.2024 – 27.04.2024
3	Розробка автоматизованої лінії гранулювання комбікормів	28.04.2024 – 07.05.2024
4	Розробка основних схем автоматизації.	08.05.2024 – 14.05.2024
5	Розробка інтерфейсу оператора	15.05.2024 – 24.05.2024

6	Оформлення дипломного проекту та супровідної документації	25.05.2024 – 31.05.2024
---	---	----------------------------

10. Додатки:

Конструкторська документація:

- СУ-01 6.151.06 С1 Структурна схема Автоматизація процесу гранулювання комбікорму.
- СУ-01 6.151.06 А2 Автоматизація процесу гранулювання комбікорму.
- СУ-01 6.151.06 Е3 Автоматизація процесу гранулювання комбікорму.

Додаток А. Алгоритм програми

Додаток Б. Лістинг програми

АНОТАЦІЯ

Гротан Нізар Мохаммед. Автоматизація процесу гранулювання комбікормів. Дипломний проєкт. Сумський державний університет. Суми - 2024 р.

Дипломний проєкт містить 63 аркушів пояснювальної записки, 28 рисунків, 13 таблиць, 2 додатки, 2 схеми. При виконанні дипломного проєкту було використано 16 літературних джерел.

Актуальність теми "Автоматизація процесу гранулювання комбікормів" обумовлена зростаючим попитом на якісні комбікорми, необхідністю підвищення ефективності виробництва та забезпечення високої якості продукції. Автоматизація дозволяє оптимізувати використання ресурсів, знизити собівартість, забезпечити стабільність характеристик готового продукту та відповідати сучасним вимогам енергоефективності й екологічності. Дослідження та впровадження новітніх технологій автоматизації є перспективним напрямком розвитку галузі, що сприяє підвищенню її ефективності та конкурентоспроможності в довгостроковій перспективі.

У роботі розкриваються такі теми, як аналіз та огляд системи, автоматизація процесу гранулювання комбікормів, підбір технічних засобів автоматизації, розробка схеми електрично принципової та розробка інтерфейсу оператора, розробка ПЗ.

Ключові слова: система керування, гранулювання, комбікорм.

Міністерство освіти і науки України
Сумський державний університет
Факультет електроніки та інформаційних технологій
Кафедра комп'ютерних наук

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри КСУ
_____ Петро ЛЕОНТЬЄВ
_____ 2024 р.

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
до дипломного проєкту
«Автоматизація процесу гранулювання комбікормів»

Керівник проєкту:
асистент, к.т.н., доцент

Олександр ЖУРАВЛЬОВ

Здобувач:
Студент групи СУ-01

Нізар ГРОТАН

ЗМІСТ

ВСТУП.....	3
РОЗДІЛ 1 ЗАГАЛЬНА ІНФОРМАЦІЯ ПРО ОБ'ЄКТ	5
1.1. Опис та призначення установки	5
1.2. Обладнання гранувальної установки	7
1.3. Характеристики системи	9
РОЗДІЛ 2. АВТОМАТИЗАЦІЯ ПРОЦЕСУ ГРАНУЛЮВАННЯ КОМБІКОРМУ.....	13
2.1 Технологія виробництва гранульованого комбікорму.....	13
2.2 Функціональні задачі автоматизації	14
2.3 Контури керування	14
2.3.1 Контур зберігання сировини.....	14
2.3.2 Контур виробництва гранул.....	16
2.3.3 Контур зберігання гранул.....	18
РОЗДІЛ 3 ВИБІР ЗАСОБІВ АВТОМАТИЗАЦІЇ	21
3.1 Вибір контролера.....	21
3.2 Вибір сенсорів	25
3.3. Вибір ВМ	30
РОЗДІЛ 4. РОЗРОБКА НМІ.....	35
4.1 Загальні поняття.....	35
4.2 Вибір ПЗ	37
4.3 НМІ автоматизованої лінії з виробництва гранул комбікорму.....	39
РОЗДІЛ 5. ПРОГРАМА ПЛК	42
5.1 Вибір мови програмування.....	42
5.2 Розробка алгоритму	45
5.3 Розробка програми.....	48
ВИСНОВОК.....	53
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	54

					СУ-01 6.151.06.ПЗ			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Гротан Н.М.</i>			<i>Автоматизація процесу гранулювання комбікорму Пояснювальна записка</i>	<i>Лім.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Журавльов О.Ю.</i>					2	63
<i>Реценз.</i>						СумДУ, СУ-01		
<i>Н. Контр.</i>								
<i>Затверд.</i>		<i>Леонтьев П.В.</i>						

ВСТУП

Виробництво комбікормів відіграє важливу роль у забезпеченні ефективного розвитку тваринництва та птахівництва. Якісні комбікорми є запорукою здоров'я та продуктивності сільськогосподарських тварин і птиці. Одним із ключових етапів у виробництві комбікормів є процес гранулювання, який дозволяє підвищити поживну цінність корму, збільшити його щільність та полегшити транспортування і зберігання.

Попри переваги гранульованих комбікормів, процес їх виробництва все ще часто залишається недостатньо автоматизованим, що може призводити до низької ефективності, високих витрат та нестабільної якості продукції. Ручне управління процесом гранулювання вимагає значних зусиль від персоналу та не забезпечує необхідної точності та оперативності.

Актуальність даної дипломної роботи полягає в необхідності розробки ефективної системи автоматизованого управління процесом гранулювання комбікормів, яка дозволить підвищити продуктивність виробництва, знизити витрати ресурсів та забезпечити стабільну високу якість кінцевого продукту.

Метою роботи є створення автоматизованої системи управління процесом гранулювання комбікормів, яка забезпечить оптимальний перебіг технологічного процесу, своєчасне виявлення та усунення відхилень, а також надійний контроль якості продукції.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі завдання:

1. Провести аналіз існуючих технологічних рішень та методів автоматизації процесу гранулювання комбікормів.
2. Розробити проєкт автоматизації процесу гранулювання.
3. Розробити алгоритм роботи системи.
4. Обрати необхідне обладнання та програмне забезпечення для реалізації системи.
5. Розробити SCADA систему.

					СУ-01 6.151.06.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		3

Об'єктом дослідження є процес гранулювання комбікормів на виробничому підприємстві. Предметом дослідження виступає система автоматизованого управління процесом гранулювання комбікормів.

Практична значущість роботи полягає у можливості впровадження розробленої системи автоматизованого управління на виробництвах комбікормів, що дозволить підвищити продуктивність, знизити витрати ресурсів та забезпечити стабільну якість кінцевої продукції.

					<i>СУ-01 6.151.06.ПЗ</i>	<i>Лист</i>
						4
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		

РОЗДІЛ 1 ЗАГАЛЬНА ІНФОРМАЦІЯ ПРО ОБ'ЄКТ

1.1. Опис та призначення установки

В Україні досить добре розвинуте фермерське господарство. Люди вирощують як багато культурних рослин, так і багато свійських тварин. Щоб свійські тварини росли і розвивалися їх необхідно чимось годувати. Оскільки люди є споживачами культурних рослин, наприклад візьмемо до уваги цукровий буряк. Людство навчилося добувати з нього цукор, шляхом віджиму соку з бурякової маси. Цукор видобувають саме з патоки, а сама бурякова маса відправляється на заводи по виготовленню комбікормів.

Комбікорм, пройшовши грануляцію, подається у вигляді гранул, циліндричної форми, діаметр, яких становить 5..10 мм і довжиною не більше 20 мм. Дрібніші гранули частіше використовуються для годівлі птиці, а гранули розміром 4-6 мм - для дорослої птиці, великої рогатої худоби, коней, свиней та риб.

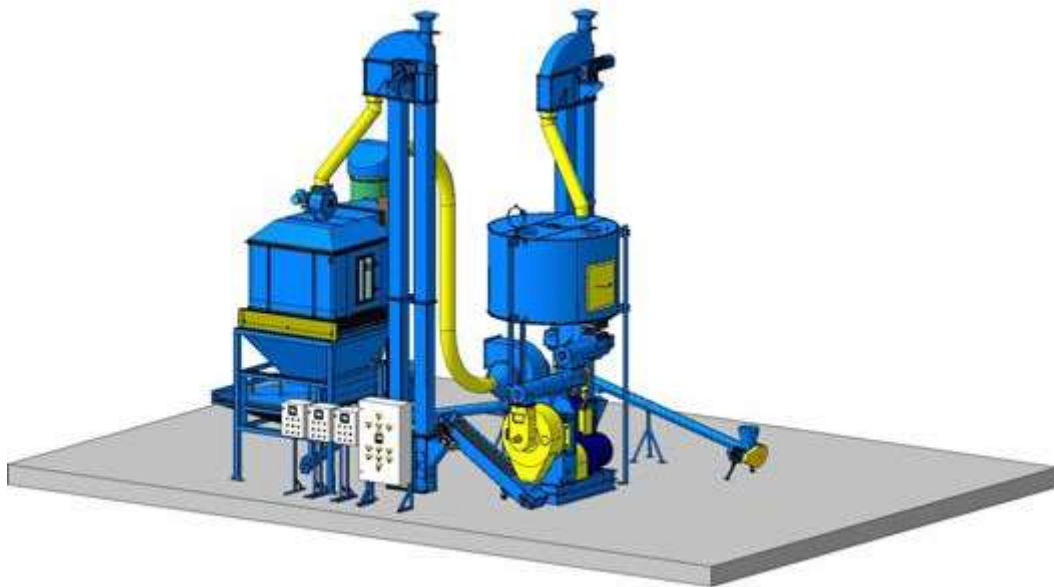


Рисунок 1.1 – Виробнича лінія комбікорму

					СУ-01 6.151.06.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		5

Кожна окрема гранула містить повний комплекс всіх життєво важливих поживних речовин, що є вагомою перевагою гранульованого комбікорму. На відміну від розсипного корму, споживання гранульованого є більш оптимальним для тварин. Розсипний комбікорм має недолік через свою дрібнофракційність, що не дозволяє його ефективного споживання. Наприклад, птиця не встигає повністю з'їсти розсипний корм, через що значна частина його розсипається, мажеться, розпорошується та стає непридатною.



Рисунок 1.2 – Гранули комбікорму

Гранульована форма комбікорму корисна як для великої рогатої худоби, так і для свиней. Ці тварини можуть легко повністю з'їдати гранули, розтираючи їх своїми міцними щелепами. Також гранульований комбікорм дуже зручний для годівлі риб, оскільки гранули можуть довго знаходитися у воді, зберігаючи при цьому поживні речовини.

Однак, деякі фахівці вважають, що висока температура, значна парова вологість і сам процес пресування під час грануляції можуть призвести до втрати комбікормом деяких важливих властивостей. Наприклад, може руйнуватися структура амінокислот, зокрема метіоніну, а також втрачатися біологічно активні елементи.

Незважаючи на можливі втрати деяких поживних речовин під час грануляції, результати годівлі тварин гранульованим комбікормом все ж кращі, ніж годівля розсипним кормом. Обсяги втрат при гранулюванні значно менші, ніж при використанні розсипного корму, який, як зазначалося раніше, не є ефективним методом годівлі.

Однією з переваг гранульованого комбікорму є зручність його транспортування, включно з перевезенням насипом. При цьому втрати під час транспортування практично відсутні.

Ще однією перевагою є тривалий термін зберігання гранульованого комбікорму. Під час процесу грануляції корм проходить антибактеріальну обробку, що дозволяє йому довго зберігати не тільки свою форму, але й усі поживні речовини.

Сучасні комбікормові заводи використовують дві технології грануляції: перша - лінія, що працює з сухою сировиною, друга - лінія, що працює з вологою сировиною.

