

**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 виробництва паливних гранул»

Здобувача(ки) групи СУдн-01

Ярослав АБРАМЧУК

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

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Керівник: завідувач кафедри КСУ, к.т.н., Петро ЛЕОНТЬЄВ  
(посада, науковий ступінь, вчене звання, Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

(підпис)

Суми – 2024

Ном. поз	Формат	Позначення	Найменування	Кількість аркушів	№ екз.	Примітки
			<u>Документація загальна</u>			
			<u>Застосована</u>			
1			Завдання кафедри	1		
			<u>Новорозроблена</u>			
2		ТЗ	Технічне завдання	2		
3			Реферат	1		
4	A4	СУдн-01 6.151.01 ПЗ	Пояснювальна записка	50		
			<u>Документація конструкторська</u>			
			<u>Новорозроблена</u>			
5	A4	СУдн-01 6.151.01 А2	Автоматизація виробництва паливних гранул Функціональна схема автоматизації	1		
6	A4	СУдн-01 6.151.01 ПЕ	Автоматизація виробництва паливних гранул Перелік елементів	1		
7	A4	СУдн-01 6.151.01 Е3	Автоматизація виробництва паливних гранул Схема принципово-електрична	4		
8	A4	СУдн-01 6.151.01 С1	Автоматизація виробництва паливних гранул Структурна схема			

					<b>СУдн-01 6.151.01.ДП</b>			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.	Абрамчук				Автоматизація виробництва паливних 2 гранул Перелік документації	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.	Леонтьєв						1	2
Реценз.						<b>СумДУ, 2024</b>		
Н. Контр.								
Затверд.	Леонтьєв							

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

ЗАВДАННЯ

на дипломний проєкт студенту  
Абрамчуку Ярославу Юрійовичу

1. Тема проєкту: Автоматизація виробництва паливних гранул  
Затверджено наказом ректора університету № 0451-VI від “29” квітня 2024р.
2. Термін здавання студентом закінченого проєкту “17” червня 2024 р.
3. Вихідні дані до проєкту: звіт з переддипломної практики, публікації, статті.
4. Зміст пояснювальної записки:
5. Перелік графічних матеріалів: 36 рисунків, 8 таблиць, 3 додатків.
6. Календарний план проєктування

Номер етапу	Зміст етапу проєктування	Термін виконання
1	Аналіз завдання кафедри. Складання технічного завдання. Підбір та аналіз літератури і першоджерел.	
2	Аналіз предметної області. Область застосування. Призначення	
3	Розробка автоматизованої установки з виробництва паливних гранул	
4	Розробка основних схем автоматизації.	

5	Розробка інтерфейсу оператора	
6	Оформлення дипломного проекту та супровідної документації	

7. Дата видачі завдання “15” червня 2024 р.

Керівник проекту:

завідувач кафедри КСУ, к.т.н.

Петро ЛЕОНТЬЕВ

Здобувач:

студент гр. СУдн-01

Ярослав АБРАМЧУК

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

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

на проектування автоматизованої лінії з виробництва паливних  
гранул

Розробник:  
студента групи СУдн-01

Ярослав АБРАМЧУК

Погоджено:  
завідувач кафедри КСУ, к.т.н

Петро ЛЕОНТЬЄВ

Суми – 2024

1. **Назва і галузь застосування:** Автоматизація виробництва паливних гранул; промислове виробництво, виробництво біопалива.
2. **Підстави для проектування:** Наказ ректора Сумського державного університету № 0451-VI від “29” квітня 2024р., інші договори або замовлення.
3. **Загальний опис об’єкта автоматизації:**
  - а) Автоматизація виробництва паливних гранул призначена для підвищення ефективності та якості виробничого процесу. Основні цілі такої автоматизації включають:

Оптимізація використання сировини та енергоресурсів, що дозволяє знизити собівартість продукції та підвищити рентабельність виробництва.

Забезпечення стабільної якості паливних гранул шляхом точного контролю параметрів на всіх етапах виробництва, включаючи подрібнення, сушіння, пресування та охолодження.

Підвищення продуктивності виробничої лінії за рахунок мінімізації простоїв та оптимізації роботи обладнання.
4. **Основні частини системи та структурна схема:**
  - а) описує основні частини системи, дає опис про їх функції та взаємозв’язки, повинен мати графічне зображення структури системи;
  - б) повинна містити не лише блоки пов’язані із технологічним процесом а ще й блоки електрошафи та пультів керування;
  - в) 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 :**
  - а) розділ повинен мати підрозділи, у кожному підрозділі описується окремий блок;
  - б) опис блока повинен містити список функцій які повинен виконувати блок, після списку потрібно описати як саме буде реалізована кожна функція;
  - в) підрозділ детально описує елементи блока до найменших деталей включаючи моделі виконавчих механізмів та давачів, при необхідності повинен мати графічні зображення для кращого розуміння;
  - г) кожен підрозділ показує читачеві конкретну частину системи великим планом, наче знімок військової бази з супутника.
6. **Опис алгоритмів та режимів роботи системи:**
  - а) повинен описувати алгоритм роботи системи у тому числі алгоритм взаємодії з оператором;

- б) опис алгоритму повинен бути чітким та не повинен мати непередбачений результат при виникненні нештатних ситуацій;
- в) при необхідності може бути доповнений графічними елементами, наприклад блок-схемою;
- г) 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°С
- б) відносна вологість до 80% при температурі до 25°С;
- 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.	
2	Аналіз предметної області. Область застосування. Призначення	.....

3	Розробка автоматизованої лінії виробництва паливних гранул	.....
4	Розробка основних схем автоматизації.	.....
5	Розробка інтерфейсу оператора	.....
6	Оформлення дипломного проекту та супровідної документації	.....

### **10.Додатки:**

*Додаток А.* Конструкторська документація:

- СУдн-01 6.151.10 С1 Автоматизація виробництва паливних гранул.
- СУдн-01 6.151.00 А2 Автоматизація виробництва паливних гранул..
- СУдн-01 6.151.00 Е3 Автоматизація виробництва паливних гранул.



## АНОТАЦІЯ

Абрамчук Ярослав Юрійович. Автоматизація виробництва паливних гранул. Дипломний проєкт. Сумський державний університет. Суми - 2024 р.

Дипломний проєкт містить 50 аркушів пояснювальної записки, 36 рисунків, 8 таблиць, 1 додаток, 3 схеми. При виконанні дипломного проєкту було використано 9 літературних джерел.

Дана робота присвячена розробці системи автоматизації виробництва паливних гранул. У ній розглядаються ключові аспекти створення ефективної та надійної автоматизованої лінії з виготовлення пелет.

Основна увага приділяється оптимізації технологічного процесу, який включає подрібнення сировини, сушіння, пресування та охолодження готової продукції. Представлено аналіз існуючих технологій та обладнання, обґрунтовано вибір оптимальних рішень для кожного етапу виробництва.

У роботі описано розробку системи управління, яка забезпечує контроль та регулювання ключових параметрів процесу, таких як вологість сировини, температура сушіння, тиск пресування та інші. Представлено функціональну схему автоматизації та принципову електричну схему.

Ключові слова: система керування, гранулювання, біопаливо.

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 виробництва паливних гранул»

Керівник проєкту:

завідувач кафедри КСУ, к.т.н.

Петро ЛЕОНТЬЄВ

Здобувач:

Студента групи СУдн-01

Ярослав АБРАМЧУК

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	3
РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ .....	7
1.1 Опис та призначення .....	7
1.2 Склад об'єкта.....	11
1.3 Характеристики та умови експлуатації .....	13
РОЗДІЛ 2. АВТОМАТИЗАЦІЯ ВИРОБНИЦТВА ПАЛИВНИХ ГРАНУЛ .....	16
2.1 Аналіз технологічного процесу виробництва паливних гранул .....	16
2.2 Функціональні задачі керування.....	17
2.3 Контури керування.....	17
2.3.1 Контур завантаження та сушки .....	17
2.3.2 Контур сепарації та подрібнення.....	18
2.3.3 Контур гранулювання та упакування.....	20
РОЗДІЛ 3. ВИБІР ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ АВТОМАТИЗАЦІЇ .....	21
3.1 Вибір ПЛК та модулів.....	21
3.2 Вибір датчиків .....	29
3.3 Вибір виконавчих органів .....	35
РОЗДІЛ 4. РОЗРОБКА ІНТЕРФЕЙСУ ОПЕРАТОРА.....	39
4.1 Загальні поняття про мнемосхеми та інтерфейс керування .....	39
4.2 Розробка інтерфейсу оператора у середовищі PromoticScada.....	42
4.2.1 Головний екран оператора .....	45
4.2.3 Зображення контуру сепарації та подрібнення.....	47
4.2.4 Зображення контуру гранулювання та упакування.....	48
ВИСНОВОК .....	49
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ .....	50
ДОДАТОК А .....	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>