Перший метод - сухий. Він передбачає пропарювання сухого комбікорму парою. Для підвищення в'язкості до нього можуть додаватися різні добавки, такі як жири, меляса, гідрол та інші компоненти.

Другий метод - вологий. Він використовує гарячу воду температурою не нижче 70°C. Води додається стільки, щоб досягти вологості сировини до 35%. Після цього із вологої суміші формуються гранули, які потім просушують та охолоджують.

Отже, різниця між методами полягає у використанні гарячої пари чи гарячої води для зволоження сировини, а також у різних допоміжних компонентах, що можуть додаватися для поліпшення процесу грануляції та якості готового продукту.

1.2. Обладнання гранувальної установки

					СУ-01 6.151.06.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		7

Гранульована установка складається з прес гранулятора, дозатора, циклонів, вентилятора сортування, охолоджувача, сортувальника, шафи керування, відбірника гранул.

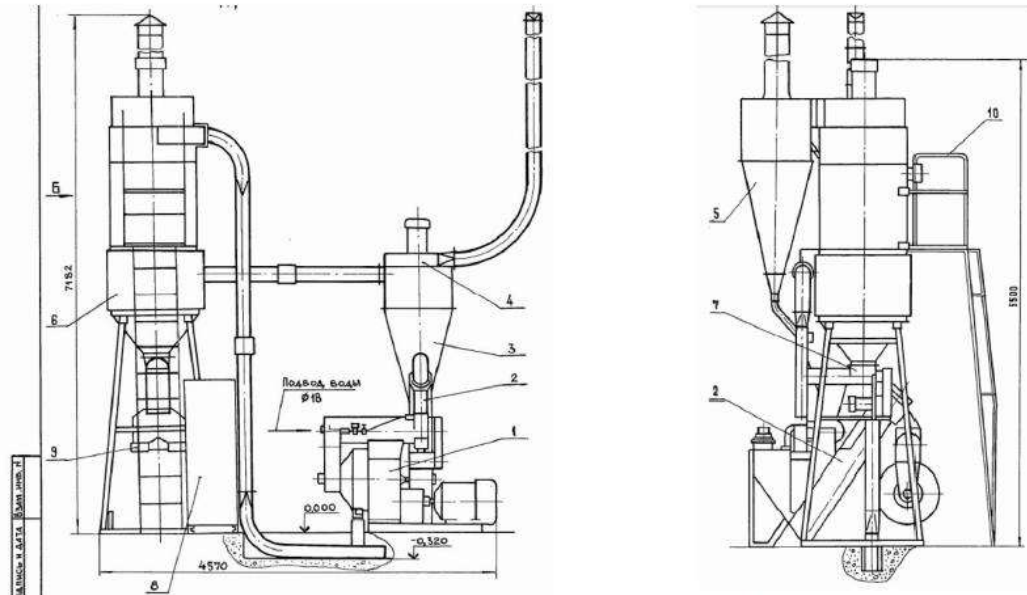


Рисунок 1.3 – Обладнання комбікормового гранулятора

1 - прес гранулятор; 2 - дозатор; 3 – циклон; 4 – вентилятор сортування; 5 – циклон; 6 – охолоджувач; 7 – сортувальник; 8 – шафа керування; 9 – відбірник гранул; 10 - площадка

Розглянемо призначення кожної позиції гранульованої установки:

Прес-гранулятор - основний вузол, який формує гранули з комбікормової суміші під високим тиском та температурою.

Дозатор - подає однорідну комбікормову суміш певної щільності в прес-гранулятор.

Циклони - очищають повітря від дрібних часток комбікорму після прес-гранулятора.

Вентилятор сортування - створює потік повітря для відокремлення дрібних часток від гранул.

Охолоджувач - знижує температуру гарячих гранул після прес-гранулятора для їх стабілізації.

Сортувальник - розділяє гранули за розмірами за допомогою сит або інших пристроїв.

Шафа керування - містить прилади контролю та управління всіма вузлами установки.

Відбірник гранул - збирає готові гранули належного розміру для пакування або зберігання.

Таким чином, кожен елемент виконує певну функцію для формування, очищення, охолодження, сортування та збору гранульованого комбікорму відповідно до технологічних вимог.

1.3. Характеристики системи

Основні характеристики:

Продуктивність: 10 000 кг/год (це означає, що установка може виробляти 10 тонн гранульованого комбікорму за годину).

Діаметр гранул: 8-10 мм.

Довжина гранул: 20-30 мм.

Інші характеристики:

Тип приводу: електричний (установка працює від електродвигуна).

Потужність двигуна: 75 кВт.

Частота обертання валів: 1450 об/хв.

Тип матриці: плоска (гранули формуються за допомогою плоскої матриці).

Діаметр матриці: 600 мм.

Ширина матриці: 1000 мм.

Тип шнека подачі: стрічковий (комбікорм подається до матриці за допомогою стрічкового шнека).

Продуктивність шнека подачі: 12 000 кг/год (шнек може подавати до матриці 12 тонн комбікорму за годину).

					СУ-01 6.151.06.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		9

Тип міксер: зішкребковий (установці використовується зішкребковий міксер для змішування інгредієнтів комбікорму).

Об'єм міксер: 2000 л.

Тип охолоджувача: протипотоковий (гранули охолоджуються потоком повітря, що йде в протилежному напрямку).

Продуктивність охолоджувача: 12 000 кг/год (охолоджувач може охолоджувати 12 тон гранул за годину).

Габарити: 8000 x 4000 x 3000 мм.

Вага: 10 000 кг.

Додаткові характеристики:

Матеріал корпусу: сталь.

Система автоматичного керування: установка оснащена системою автоматичного керування, яка полегшує її роботу.

Технічні характеристики подано у вигляді таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Технічні характеристики системи

Параметр	Значення	Одиниця виміру
Продуктивність	10000	кг/год
Діаметр гранул	8-10	мм
Довжина гранул	20-30	мм
Тип приводу	Електричний	-
Потужність двигуна	75	кВт
Частота обертання валів	1450	об/хв
Тип матриці	Плоска	-
Діаметр матриці	600	мм
Ширина матриці	1000	мм
Тип шнека подачі	Стрічковий	-
Продуктивність шнека подачі	12000	кг/год
Тип міксер	Зішкребковий	-

Об'єм міксер	2000	л
Тип охолоджувача	Протипотоковий	-
Продуктивність охолоджувача	12000	кг/год
Габарити	8000 x 4000 x 3000	мм
Вага	10000	кг

Для забезпечення безпечної та надійної роботи гранулювальної комбікормової установки продуктивністю 10000 кг/год необхідно дотримуватися таких експлуатаційних вимог:

1. Технічні вимоги:

Розташування: Установка повинна бути встановлена на рівній твердій основі в добре провітрюваному приміщенні.

Підключення до електромережі: Установка повинна бути підключена до електромережі відповідної напруги та потужності.

Підключення до водопроводу: Установка повинна бути підключена до водопроводу для подачі води для охолодження гранул.

Підключення до системи аспірації: Установка повинна бути підключена до системи аспірації для видалення пилу.

2. Експлуатаційні вимоги:

Завантаження сировини: Сировина для гранулювання повинна бути подрібнена до розміру частинок не більше 5 мм.

Вологість сировини: Вологість сировини для гранулювання повинна бути в межах 10-14%.

Продуктивність: Продуктивність установки не повинна перевищувати номінальну.

Температура гранул: Температура гранул на виході з установки не повинна перевищувати 80°C.

Зберігання гранул: Гранули повинні зберігатися в сухому прохолодному місці.

3. Вимоги до технічного обслуговування:

Регулярно перевіряти рівень масла в редукторі.

Регулярно чистити шнек подачі та матрицю.

Регулярно оглядати та при необхідності міняти зношені деталі.

Проводити планові технічні огляди установки не рідше одного разу на рік.

4. Вимоги до ремонту:

Ремонт установки повинен здійснюватися кваліфікованим персоналом.

Для ремонту використовувати тільки оригінальні запасні частини.

Після ремонту провести пробний запуск установки.

5. Вимоги до безпеки:

До роботи з установкою допускаються тільки особи, які пройшли інструктаж з техніки безпеки.

Під час роботи з установкою необхідно використовувати засоби індивідуального захисту.

Заборонено працювати з установкою у випадку пошкодження або несправності.

Заборонено вносити зміни в конструкцію установки без узгодження з виробником.

					СУ-01 6.151.06.ПЗ	<i>Лист</i>
						12
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		

РОЗДІЛ 2. АВТОМАТИЗАЦІЯ ПРОЦЕСУ ГРАНУЛЮВАННЯ КОМБІКОРМУ

2.1 Технологія виробництва гранульованого комбікорму

Детальніше ознайомитися з технологічним процесом виробництва гранульованого комбікорму, можна за допомогою схеми інформаційно – матеріальних потоків, зображену на рисунку 2.1, а також структурної схеми процесу виробництва, зображеного на рисунку 2.2.

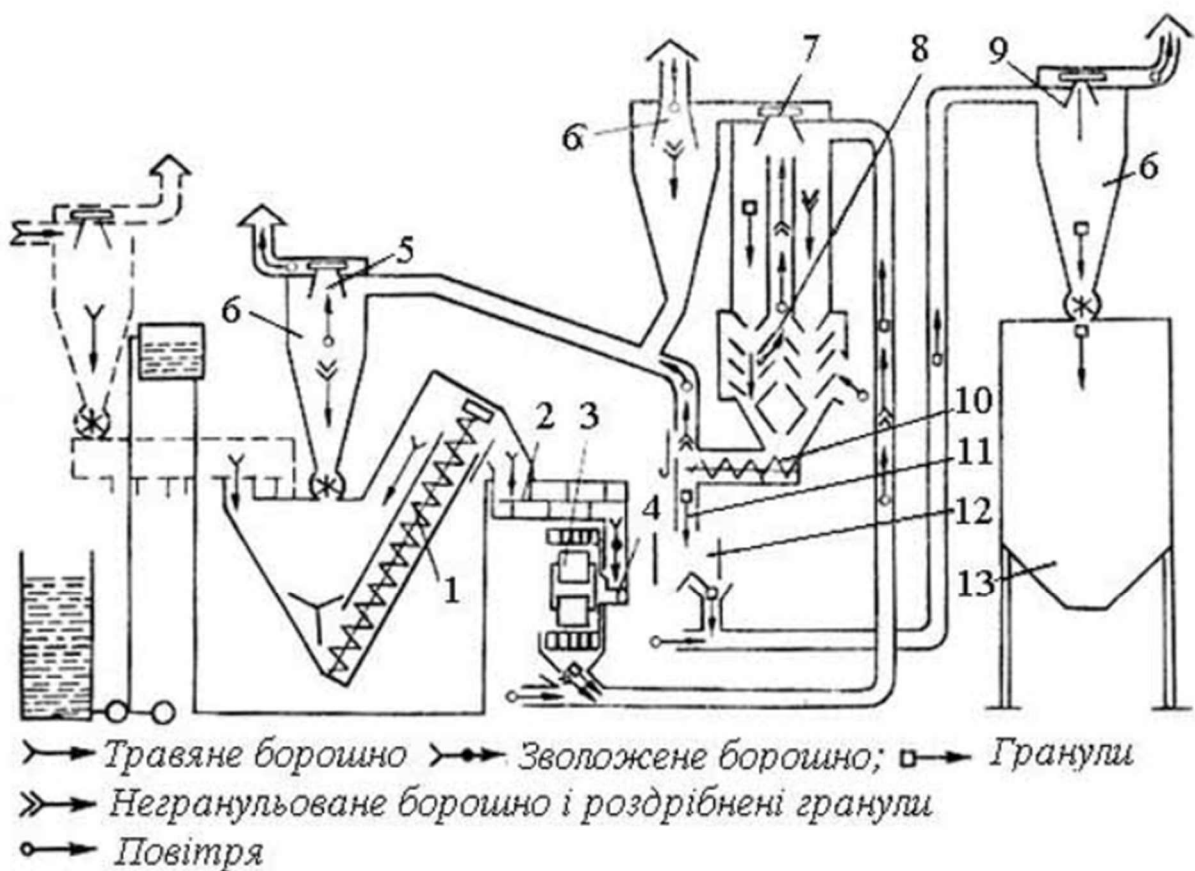


Рисунок 2.1 – Схема інформаційно-матеріальних потоків



Рисунок 2.2 – Структурна схема виробництва

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

2.2 Функціональні задачі автоматизації

Спираючись на огляд системи, призначення установки, схему інформаційно-матеріальних потоків, а також структурну схему можемо сформулювати наступні функціональні задачі автоматизації:

1. Забезпечити правильне зберігання сировини.
2. Забезпечити процес дозування та змішування.
3. Регулювання та контроль процесу пропарювання.
4. Забезпечити процес гранулювання за допомогою пресу.
5. Забезпечити охолодження та правильне зберігання гранул.