					<i>СУ-91 6.151.00.ПЗ</i>		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		Гротан			Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.						2	48
Реценз.					<b>СумДУ, СУ-91</b>		
Н. Контр.							
Затверд.		.Леонтьев П.В.					
Автоматизація процесу гранулювання комбікорму Пояснювальна записка							

## ВСТУП

**Актуальність теми:** Автоматизація виробництва паливних гранул є надзвичайно актуальною темою в контексті глобальних енергетичних та екологічних викликів. З огляду на виснаження традиційних джерел енергії та зростаючу стурбованість щодо зміни клімату, паливні гранули стають все більш привабливою альтернативою. Вони не тільки забезпечують ефективне використання відходів деревообробної промисловості та сільського господарства, але й значно зменшують викиди парникових газів порівняно з викопним паливом.

Автоматизація цього виробництва є ключовим фактором для задоволення зростаючого попиту на ринку. Вона дозволяє оптимізувати весь виробничий процес - від підготовки сировини до пакування готової продукції, що призводить до підвищення якості гранул, зниження собівартості та збільшення обсягів виробництва. Крім того, автоматизація сприяє стандартизації продукції, що є критично важливим для відповідності міжнародним стандартам якості та розширення експортного потенціалу.

**Метою дослідження** є розробка інноваційної, комплексної системи автоматизації виробництва паливних гранул. Ця система має бути спрямована не лише на підвищення ефективності виробничого процесу та покращення якості продукції, але й на створення гнучкого, адаптивного виробництва, здатного швидко реагувати на зміни ринкового попиту та характеристик вхідної сировини. Додатково, мета включає розробку підходів до інтеграції цієї системи з концепцією "Індустрія 4.0", включаючи використання технологій інтернету речей (IoT) та аналізу великих даних для прогнозування та оптимізації виробництва.

					<i>СУ-01 6.151.00.ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		3

### **Завдання дослідження:**

Проведення комплексного аналізу існуючих технологій виробництва паливних гранул, включаючи вивчення міжнародного досвіду та передових практик.

Виявлення ключових етапів виробничого процесу, які потребують автоматизації, та визначення потенційних "вузьких місць" у виробництві.

Дослідження та порівняльний аналіз сучасних методів та засобів автоматизації, придатних для впровадження у виробництво паливних гранул, включаючи роботизовані системи, машинне зору, та технології штучного інтелекту.

Розробка адаптивних алгоритмів управління для кожного етапу виробничого процесу, здатних оптимізувати параметри роботи обладнання залежно від характеристик вхідної сировини та бажаних параметрів кінцевого продукту.

Проектування інтегрованої системи автоматизованого управління виробництвом паливних гранул, включаючи розробку архітектури системи, вибір апаратного та програмного забезпечення.

Створення цифрового двійника виробничої лінії для моделювання та оптимізації процесів.

Розробка системи моніторингу та контролю якості на всіх етапах виробництва з використанням технологій машинного зору та спектрального аналізу.

Інтеграція розробленої системи з ERP та MES системами підприємства для забезпечення наскрізної автоматизації бізнес-процесів.

Проведення експериментальних досліджень для валідації розроблених рішень та оцінки їх ефективності.

Оцінка економічної ефективності запропонованої системи автоматизації та розрахунок терміну окупності інвестицій.

Методи дослідження:

					<i>СУ-01 6.151.00.ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		4

У роботі будуть використані комплексні методи дослідження, що включають:

Методи системного аналізу для вивчення виробничого процесу як цілісної системи та виявлення взаємозв'язків між його компонентами.

Методи математичного моделювання для створення цифрових моделей окремих етапів виробництва та всього процесу в цілому.

Методи теорії автоматичного управління для розробки алгоритмів керування технологічними процесами.

Методи оптимізації для знаходження оптимальних параметрів роботи обладнання.

Методи машинного навчання та аналізу даних для розробки предиктивних моделей якості продукції та оптимізації виробничих параметрів.

Експериментальні методи, включаючи проведення лабораторних та промислових випробувань для перевірки ефективності розроблених рішень.

Методи комп'ютерного моделювання та симуляції для тестування розроблених алгоритмів управління.

Методи економічного аналізу, включаючи розрахунок NPV, IRR та терміну окупності для оцінки економічної ефективності запропонованої системи автоматизації.