2.3 Контури керування

Автоматизовану систему виробництва комбікорму можна розбити на декілька контурів керування. Це необхідно для детального опису процесів, які відбуваються в установці з виготовлення гранульованого комбікорму.

2.3.1 Контур зберігання сировини

Контур зберігання сировини у гранульованій установці потрібен для виконання кількох важливих функцій:

1. Зберігання сировинних компонентів комбікорму (злаків, білково-вітамінних добавок, преміксів тощо) в належних умовах.
2. Запобігання пошкодженню, забрудненню або псуванню компонентів під час зберігання.
3. Забезпечення безперервної подачі сировини у виробничий цикл грануляції.
4. Контрольований відбір необхідної кількості кожного компонента для формування заданого рецепту комбікорму.

					СУ-01 6.151.06.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		14

5. У деяких випадках - підготовка (сушіння, подрібнення) окремих компонентів перед включенням у суміш.

Зазвичай контур зберігання включає силоси, бункери, ємності із системами завантаження/вивантаження, транспортування, дозування компонентів. Також можуть бути присутні пристрої для сушки, охолодження, подрібнення. Усе це забезпечує збереження якості сировини та готовність до ефективного виробництва комбікорму.

На рисунку 2.3 зображено контур зберігання сировини

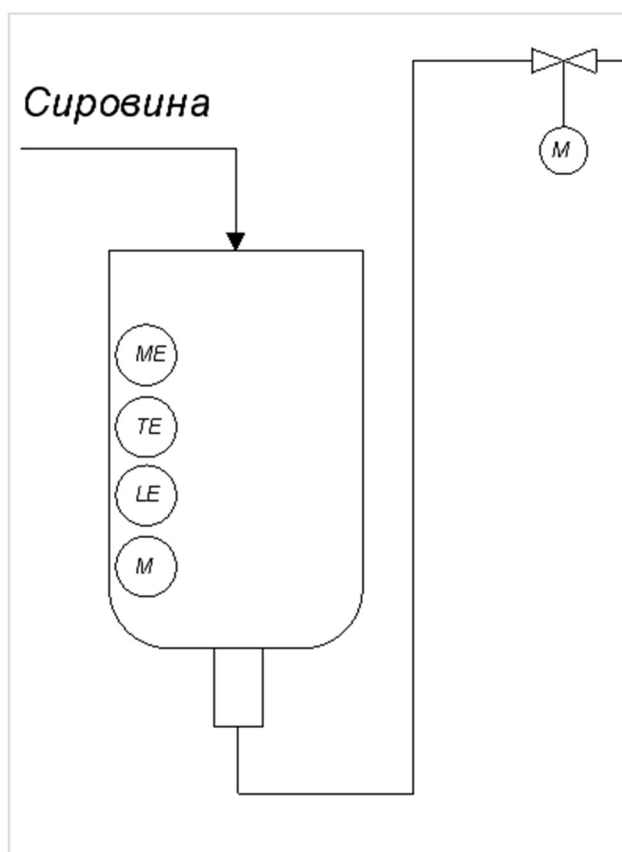


Рисунок 2.3 - Контур зберігання сировини

До цього контуру входить такі основні елементи:

- Датчик рівня: потрібен для індикації рівня сировини.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

СУ-01 6.151.06.ПЗ

Лист

15

- Електропривід: потрібен для провітрювання та подачі сировини до гранульованого контуру.
- Датчик температури та вологості: необхідний для створення мікроклімату в середині бункеру.

2.3.2 Контур виробництва гранул

Контур виробництва гранул є ключовим у гранульованій установці та призначений для наступних цілей:

1. Приготування комбікормової суміші з сировинних компонентів відповідно до рецептури. Це відбувається в спеціальному змішувачі, де всі компоненти ретельно перемішуються для отримання однорідної суміші.
2. Зволоження комбікормової суміші для її ущільнення перед гранулюванням. Зазвичай використовується гаряча пара або вода для підвищення в'язкості маси.
3. Гранулювання суміші за допомогою прес-гранулятора. Це основний вузол, де суміш під високим тиском та температурою проходить через матрицю з отворами і формується у вигляді циліндричних гранул.
4. Охолодження сформованих гарячих гранул для їх стабілізації та запобігання подальшого руйнування. Це відбувається в спеціальному охолоджувачі.
5. Просіювання гранул для видалення дрібних частинок та відокремлення гранул необхідного розміру. Використовуються сита та повітряні сепаратори.
6. Збір та відвантаження готових гранул для подальшого пакування, транспортування або безпосереднього використання.

Таким чином, контур виробництва гранул об'єднує всі ключові етапи - від підготовки суміші до формування, охолодження та відвантаження готового гранульованого комбікорму.

На рисунку 2.4 зображено контур виробництва гранул

					СУ-01 6.151.06.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпись	Дата		16

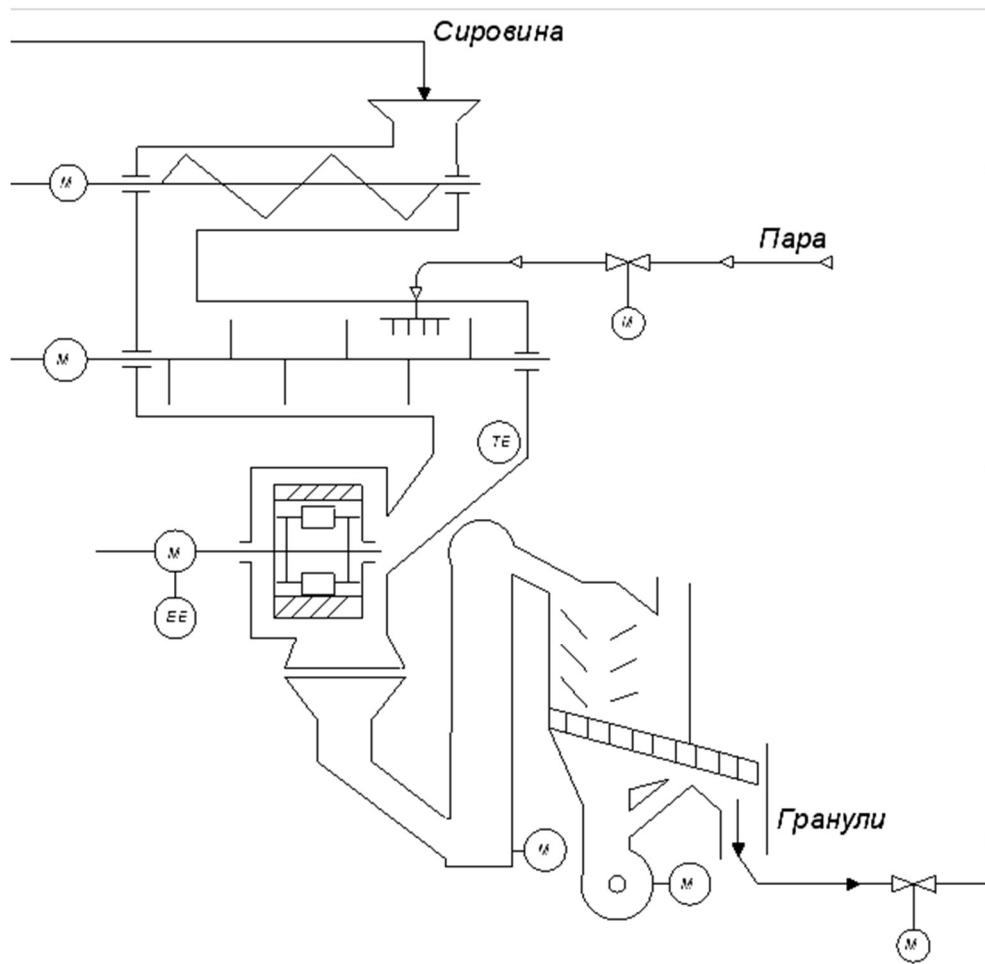


Рисунок 2.4 - Контур виробництва гранул

Спочатку сухі компоненти комбікорму, підготовлені для гранулювання, надходять до шнекового дозатора. Дозатор рівномірно подає ці компоненти в змішувач.

У змішувачі до сухої суміші компонентів додається гаряча пара для її зволоження. Потім суміш інтенсивно перемішується в змішувачі для рівномірного розподілу вологи та отримання однорідної маси.

Після зволоження паром та перемішування у змішувачі, підготовлена суміш надходить до прес-гранулятора. Тут вона зтягується між матрицею (перфорованою поверхнею) і обертовими роликками, які протискають суміш через радіальні отвори матриці, формуючи циліндричні гранули.

Спеціальний ніж відокремлює сформовані гранули від матриці. Після цього гранули норією (гвинтовим конвеєром) подаються в охолоджувальну колонку.

В охолоджувальній колонці через шар гарячих гранул продувається зовнішнє повітря. Це дозволяє охолодити та підсушити гранули, завдяки чому вони набувають необхідної міцності.

Після охолодження гранули потрапляють на сортувальний пристрій, де відбувається відділення гранул необхідного розміру від дрібняку та незгранульованих компонентів. Відходи у вигляді дрібних часток та незгранульованої суміші направляються назад на повторне гранулювання.

Таким чином, гранули проходять такі етапи: формування в прес-грануляторі, відокремлення ножем, охолодження та сушіння в колонці, відсортування гранул належного розміру.

2.3.3 Контур зберігання гранул

Контур зберігання гранул потрібен для наступних цілей:

1. Акумуляція готового гранульованого комбікорму після виробничого циклу. Це дозволяє безперервно проводити гранулювання без простоїв, пов'язаних із відвантаженням продукції.
2. Тимчасове зберігання гранул в належних умовах (герметичні силоси/бункери) для запобігання їх псуванню, розсипанню, втраті поживних властивостей.
3. Формування партій гранульованого комбікорму певних об'ємів та рецептур для подальшого відвантаження замовникам.
4. Можливість додаткового охолодження гранул (якщо потрібно) у спеціальних охолоджувачах.
5. Зручність відвантаження готової продукції в автомобільний, залізничний або інший вид транспорту через спеціальні завантажувальні вузли.
6. Забезпечення безперебійного постачання гранульованого комбікорму на фермерські господарства або інші місця використання.

					СУ-01 6.151.06.ПЗ	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		18

Таким чином, контур зберігання є буферною ланкою між виробництвом та відвантаженням, що дозволяє акумулювати, зберігати, формувати партії і зручно відвантажувати готовий гранульований комбікорм.