### **Практична значимість:**

Результати дослідження матимуть широке практичне застосування у галузі виробництва паливних гранул та біоенергетики в цілому. Впровадження розробленої системи автоматизації дозволить:

Підвищити продуктивність виробництва на 20-30% за рахунок оптимізації всіх етапів технологічного процесу.

Покращити якість кінцевого продукту, забезпечуючи стабільні характеристики гранул відповідно до міжнародних стандартів (наприклад, ENplus).

					<i>СУ-01 6.151.00.ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпись	Дата		5

Знизити енергоспоживання на 15-20% та операційні витрати на 10-15% завдяки оптимізації режимів роботи обладнання.

Підвищити безпеку виробничого процесу шляхом впровадження систем раннього виявлення та попередження аварійних ситуацій.

Забезпечити гнучкість виробництва та можливість швидкого реагування на зміни ринкового попиту та характеристик сировини.

Мінімізувати вплив людського фактору на якість продукції та ефективність виробництва.

Створити основу для подальшої цифрової трансформації підприємства та впровадження концепції "розумного виробництва".

					<i>СУ-01 6.151.00.ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпись</i>	<i>Дата</i>		6

## РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ

### 1.1 Опис та призначення

Об'єктом автоматизації є технологічна лінія з виробництва паливних гранул (пелет) (рис. 1.1), яка представляє собою комплексну систему взаємопов'язаних процесів та обладнання. Виробництво починається з етапу підготовки сировини, де відбувається її прийом, зберігання та первинна обробка. Сировина, яка зазвичай складається з деревних відходів або агропромислових залишків, подається в подрібнювач для досягнення однорідної консистенції. На цьому етапі критично важливо контролювати розмір частинок та видаляти сторонні включення, такі як каміння або металеві фрагменти, що можуть пошкодити обладнання на наступних етапах виробництва.

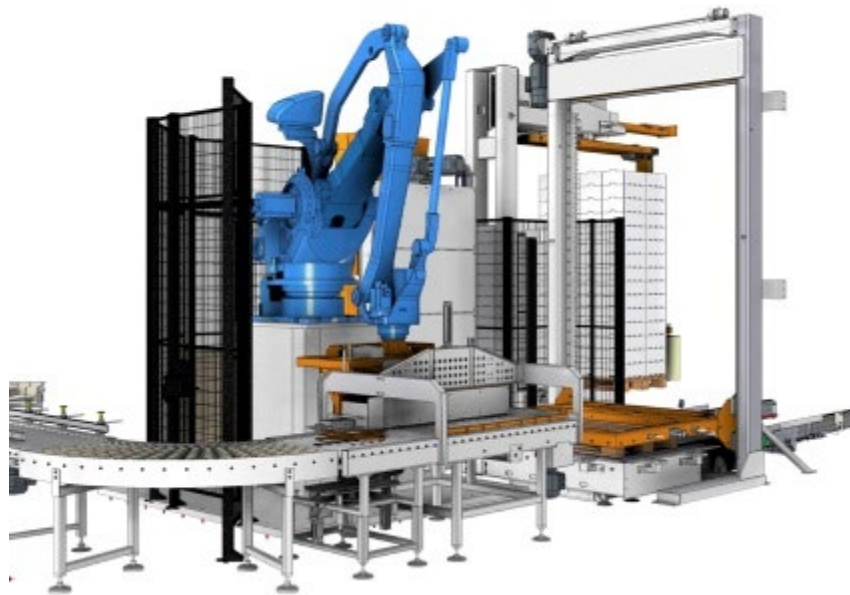


Рисунок 1.1 – Автоматизована лінія виробництва паливних гранул

Після подрібнення сировина надходить до сушильного комплексу, де відбувається зниження її вологості до оптимального рівня. Процес сушіння є одним з найбільш енергоємних у всьому виробничому циклі, тому точний

					<i>СУ-01 6.151.00.ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		7



контроль температури та тривалості сушіння є ключовим для енергоефективності всього виробництва. Висушена сировина потрапляє в прес-гранулятор - серце всієї виробничої лінії. Тут під високим тиском та при додаванні пари формуються власне паливні гранули. Процес гранулювання вимагає точного балансування багатьох параметрів, включаючи тиск пресування, температуру матриці, швидкість подачі сировини та кількість доданої пари.

Свіжосформовані гранули мають високу температуру і потребують охолодження перед подальшою обробкою. Цей процес відбувається в спеціальному охолоджувачі, де також відбувається стабілізація вологості гранул. Після охолодження гранули проходять через вібрсито для відсіювання некондиційної продукції та пилу. Готові гранули (рис. 1.2) транспортуються до системи пакування та зберігання, де вони фасуються у мішки, біг-беги або відправляються на зберігання в силоси.

Ефективна автоматизація даного об'єкта вимагає створення інтегрованої системи управління, яка забезпечить оптимальну взаємодію всіх елементів виробничої лінії. Ця система повинна здійснювати постійний моніторинг ключових параметрів на кожному етапі виробництва, включаючи вологість та розмір частинок сировини, температуру та тиск в процесі гранулювання, якість готових гранул. Особлива увага має бути приділена оптимізації енергоспоживання, яке є значним фактором у собівартості продукції.



Рисунок 1.2 – Паливні гранули

Автоматизована система також повинна забезпечувати гнучкість виробництва, дозволяючи швидко адаптувати параметри процесу до змін у якості вхідної сировини або вимог до кінцевого продукту. Важливим аспектом є інтеграція системи контролю якості, яка б дозволяла в режимі реального часу відстежувати відповідність продукції встановленим стандартам. Не менш важливим є забезпечення безпеки виробництва через впровадження систем раннього виявлення та попередження аварійних ситуацій.

Призначення об'єкта автоматизації - технологічної лінії з виробництва паливних гранул - полягає у забезпеченні ефективного та економічно вигідного процесу переробки біомаси в високоякісне, екологічно чисте паливо. Ця виробнича система призначена для перетворення різноманітних видів органічних відходів, таких як деревна тріска, тирса, сільськогосподарські залишки, в стандартизовані паливні гранули з високою енергетичною щільністю.

Основна мета даного об'єкта - створення продукту, який може служити альтернативою традиційним видам палива, сприяючи тим самим зниженню залежності від викопних енергоресурсів та зменшенню викидів парникових газів. Виробнича лінія забезпечує повний цикл переробки сировини: від її підготовки та сушіння до формування гранул, їх охолодження та пакування.

Важливим аспектом призначення об'єкта є максимально ефективне використання вхідної сировини, що дозволяє не тільки виробляти цінний енергетичний продукт, але й вирішувати проблему утилізації відходів деревообробної та сільськогосподарської промисловості. Це робить виробництво паливних гранул важливим елементом циркулярної економіки та сталого розвитку.

Крім того, призначення об'єкта включає забезпечення стабільно високої якості продукції, що відповідає міжнародним стандартам. Це досягається шляхом точного контролю всіх параметрів виробничого процесу, від вологості вхідної сировини до щільності та міцності готових гранул. Така якість продукції

					<i>СУ-01 6.151.00.ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		9

необхідна для її конкурентоспроможності на внутрішньому та міжнародному ринках.



Рисунок 1.3 – Прес виробництва гранул

Ще одним важливим призначенням об'єкта є створення гнучкого виробництва, здатного адаптуватися до змін у складі вхідної сировини та вимог ринку. Це дозволяє ефективно працювати з різними видами біомаси та виробляти гранули з характеристиками, що відповідають потребам різних споживачів - від приватних домогосподарств до промислових котелень.

Не менш важливим є призначення об'єкта в контексті енергоефективності та мінімізації впливу на навколишнє середовище. Виробнича лінія повинна забезпечувати оптимальне використання енергоресурсів на всіх етапах виробництва, а також мінімізувати викиди пилу та інших забруднюючих речовин у атмосферу.

					<i>СУ-01 6.151.00.ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		<i>10</i>

## 1.2 Склад об'єкта

Склад об'єкта автоматизації - технологічної лінії з виробництва паливних гранул - включає в себе комплекс взаємопов'язаного обладнання, яке забезпечує повний цикл переробки сировини в готову продукцію.

На початковому етапі виробництва розташовується система прийому та зберігання сировини. Вона складається з приймального бункера, який оснащений ваговими датчиками для обліку вхідної сировини. Далі йдуть транспортери різних типів - стрічкові та шнекові, які забезпечують переміщення матеріалу між різними ділянками виробництва.

Важливим елементом є подрібнювальне обладнання. Зазвичай це молоткові дробарки або ножові подрібнювачі, які подрібнюють сировину до потрібного розміру частинок. Після подрібнення матеріал проходить через магнітний сепаратор для видалення можливих металевих включень.