На рисунку 2.5 зображено контур зберігання гранул

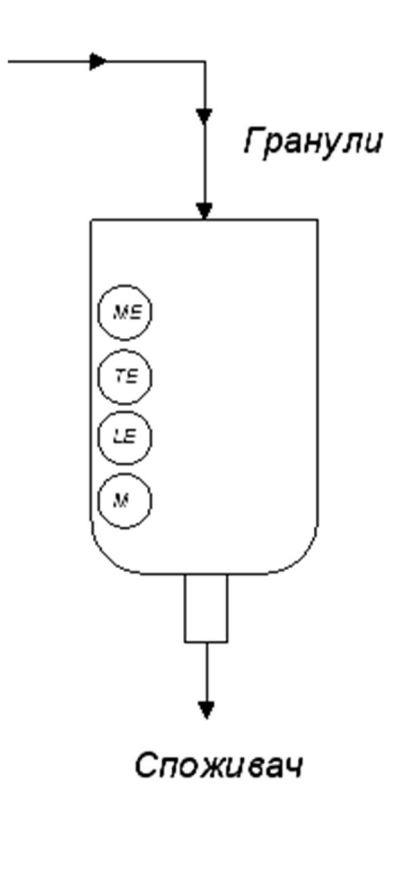


Рисунок 2.5 - Контур зберігання гранул

Проаналізувавши контури керування, можемо створити таблицю вхідних – вихідних сигналів.

Таблиця 2.1 – Таблиця вхідних сигналів

Таблиця вхідних сигналів			
№	Назва сигналу	Діапазон вим.	Тип сигналу
1	Температура x2	0...250 С*	4...20мА
2	Витрата гранульованої маси (ТС) x1	0...100 кг\год	4...20мА
3	Вологомір x2	0...100%	4...20мА
4	Рівень x2	0...1	DI

Таблиця 2.2 – Таблиця вихідних сигналів

Таблиця вихідних сигналів			
№	Назва сигналу	Тип сигналу	ВМ
1	Електропривод шнеків	3xDO	електропривод 380 В 50 Гц
2	Електропривод кранів	1xАО	електродвигун 220 В 50 Гц
3	Вентилятори	2xDO	380 В 50 Гц
4	Електропривод	2xАО	електродвигун 380 В 50 Гц

РОЗДІЛ 3 ВИБІР ЗАСОБІВ АВТОМАТИЗАЦІЇ

3.1 Вибір контролера

Програмований логічний контролер (ПЛК) - це пристрій, який може керувати різноманітними процесами як в автоматичному, так і в ручному режимі через оператора. ПЛК може отримувати сигнали від датчиків та видавати керуючі сигнали на виконавчі механізми. Він складається з процесора, оперативної та постійної пам'яті, портів вводу/виводу (I/O), різних інтерфейсів зв'язку, таких як Ethernet, RS-232, RS-485 та інші.

Усі ці компоненти забезпечують належне функціонування як самого логічного контролера, так і периферійних пристроїв. Для програмування контролера зазвичай використовується міжнародний стандарт IEC 61131-3, який включає такі мови програмування:

Structured Text (ST)

Instruction List (IL)

Ladder Diagram (LD)

Function Block Diagram (FBD)

Sequential Function Chart (SFC)

Постала необхідність вибору логічного контролера для автоматизації процесу гранулювання комбікорму. Після аналізу ринку, вибір було зроблено на користь ПЛК Siemens S7-1200, перевагами якого є надійність та швидкість.



Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

СУ-01 6.151.06.ПЗ

Лист

21

Рисунок 3.1 – ПЛК SIEMENS S7-1200

Таблиця 3.1 – Технічні характеристики ПЛК SIEMENS S7-1200 [6]

Характеристики	Значення
Живлення, В	24
Потужність, Вт	12
Кількість входів, AI	2, 0 - 10 В
Кількість входів, AO	2, 0 - 20 мА
Кількість входів, DI	10, 24 В; 4, RS-485
Кількість входів, DO	4; 4, RS-485
Робоча температура навколишнього середовища, *С	-20...60

Хоча обраний програмований логічний контролер Siemens S7-1200 має обмежену кількість портів вводу/виводу, цю проблему можна вирішити шляхом встановлення додаткових модулів розширення, які підключаються до ПЛК. Для вирішення поставленої задачі було вирішено обрати модуль вводу/виводу аналогових сигналів. Непоганим вибором для цієї мети є модуль SM 1234, зображений на рисунку 3.2. Він дозволить розширити функціональність ПЛК та забезпечити необхідну кількість портів вводу/виводу для обробки аналогових сигналів.



Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

СУ-01 6.151.06.ПЗ

Лист

22

Рисунок 3.2 - Модуль вводу-виводу аналогових сигналів SM 1234

Його технічні характеристики наведені в таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 – Параметри модуля вводу - виводу

Характеристика	Значення
Кількість входів	4
Кількість виходів	2
Живлення, В	24
Потужність, Вт	2
Допустима вхідна напруга, В	35
Допустимий вхідний струм, мА	40
Робоча температура навколишнього середовища, *С	-20...60

Оскільки система працює не лише з аналоговими, але й з цифровими сигналами, виникає потреба у встановленні додаткового модуля вводу/виводу для обробки цифрових сигналів. Для цієї мети ідеально підходить модуль SM1223, зображений на рисунку 3.3.



Рисунок 3.3 – Модуль вводу-виводу дискретних сигналів SM 1223

Технічні характеристики модуля SM 1223 можемо переглянути в таблиці 3.3.

Таблиця 3.3 – Параметри модуля SM 1223

Характеристика	Значення
Кількість входів	8
Кількість виходів	8
Живлення, В	24
Потужність, Вт	2.5
Допустима вхідна напруга, В	24
Допустимий вхідний струм, мА	4
Робоча температура навколишнього середовища, *С	-20...60

Для створення верхнього рівня системи управління, необхідний промисловий комп'ютер. Цей ПК буде використовуватися для керування та

моніторингу процесу виробництва не лише безпосередньо на виробничій лінії, але й з операторської кімнати.

В якості промислового ПК було обрано модель DELL OPTIPLEX 3000 SFF, зображену на рисунку 3.4. Ця модель ідеально підходить для поставлених завдань.

Крім того, для забезпечення зручного відображення даних та керування системою було вирішено додати монітор. Вибір впав на 27-дюймовий монітор SAMSUNG F27T350F, який також зображено на рисунку 3.4. Він забезпечить чітке та комфортне відображення інформації з системи управління виробництвом комбікорму.



Рисунок 3.4 – Промисловий комп'ютер DELL OPTIPLEX 3000 SFF та монітор 27» SAMSUNG F27T350F

Детальний розгляд характеристик обраного промислового комп'ютера DELL OPTIPLEX 3000 SFF не є необхідним. Його технічні можливості цілком достатні для запуску SCADA-системи, керування виробничим процесом та контролю параметрів.

3.2 Вибір сенсорів

Для вимірювання температури на всіх етапах виробництва гранульованого комбікорму можна використати датчик Danfoss MBT 3270. Цей датчик оснащений

					СУ-01 6.151.06.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		25

кремнієвим терморезистором КТҮ 2000, що забезпечує точність вимірювань. Двопровідна лінія зв'язку захистить від впливу електромагнітних перешкод та шумів.

Високий опір давача мінімізує вплив опору з'єднувальних проводів, що дозволяє встановлювати датчик на значній відстані від контролера без втрати точності вимірювань. Це забезпечить гнучкість розміщення датчиків температури на виробничій лінії відповідно до необхідних точок контролю.

Danfoss MBT 3270 є надійним рішенням для безперебійного моніторингу температури на різних ділянках процесу виготовлення гранул комбікорму.



Рисунок 3.5 - Danfoss MBT 3270

Таблиця 3.4 – Технічні характеристики датчика Danfoss MBT 3270

Характеристика	Значення
Чутливий елемент	Кремнієвий резистор КТҮ2000
Діапазон вим. температури	-50...+150 *С
Точність виміру	EN 60751 class B
Конектор	AMP Junior Power Timer
Опір чутливого елементу	2 кОм (при температурі 0 *С)

Для вимірювання вологості під час виробництва гранул можна використовувати датчик вологості моделі TC100033 від італійського виробника Tesnocooling, зображений на рисунку 3.6.



Рисунок 3.6 – Датчик вологи TC100033

Таблиця 3.5 – Параметри датчика вологи

Характеристика	Значення
Модель давача	TC100033
Сигнал	4...20мА
Діапазон виміру	0...99%
Виготовлено в відповідності з	СЕ вимогами

Цей датчик розроблений спеціально для застосування у харчовій промисловості та має відповідні сертифікати якості та безпеки. Його конструкція забезпечує точні та надійні показники вмісту вологи на різних етапах технологічного процесу.

Встановлення датчика TC100033 дозволить ефективно контролювати рівень вологості сировини, та вологості гранул комбікорму, що є критично важливим для забезпечення високої якості гранул та дотримання вимог до їх зберігання.

Щоб зважувати виготовлені гранули комбікорму, необхідно підібрати тензOMETричний датчик. Обраний датчик моделі CZL803-M має діапазон

зважування до 2 тонн. Він працює на основі перетворення деформацій, що виникають під навантаженням, в електричний сигнал.

Такий принцип дії дозволяє точно вимірювати масу гранул комбікорму. Конструкція датчика CZL803-М, зображеного на рисунку 3.7, розрахована на надійну та стабільну роботу в умовах виробництва комбікормів.



Рисунок 3.7 – Тензометричний датчик на 2 тони CZL803-М

Таблиця 3.6 – Характеристики тензометричного датчика CZL803-М балочного типу.

Характеристика	Значення
Модель давача	CZL803-М 2 т
Клас точності	C3
Клас захисту	IP65
Номінальна нагрузка	1000 кг
Чутливість	3,0 мБ/Б
Нелінійність	0,018 %
Гістерезіс	0,018 %
Номінальна напруга	9-12 В
Допустима напруга	5-18 В
Робоча температура	-20° С ~ +55°С
Допустима перегрузка	120 %

Використання цього тензодатчика забезпечить безперервний контроль ваги виготовлених партій гранульованого комбікорму перед їх пакуванням або відвантаженням. Це дозволить гарантувати відповідність маси згідно із заявленими вимогами до готової продукції.

Останнім необхідним датчиком, який потрібно обрати, є датчик рівня. Існує кілька різновидів таких датчиків, серед яких поплавкові, ультразвукові та інші. Для потреб автоматизації виробництва найбільш доцільним буде використання ультразвукового датчика рівня.

Ультразвукові датчики рівня здатні точно вимірювати рівень різноманітних речовин у резервуарах, бункерах чи технологічних ємностях без прямого контакту з середовищем. Завдяки безконтактному принципу дії вони забезпечують високу надійність та тривалий термін експлуатації.

Такий датчик рівня ідеально підходить для моніторингу рівнів сировини, напівфабрикатів чи готової продукції на різних етапах технологічного процесу. Дані про рівень можуть використовуватись системою автоматизації для керування обладнанням, контролю запасів та оптимізації виробничих циклів.



Рисунок 3.8 – Ультразвуковий рівнемір UM30 – 13113

Таблиця 3.7 – Технічні характеристики ультразвукового датчика рівня
UM30 – 13113

					СУ-01 6.151.06.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		29

Характеристика	Значення
Діапазон спрацювання, мм	200 - 2000
Робоча частота, кГц	200
Вихідний сигнал, В	0..24В
Тип з'єднання	роз'єм М12, 5 пінний роз'єм
Швидкість спрацювання, мс	100
Захист	IP 65
Робоча температура, *С	-20...70

3.3. Вибір ВМ

Після вибору програмованого логічного контролера та датчиків, наступним кроком є підбір виконавчих механізмів для автоматизованої виробничої лінії. До виконавчих механізмів можна віднести двигуни, насоси, преси та інші пристрої.

Для нашої системи необхідно обрати двигун, оскільки в технологічному процесі присутні операції змішування, переміщення виробів по елеватору та конвеєру. Оптимальним вибором буде простий асинхронний трифазний двигун українського виробництва потужністю 1,1 кВт моделі АІР 71В2, зображений на рисунку 3.9.

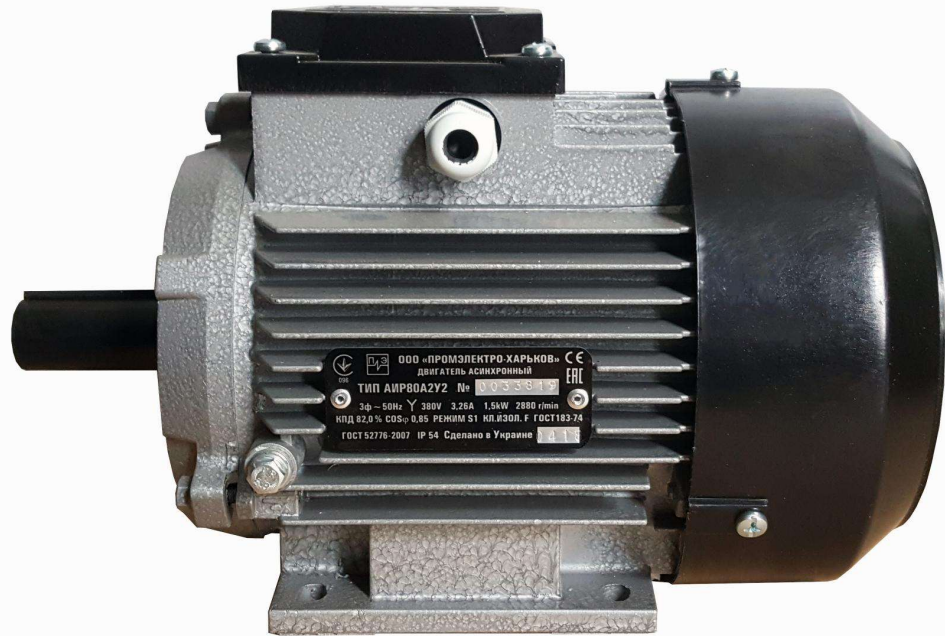


Рисунок 3.11 – Трьохфазний асинхронний двигун AIR 71B2

Таблиця 3.10 – Технічні характеристики двигуна AIR 71B2

Характеристика	Значення
Потужність	1.1 кВт
Оберти	3000 об/хв
Діаметр валу	19 мм
Напруга живлення	380 В
Кількість фаз	3
Ступінь захисту	IP54

Цей двигун має достатню потужність для забезпечення приводу змішувачів, транспортерів та іншого обладнання на виробничій лінії. Асинхронні двигуни відомі своєю надійністю, простотою конструкції та зручністю в обслуговуванні. А вітчизняне виробництво гарантує доступність запчастин та сервісу.

Для ефективного керування швидкістю обраних асинхронних двигунів необхідно також підібрати перетворювачі частоти. Вибір частотного перетворювача здійснюється відповідно до потужності двигуна.

Оптимальним рішенням буде частотний перетворювач CFM310 потужністю 1,1 кВт, розрахований на живлення трифазних електродвигунів напругою 380В. Він ідеально підходить для керування швидкістю обраного раніше двигуна АІР 71В2.



Рисунок 3.14 - CFM310 5,5 кВт/1,1 кВт 380В

Таблиця 3.13 – Характеристики частотного перетворювача CFM310 1,1 кВт
380В.

Характеристика	Значення
Потужність	1.1 кВт
Напруга живлення	380 В
Напруга на виході	380 В
Кількість фаз	3
Максимальна вихідна частота	800 Гц

Наступним необхідним елементом системи автоматизації є кран. Його призначення - дозувати подачу сировини, гранул та пари на різних етапах технологічного процесу.

Для цієї задачі добре підходить шаровий кран виробництва VKDIV/CE моделі d75-110, зображений на рисунку 3.13. Його конструкція та матеріали розраховані на роботу з широким діапазоном речовин і середовищ.



Рисунок 3.13 – Шаровий кран з електроприводом VKDIV/CE d75-110

У таблиці 3.12 відображено характеристики крану

Таблиця 3.12 – Характеристики шарового крану з електроприводом
VKDIV/CE d75-110

Характеристика	Значення
Робочий тиск	16 бар
Напруга живлення	220 В
Робоча температура	0..+60 °С
Потужність	45 Вт
Степінь захисту	IP 66

Шаровий кран має простий і надійний принцип дії - шар всередині корпусу перекриває або відкриває потік під дією електромагнітного приводу. Це забезпечує точне та швидке регулювання витрати сировини, чи допоміжних середовищ, таких як пара.

					СУ-01 6.151.06.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		34

РОЗДІЛ 4. РОЗРОБКА НМІ

4.1 Загальні поняття

НМІ (Human-Machine Interface) - це інтерфейс між людиною та машиною, який забезпечує зручну та ефективну взаємодію оператора з автоматизованою системою. НМІ дозволяє здійснювати моніторинг, контроль та керування технологічними процесами за допомогою графічних дисплеїв, сенсорних панелей, кнопок та інших засобів введення-виведення даних.

Основними функціями НМІ є відображення поточного стану системи, збір і обробка даних від датчиків і контролерів, передача команд керування на виконавчі механізми, реєстрація подій та аварійних ситуацій, формування звітів і трендів. НМІ може також включати функції забезпечення безпеки, авторизації доступу, резервного копіювання даних тощо.



Рисунок 4.1 – Панель оператора з відображенням НМІ

Сучасні НМІ реалізуються на основі спеціалізованих програмних засобів, таких як SCADA-системи (Supervisory Control And Data Acquisition - диспетчерське управління та збір даних). Вони дозволяють створювати гнучкі та

масштабовані рішення для візуалізації та управління різноманітними технологічними процесами і обладнанням.

При розробці НМІ важливо враховувати ергономічні аспекти, забезпечувати інтуїтивно зрозумілий та зручний інтерфейс, передбачати захист від помилкових дій оператора. НМІ має бути надійним, стійким до збоїв та відмов, забезпечувати безперервність роботи системи автоматизації.

Застосування НМІ значно підвищує ефективність роботи операторів, скорочує час реакції на нештатні ситуації, дозволяє оптимізувати виробничі процеси та підвищити якість продукції. Тому НМІ є невід'ємною частиною сучасних систем автоматизації в різних галузях промисловості.

Перевагами використання НМІ в системах автоматизації є:

1. НМІ забезпечує візуальне представлення технологічного процесу, стану обладнання та параметрів системи у вигляді графіків, схем, анімацій тощо. Це дозволяє оператору швидко оцінювати ситуацію та приймати обґрунтовані рішення.

2. НМІ дозволяє централізовано керувати виробничим процесом, зменшуючи час реакції на події та скорочуючи простої обладнання. Оператор може швидко змінювати параметри, задавати уставки та оптимізувати роботу системи.

3. НМІ мінімізує ризик помилкових дій оператора завдяки використанню зрозумілих графічних елементів, підказок, обмежень вводу даних тощо. Це підвищує безпеку та надійність роботи системи автоматизації.

4. НМІ надає засоби для виявлення та діагностики несправностей обладнання, відображення аварійних сигналів та повідомлень. Це дозволяє оперативно реагувати на проблеми та мінімізувати час простою.

5. НМІ забезпечує збір, запис та обробку даних про хід технологічного процесу, стан обладнання, якість продукції тощо. Ці дані можуть використовуватись для аналізу ефективності виробництва, пошуку "вузьких місць", формування звітності.

6. Сучасні НМІ дозволяють здійснювати моніторинг та керування процесом віддалено, через мережу Інтернет або локальну мережу підприємства. Це забезпечує гнучкість та мобільність в управлінні виробництвом.

7. НМІ можуть взаємодіяти з іншими системами автоматизації, базами даних, ERP та MES-системами підприємства. Це дозволяє створювати єдиний інформаційний простір та ефективно керувати виробничими процесами на різних рівнях.

Таким чином, використання НМІ є ключовим фактором підвищення ефективності, надійності та безпеки систем автоматизації в сучасній промисловості.

4.2 Вибір ПЗ

Для реалізації НМІ в нашій системі автоматизації виробництва комбікормів, доцільно обрати програмне забезпечення Promotic SCADA від чеської компанії Microsys. Це рішення має ряд переваг, які роблять його оптимальним вибором для нашого проекту.

Promotic SCADA - це потужний та гнучкий програмний комплекс, який дозволяє створювати ефективні системи візуалізації та управління технологічними процесами. Воно підтримує широкий спектр функцій, таких як збір та обробка даних, генерація аварійних сигналів, побудова трендів та звітів, підтримка скриптів та розподілених архітектур.

Одним з ключових переваг Promotic SCADA є його масштабованість. Це програмне забезпечення може використовуватись як для невеликих систем автоматизації, так і для великих розподілених систем з сотнями тисяч тегів вводу-виводу. Це забезпечує можливість подальшого розширення та модернізації системи без необхідності заміни програмного забезпечення.

Promotic SCADA має зручний та інтуїтивно зрозумілий інтерфейс розробки, що дозволяє швидко створювати та налаштовувати графічні екрани, анімацію, алгоритми керування тощо. Бібліотеки готових елементів та шаблонів

прискорюють процес розробки проекту. Крім того, Promotic SCADA підтримує інтеграцію з популярними СУБД, такими як MS SQL, Oracle, MySQL, для зберігання історичних даних.

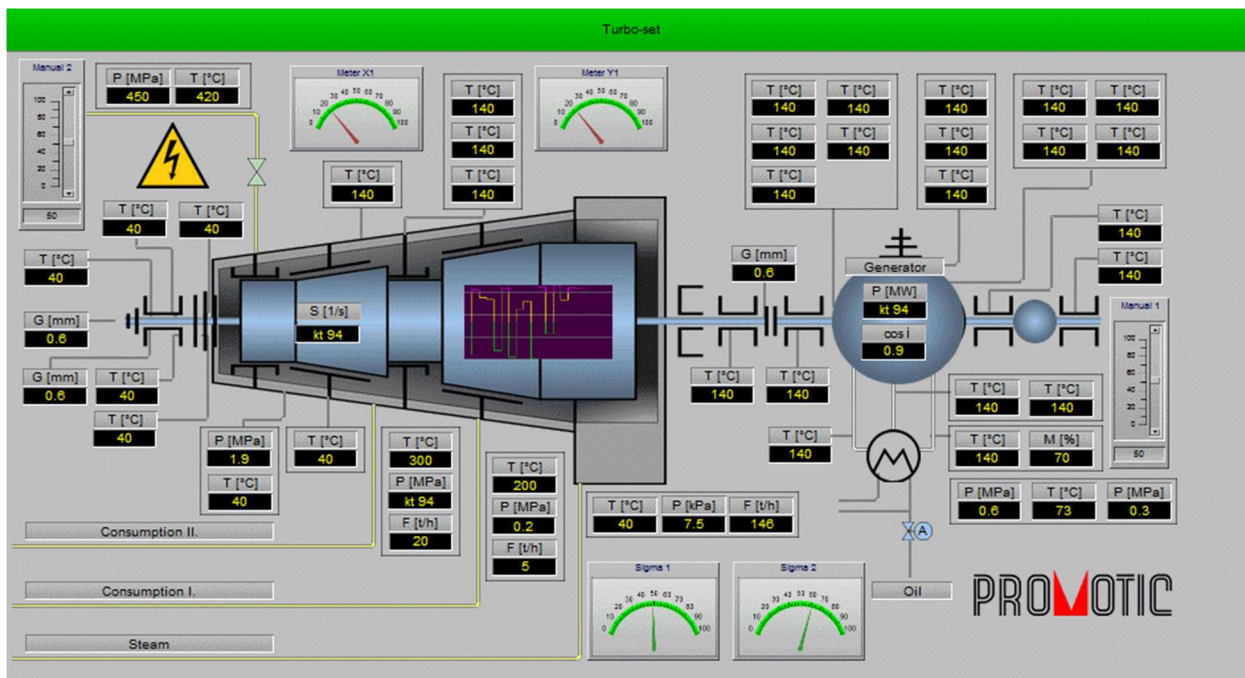


Рисунок 4.2 – Promotic SCADA

Надійність є критично важливою для системи автоматизації комбікормового виробництва. Promotic SCADA має вбудовані механізми забезпечення надійності, такі як підтримка гарячого резервування серверів, автоматичне відновлення після збоїв, засоби захисту даних. Це гарантує безперервність роботи системи та мінімізує ризики втрати даних.

Не менш важливим фактором є підтримка та супровід програмного забезпечення. Компанія Microsys має багаторічний досвід у розробці SCADA-систем, забезпечує технічну підтримку та регулярні оновлення свого програмного забезпечення. Це дозволяє швидко вирішувати можливі проблеми та підтримувати актуальність системи.

Promotic SCADA є оптимальним вибором для реалізації НМІ в нашій системі автоматизації виробництва комбікормів завдяки своїй функціональності,

масштабованості, зручності розробки, надійності та якісній підтримці від виробника.

4.3 НМІ автоматизованої лінії з виробництва гранул комбікорму

Для початку необхідно розробити головну сторінку, де оператор матиме змогу подивитися логи кожного контура керування, оцінити роботу об'єкта та обрати контур керування, який необхідно переглянути. Даний ІО зображено на рисунку 4.3.

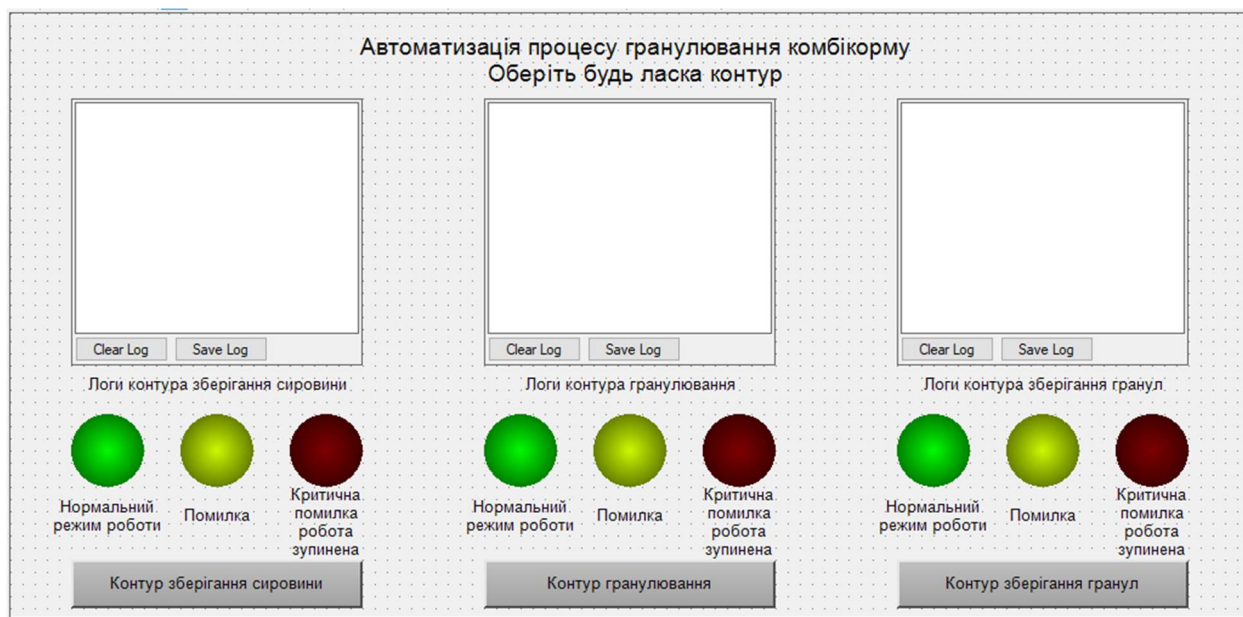


Рисунок 4.3 – Головний екран оператора

Наступним кроком, рисуємо контур зберігання сировини. На ньому зображено бункер для зберігання сировини, на якому встановлюються відповідно датчики температури, вологості, заповнення і вібродвигун. Відповідно відображаємо органи керування, перемикання режимів та інші елементи системи. Контур зберігання відображаємо на рисунку 4.4.

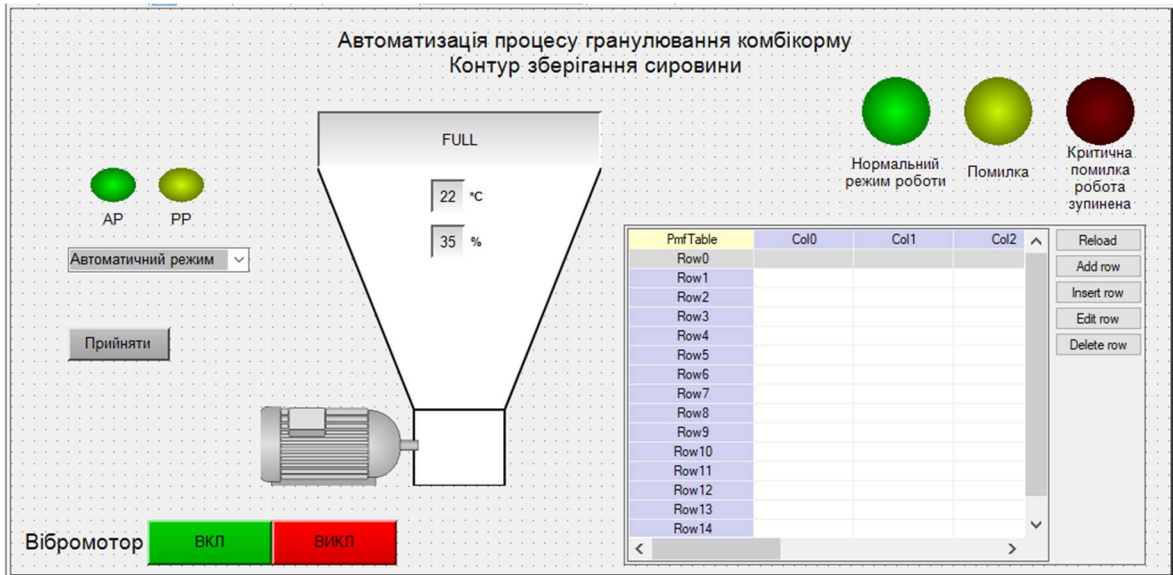
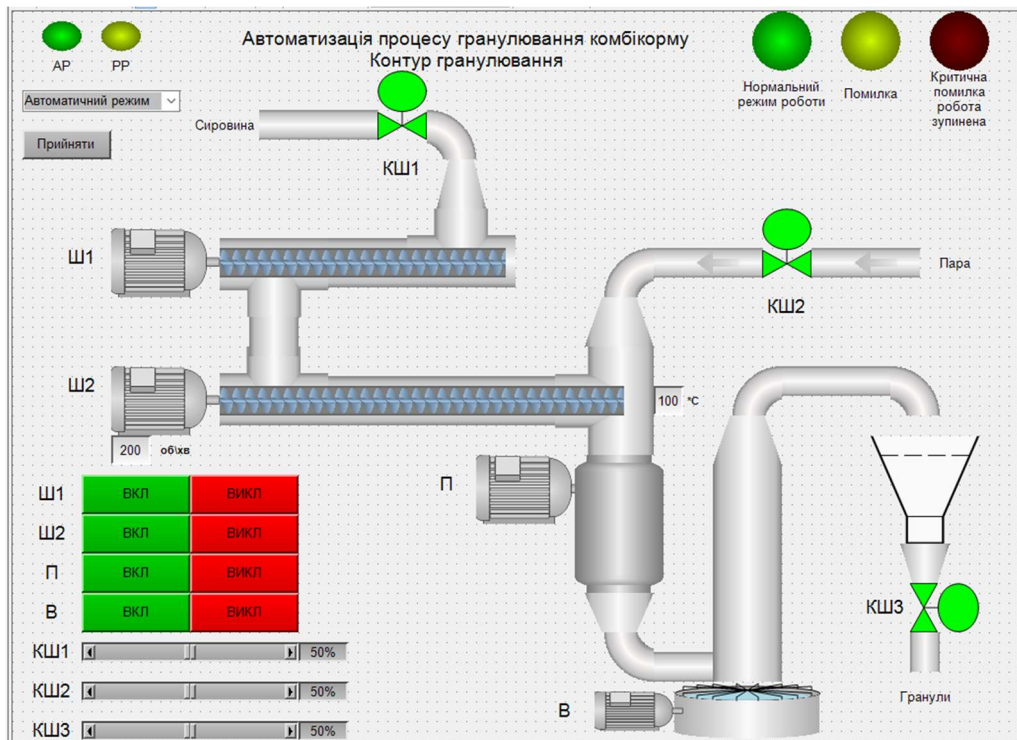


Рисунок 4.4 – Контур зберігання сировини

Розробляємо контур гранулювання. Ми розуміємо, що сировину необхідно завантажувати у гранулятор і відповідно дозувати даний процес, це робиться ШК1. Всюди відображаємо усі елементи контура, для кращого розуміння процесу гранулювання. Також відображаємо органи керування, як дискретні, так і аналогові. На рисунку 4.5 відображено контур гранулювання.



Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

Рисунок 4.5 – Контур гранулювання

Після отримання гранул комбікорму, вони потрапляють у бункер зберігання гранул, де повинна витримуватися температура та вологість. На рисунку 4.6.

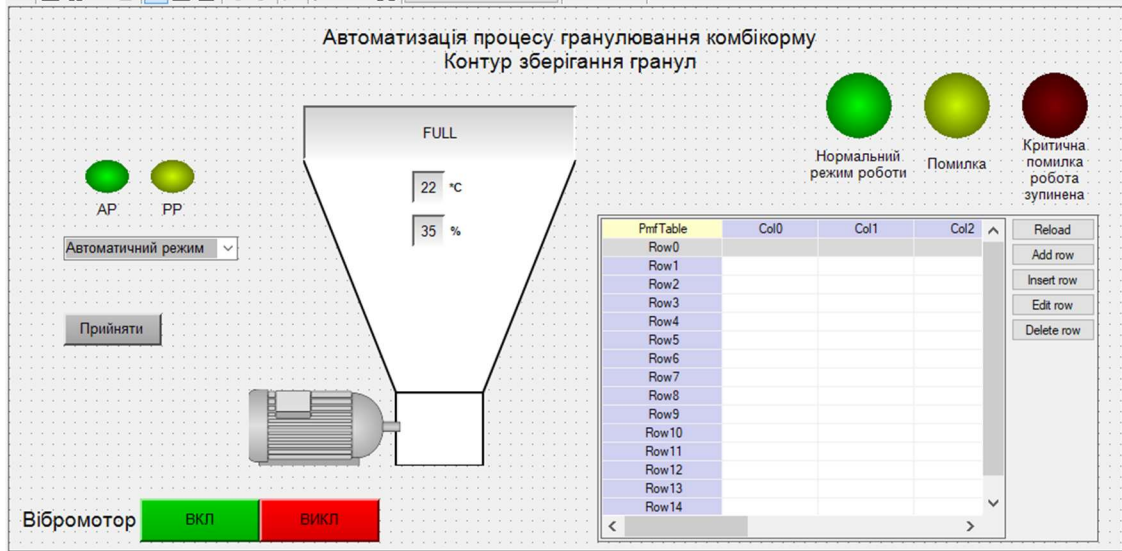


Рисунок 4.6 – Контур зберігання гранул

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

СУ-01 6.151.06.ПЗ

Лист

41

РОЗДІЛ 5. ПРОГРАМА ПЛК

5.1 Вибір мови програмування

Мови програмування ПЛК (програмованих логічних контролерів) - це спеціалізовані мови, призначені для написання програм, які керують роботою ПЛК в системах автоматизації. Ці мови дозволяють описати логіку управління, обробку вхідних сигналів, формування вихідних сигналів та взаємодію з іншими пристроями системи.

Існує кілька стандартизованих мов програмування ПЛК, які визначені міжнародним стандартом ІЕС 61131-3. Цей стандарт забезпечує уніфікацію та сумісність програмного забезпечення ПЛК від різних виробників.

Основними мовами програмування ПЛК згідно ІЕС 61131-3 є:

Ladder Diagram (LD) - мова релейно-контактних схем, яка базується на графічному представленні логіки у вигляді сходової діаграми з контактами та котушками реле.

Function Block Diagram (FBD) - мова функціональних блокових діаграм, яка використовує графічні блоки для представлення функцій та алгоритмів управління.

Structured Text (ST) - мова структурованого тексту, яка є текстовою мовою високого рівня, подібною до Паскалю, і дозволяє описувати складні алгоритми та математичні обчислення.

Instruction List (IL) - мова інструкцій, яка є низькорівневою мовою, подібною до асемблера, де програма представляється у вигляді послідовності простих інструкцій.

Sequential Function Chart (SFC) - мова послідовних функціональних схем, яка призначена для опису послідовних процесів та керування виконанням паралельних гілок програми.

Кожна з цих мов має свої особливості, переваги та сфери застосування. Наприклад, LD та FBD зручні для опису дискретної логіки та взаємодії між

					СУ-01 6.151.06.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		42

входами та виходами ПЛК, тоді як ST та IL більш придатні для реалізації складних алгоритмів та математичних розрахунків.

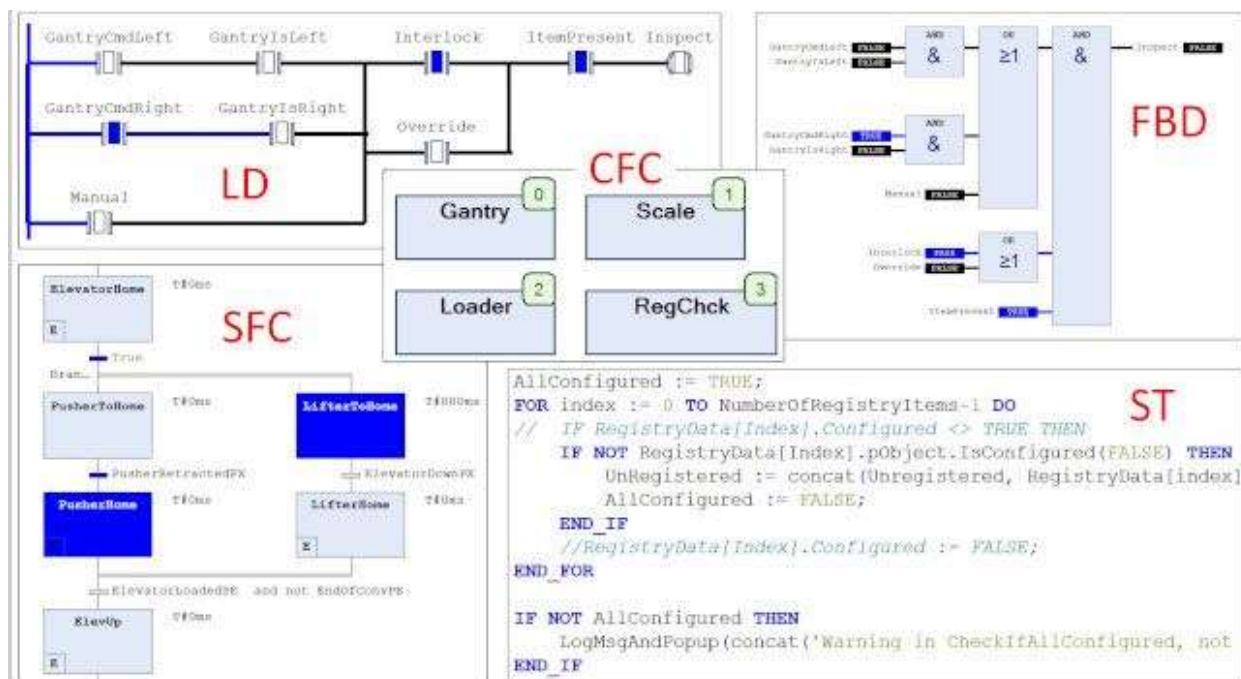


Рисунок 5.1 – Приклад мов програмування

Мови програмування ПЛК забезпечують гнучкість та зручність розробки програмного забезпечення для систем автоматизації. Вони дозволяють швидко створювати, налагоджувати та модифікувати програми управління відповідно до вимог конкретного технологічного процесу.

Сучасні середовища розробки для ПЛК, такі як Siemens TIA Portal, Rockwell RSLogix, Schneider SoMachine тощо, надають зручні інструменти для написання, відлагодження та симуляції програм на мовах IEC 61131-3. Це спрощує процес розробки та скорочує час виведення системи автоматизації на ринок.

Кожна з мов програмування ПЛК, визначених стандартом IEC 61131-3, має свої переваги та особливості, які роблять їх більш придатними для певних задач та сфер застосування.

1. Ladder Diagram (LD):

- Наочність та зрозумілість для персоналу, знайомого з релейною логікою
- Зручність для опису дискретної логіки та взаємодії між входами та виходами ПЛК
- Легкість відстеження потоку сигналів та стану контактів
- Широка підтримка серед різних виробників ПЛК

2. Function Block Diagram (FBD):

- Наочність та зрозумілість для персоналу, знайомого з блок-схемами та функціональними діаграмами
- Можливість створення власних функціональних блоків та їх повторного використання
- Зручність для опису алгоритмів керування та обробки аналогових сигналів
- Підтримка ієрархічності та модульності програми

3. Structured Text (ST):

- Потужність та гнучкість для опису складних алгоритмів та математичних обчислень
- Можливість використання структурованих типів даних, масивів, циклів та умовних операторів
- Зручність для інтеграції з іншими системами та зовнішніми бібліотеками
- Підтримка об'єктно-орієнтованого програмування (в деяких ПЛК)

4. Instruction List (IL):

- Ефективність виконання та компактність коду
- Можливість оптимізації програми на низькому рівні
- Зручність для реалізації специфічних алгоритмів та драйверів обладнання
- Підтримка на старих моделях ПЛК та в обмежених ресурсах пам'яті

5. Sequential Function Chart (SFC):

					СУ-01 6.151.06.ПЗ	Лист
						44
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

- Наочність та зрозумілість для опису послідовних процесів та етапів роботи
- Можливість розбиття складного процесу на окремі кроки та переходи
- Зручність для керування виконанням паралельних гілок та синхронізації процесів
- Підтримка ієрархічності та модульності програми

Вибір конкретної мови програмування ПЛК залежить від специфіки проекту, вимог до функціональності та продуктивності системи, кваліфікації персоналу та доступних ресурсів. Часто в рамках одного проекту використовується комбінація різних мов, де кожна з них застосовується для вирішення специфічних задач.

5.2 Розробка алгоритму

Алгоритм роботи - це послідовність дій або кроків, які необхідно виконати для вирішення певної задачі або досягнення поставленої мети. В контексті автоматизації виробництва, алгоритм роботи описує логіку функціонування системи керування та взаємодію між її компонентами.

Вхідні дані - це інформація, яка надходить до системи керування від датчиків, сенсорів або інших пристроїв. Вхідні дані можуть включати значення фізичних величин (температура, тиск, рівень тощо), стани дискретних сигналів (кінцеві вимикачі, кнопки тощо), команди від оператора або інших систем.

Обробка даних - це процес аналізу та перетворення вхідних даних відповідно до закладеного алгоритму. Обробка може включати фільтрацію сигналів, масштабування значень, виконання математичних та логічних операцій, прийняття рішень на основі умовних виразів тощо.

Вихідні дані - це результат обробки вхідних даних, який передається на виконавчі механізми або інші системи. Вихідні дані можуть включати команди керування (ввімкнути/вимкнути двигун, відкрити/закрити клапан тощо), задані

					СУ-01 6.151.06.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		45

значення (швидкість обертання, положення тощо), сигнали індикації та сповіщення.

Послідовність виконання алгоритму роботи визначає порядок виконання окремих дій та переходів між ними. Послідовність може бути лінійною (виконання кроків один за одним) або розгалуженою (виконання різних гілок алгоритму залежно від умов). Також можливі цикли та повторення певних дій.

Умовні переходи - це точки в алгоритмі, де виконання програми може змінювати свій хід залежно від виконання певних умов. Умовні переходи дозволяють реалізувати гнучку логіку керування та адаптувати роботу системи до зміни зовнішніх факторів.

В складних системах керування часто необхідно виконувати кілька задач одночасно. Алгоритм роботи може передбачати розпаралелювання процесів, коли різні частини програми виконуються незалежно одна від одної та взаємодіють між собою через спільні дані або сигнали синхронізації.

Алгоритм роботи повинен передбачати механізми виявлення та обробки нештатних ситуацій, таких як вихід значень за допустимі межі, збої обладнання, помилки комунікації тощо. Це дозволяє забезпечити надійність та безпечність роботи системи.

Розробка ефективного алгоритму роботи вимагає глибокого розуміння технологічного процесу, вимог до функціональності системи та врахування можливих сценаріїв роботи. Алгоритм повинен бути надійним, зрозумілим та легко модифікованим для адаптації до змін у виробничому процесі.

Для реалізації алгоритмів роботи в системах автоматизації використовуються мови програмування ПЛК (ІЕС 61131-3) та SCADA-системи. Ці інструменти дозволяють описати логіку керування у вигляді програмного коду та забезпечити взаємодію між контролером, датчиками та виконавчими механізмами.

Детальніше ознайомитися з алгоритмом роботи можна у текстовому вигляді, або у вигляді блок схеми, яка знаходиться у додатку Б.

					СУ-01 6.151.06.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		46

Алгоритм роботи для бункера зберігання сировини (датчик температури, вологості, рівнемір та вібромотор), гранулятора комбікорму та зберігання комбікорму:

1. Початок роботи:

- Перевірка готовності обладнання та датчиків.
- Ініціалізація змінних та встановлення початкових значень.

2. Моніторинг параметрів у бункері зберігання сировини:

- Зчитування показників датчика температури.
- Зчитування показників датчика вологості.
- Зчитування показників рівнеміра.
- Перевірка відповідності показників заданим діапазнам.

3. Регулювання параметрів у бункері зберігання сировини:

- Якщо температура перевищує допустимий рівень, увімкнути систему охолодження.
- Якщо вологість перевищує допустимий рівень, увімкнути систему осушення.
- Якщо рівень сировини нижче мінімального, увімкнути систему поповнення.

4. Подача сировини до гранулятора:

- Перевірка рівня сировини в бункері гранулятора.
- Якщо рівень нижче заданого, увімкнути вібромотор для подачі сировини.
- Контроль тривалості роботи вібромотора для забезпечення необхідної кількості сировини.

5. Гранулювання комбікорму:

- Увімкнення гранулятора та встановлення заданих параметрів (швидкість обертання, температура тощо).
- Моніторинг процесу гранулювання (температура, тощо).
- Регулювання параметрів гранулятора для забезпечення якості гранул.

- Вимкнення гранулятора після завершення циклу гранулювання.

6. Зберігання готового комбікорму:

- Перевірка рівня комбікорму в бункері зберігання.
- Якщо рівень перевищує максимальний, увімкнути систему вивантаження.
- Моніторинг параметрів зберігання (температура, вологість).
- Регулювання параметрів зберігання для забезпечення якості комбікорму.

7. Аварійні ситуації:

- Перевірка наявності аварійних сигналів від датчиків та обладнання.
- У разі виникнення аварійної ситуації (перевищення критичних значень, несправність обладнання тощо):
 - Вимкнення відповідного обладнання.
 - Генерування аварійного сповіщення для оператора.
 - Запис інформації про аварію в журнал подій.

8. Завершення роботи:

- Вимкнення обладнання та приведення системи в безпечний стан.
- Збереження даних та створення звітів про роботу.

Даний алгоритм забезпечує автоматизований контроль та керування процесом виробництва комбікорму, від зберігання сировини до отримання готового продукту. Він враховує моніторинг та регулювання ключових параметрів, таких як температура, вологість та рівень, а також забезпечує реакцію на аварійні ситуації.

Таким чином, алгоритм роботи є ключовим елементом системи автоматизації, який визначає її функціональність, ефективність та надійність. Правильно розроблений та реалізований алгоритм дозволяє оптимізувати виробничий процес, підвищити якість продукції та мінімізувати витрати.

5.3 Розробка програми

					СУ-01 6.151.06.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		48

Мова програмування ST (Structured Text) була обрана для реалізації алгоритму роботи гранулятора комбікорму з наступних причин:

Зрозумілість та читабельність коду:

ST є мовою високого рівня, яка має структурований та зрозумілий синтаксис, подібний до мов програмування загального призначення, таких як Pascal або C. Це полегшує читання, розуміння та супровід програмного коду, особливо для програмістів, які мають досвід роботи з текстовими мовами програмування.

Гнучкість та потужність:

ST надає широкі можливості для опису складних алгоритмів, математичних обчислень та логічних операцій. Вона підтримує використання змінних, констант, умовних операторів (IF-THEN-ELSE), циклів (FOR, WHILE), функцій та інших конструкцій, що дозволяє реалізувати різноманітні задачі автоматизації.

Структурованість та модульність:

ST дозволяє розбивати програму на окремі функціональні блоки, підпрограми та функції, що сприяє структурованості та модульності коду. Це полегшує розробку, відлагодження та модифікацію програми, а також дозволяє повторно використовувати окремі частини коду в інших проектах.

Сумісність з іншими мовами стандарту IEC 61131-3:

ST є частиною стандарту IEC 61131-3, який визначає набір мов програмування для програмованих логічних контролерів (ПЛК). Це означає, що програми, написані на ST, можуть бути інтегровані з програмами на інших мовах цього стандарту, таких як Ladder Diagram (LD), Function Block Diagram (FBD) та Sequential Function Chart (SFC). Це дає можливість використовувати найбільш відповідну мову для кожної частини проекту.

Ефективність виконання:

Незважаючи на те, що ST є мовою високого рівня, вона компілюється в ефективний машинний код, який може бути виконаний безпосередньо на ПЛК. Це забезпечує високу швидкодію та детермінованість виконання програми, що є

важливим для систем реального часу, таких як системи автоматизації виробництва.

Широка підтримка в середовищах розробки:

Більшість сучасних середовищ розробки для ПЛК, таких як Siemens TIA Portal, Rockwell RSLogix, Schneider SoMachine та інші, підтримують мову ST. Це означає, що програміст має доступ до зручних інструментів для написання, відлагодження та симуляції програм на ST, що прискорює процес розробки.

Враховуючи ці фактори, мова ST є відмінним вибором для реалізації алгоритму роботи гранулятора комбікорму. Вона забезпечує гнучкість, структурованість та ефективність, необхідні для створення надійної та зрозумілої програми автоматизації.

```
PROGRAM Granulator;
|
VAR
// Входи
RawMaterialTemp: REAL;           // Температура сировини
RawMaterialHumidity: REAL;       // Вологість сировини
RawMaterialLevel: REAL;         // Рівень сировини в бункері
GranulatorBinLevel: REAL;       // Рівень сировини в бункері гранулятора
GranulatorState: BOOL;          // Стан гранулятора (працює/не працює)
StorageBinLevel: REAL;          // Рівень комбікорму в бункері зберігання
EmergencySignal: BOOL;          // Аварійний сигнал

// Виходи
CoolingSystem: BOOL;            // Система охолодження
DryingSystem: BOOL;            // Система осушення
RefillSystem: BOOL;            // Система поповнення сировини
VibromotorControl: BOOL;       // Керування вібратором
GranulatorControl: BOOL;       // Керування гранулятором
DischargeSystem: BOOL;         // Система вивантаження готового комбікорму
EmergencyStop: BOOL;           // Аварійна зупинка обладнання
AlarmNotification: BOOL;       // Сповіщення про аварію

// Змінні стану
GranulationCycleCompleted: BOOL; // Завершення циклу гранулювання

// Константи
RawMaterialTempMax: REAL := 30.0; // Максимальна допустима температура сировини
RawMaterialHumidityMax: REAL := 15.0; // Максимальна допустима вологість сировини
RawMaterialLevelMin: REAL := 20.0; // Мінімальний допустимий рівень сировини в бункері
GranulatorBinLevelMin: REAL := 30.0; // Мінімальний рівень сировини в бункері гранулятора
StorageBinLevelMax: REAL := 80.0; // Максимальний рівень комбікорму в бункері зберігання
```

Рисунок 5.2 – Об’являємо змінні

Пишемо основну програму керування, яка зображена на рисунку 5.3.

```

// Основна програма
IF NOT EmergencySignal THEN
  // Моніторинг параметрів у бункері зберігання сировини
  IF RawMaterialTemp > RawMaterialTempMax THEN
    CoolingSystem := TRUE;
  ELSE
    CoolingSystem := FALSE;
  END_IF;

  IF RawMaterialHumidity > RawMaterialHumidityMax THEN
    DryingSystem := TRUE;
  ELSE
    DryingSystem := FALSE;
  END_IF;

  IF RawMaterialLevel < RawMaterialLevelMin THEN
    RefillSystem := TRUE;
  ELSE
    RefillSystem := FALSE;
  END_IF;

  // подача сировини до гранулятора
  IF GranulatorBinLevel < GranulatorBinLevelMin THEN
    VibromotorControl := TRUE;
  ELSE
    VibromotorControl := FALSE;
  END_IF;

```

Рисунок 5.3 – Основна програма

Далі прописуємо програму для керування процесом грануляції. Рисунок 5.4 відображає цей код.

					СУ-01 6.151.06.ПЗ	Лист
						51
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

```

// Подача сировини до гранулятора
IF GranulatorBinLevel < GranulatorBinLevelMin THEN
    VibromotorControl := TRUE;
ELSE
    VibromotorControl := FALSE;
END_IF;

// Гранулювання комбікорму
IF GranulatorState AND NOT GranulationCycleCompleted THEN
    GranulatorControl := TRUE;
    GranulationTimer(IN:=TRUE, PT:=GranulationTime);
    IF GranulationTimer.Q THEN
        GranulationCycleCompleted := TRUE;
        GranulatorControl := FALSE;
    END_IF;
ELSE
    GranulatorControl := FALSE;
    GranulationCycleCompleted := FALSE;
    GranulationTimer(IN:=FALSE);
END_IF;

// Зберігання готового комбікорму
IF StorageBinLevel > StorageBinLevelMax THEN
    DischargeSystem := TRUE;
ELSE
    DischargeSystem := FALSE;
END_IF;

LSE
// Обробка аварійної ситуації
EmergencyStop := TRUE;
AlarmNotification := TRUE;

```

Рисунок 5.4 – Програма для гранулятора

Повний лістинг програми буде надано у додатку Б.

					СУ-01 6.151.06.ПЗ	Лист
						52
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

ВИСНОВОК

Під час написання дипломної було здійснено огляд системи автоматизації виробництва гранульованого комбікорму. Розглянуто основні поняття, призначення та види комбікормів, показано основні складові частини установки гранулювання та проаналізовано технологічні процеси, що в ній відбуваються. Також відображено технічні характеристики системи, умови її експлуатації та вимоги до обслуговуючого персоналу.

Було розроблено схему інформаційно-матеріальних потоків та структурну схему установки. Сформовано ряд функціональних завдань автоматизації, і відповідно систему поділено на декілька контурів керування: контур зберігання сировини, контур виробництва гранул, контур зберігання готових гранул. Розглянуто призначення та роботу кожного контуру окремо. Розроблено таблиці вхідних та вихідних сигналів для кожного контуру керування.

Здійснено вибір ТЗА, а саме підібрано контролер, модулі до нього, вибрано датчики та виконавчі механізми, які беруть участь у виробництві гранул. Розроблена електрично-принципова схема ЕЗ.

Було розроблено SCADA систему, за допомогою якої оператор має можливість керувати процесом з панелі керування або комп'ютера.

Розроблено алгоритм роботи та програму для контролера за допомогою мови програмування ST.

					СУ-01 6.151.06.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		53

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Кононенко В.П. Технологія комбікормового виробництва: підручник. – Вінниця: Нова Книга, 2022. – 456 с.
2. Бондар Є.В. Автоматизація технологічних процесів у комбікормовій промисловості. – Київ: Аграр Медіа Груп, 2021. – 308 с.
3. Ярош Н.П., Чаплинський А.П. Сучасні технології виробництва комбікормів. – Житомир: Рута, 2019. – 214 с.
4. Загоруйко М.Г., Шляхов О.В. Системи керування комбікормовими заводами. – Харків: Міськдрук, 2021. – 336 с.
5. Поліщук В.П., Булгаков В.М., Ялпачик Ф.Ю. Обладнання для виробництва комбікормів: практикум. – Київ: Фенікс, 2020. – 162 с.
6. International Journal of Feed Research (періодичне видання) – ISSN 2322-9385.
7. Stark, J., & Chewing, B. (2022). Automation in feed pelleting: Recent advancements and future trends. *Journal of Animal Science and Biotechnology*, 13(1), 45-56.
8. Kovalenko, V., & Gudzenko, M. (2021). Optimization of the animal feed pelleting process using modern automation systems. *Ukrainian Journal of Food Science*, 9(2), 231-240.
9. Fang, Q., Zhang, J., & Li, Y. (2020). Intelligent control system for feed pellet production based on machine vision and deep learning. *Computers and Electronics in Agriculture*, 175, 105598.
10. Pavlov, A., & Trokhymchuk, M. (2019). Energy efficiency improvement of the feed pelleting process through automation. *Journal of Agricultural Engineering*, 50(3), 120-128.
11. Singh, A., Khanal, S., & Widyobroto, B. P. (2021). Automation in feed mills: A comprehensive review. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 101(5), 1759-1774.

12. Onyango, C. M., & Ochieng, J. O. (2023). Influence of automated feed pelleting systems on pellet quality and production efficiency. *Animal Feed Science and Technology*, 285, 115298.
13. Klimenko, V., & Osadchiy, S. (2022). Development of an automated control system for the feed pelleting process based on a fuzzy logic approach. *Journal of Automation and Information Sciences*, 54(2), 38-49.
14. Shen, L., & Wang, J. (2019). Intelligent monitoring and fault diagnosis for feed pelleting production process based on industrial internet of things. *IEEE Access*, 7, 127639-127649.
15. Petrenko, Y., & Liashenko, O. (2020). Automated control of technological parameters in the feed pelleting process using sensor networks. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 3(2-105), 6-14.
16. Zhang, Y., Li, S., & Ding, W. (2021). A review on automation and intelligent technologies for feed processing in animal husbandry. *Journal of Cleaner Production*, 289, 125149.