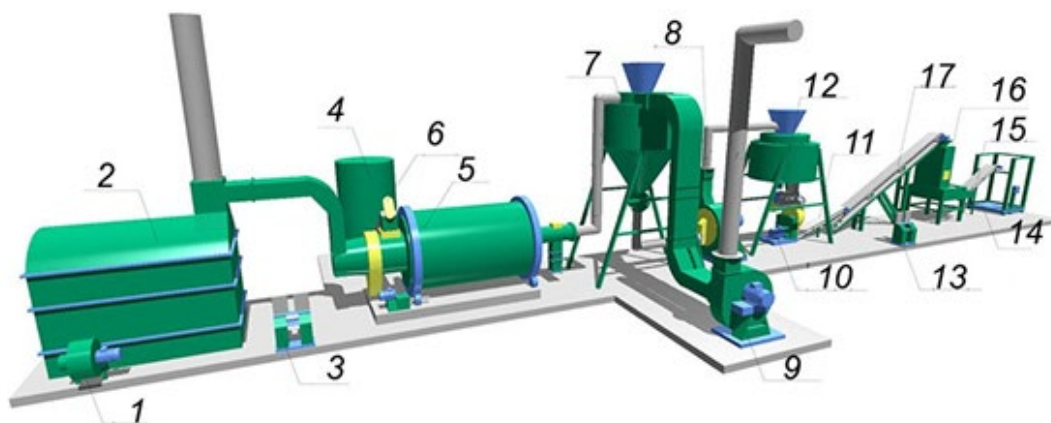


Рисунок 1.4 - Лінія виробництва паливних гранул

1 – вентилятор; 2 – теплогенератор; 3, 13 – пульт керування; 4 – завантажувальний бункер; 5 – сушильний барабан; 6, 15, 17 – транспортер; 7 – сепаратор; 8 – молоткова дробарка; 9 – димовсмоктувач; 10 – прес-гранулятор; 11 – подільник пелет; 12 – бункер сухої сировини; 14 – ваги; 16 – камера охолодження

Наступним ключовим елементом є сушильний комплекс. Він включає в себе барабанну або стрічкову сушарку, теплогенератор для нагріву повітря та систему подачі теплоносія. Сушарка оснащена датчиками температури та вологості для контролю процесу сушіння.

Центральним обладнанням лінії є прес-гранулятор. Це складний агрегат, що складається з матриці, пресувальних роликів, системи подачі сировини та системи додавання пари. Гранулятор оснащений датчиками тиску, температури та продуктивності.

Після гранулятора розташовується охолоджувач гранул, зазвичай це вертикальна колона з системою подачі охолоджуючого повітря. Охолоджувач обладнаний датчиками температури та вологості.

Далі йде система сортування готових гранул, яка включає вібросито для відсіювання некондиційної продукції та пилу. Відсортовані гранули потрапляють у систему пакування, яка може складатися з пакувальних машин для різних видів упаковки (мішки, біг-беги) або системи завантаження в силоси для безтарного зберігання.

Важливою частиною обладнання є система аспірації та пиловидалення, яка включає в себе циклони, фільтри та вентилятори. Вона забезпечує чистоту повітря у виробничому приміщенні та уловлює дрібні частинки, які можуть бути повернуті в виробничий цикл.

Для забезпечення роботи пневматичних систем управління та очистки обладнання використовується компресорна станція.

Вся лінія оснащена розгалуженою мережею датчиків, які контролюють різні параметри процесу: температуру, тиск, вологість, витрату матеріалів та енергоресурсів. Ці датчики підключені до центральної системи управління, яка зазвичай базується на промислових контролерах та SCADA-системі.

Крім того, до складу об'єкта входить лабораторне обладнання для контролю якості сировини та готової продукції, включаючи прилади для визначення вологості, зольності, теплотворної здатності гранул.

					<i>СУ-01 6.151.00.ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		12

### 1.3 Характеристики та умови експлуатації

Виробнича потужність установки зазвичай варіюється від 500 кг до 5 тонн гранул на годину, залежно від розміру підприємства. Більші установки можуть досягати продуктивності до 10 тонн на годину. Ця характеристика визначає масштаб виробництва та впливає на вибір компонентів системи.

Енергоспоживання є критичним параметром, який впливає на економічну ефективність виробництва. Типова установка середньої потужності може споживати від 100 до 200 кВт\*год електроенергії на тонну готової продукції. Крім того, значна кількість теплової енергії витрачається на процес сушіння сировини.

Вимоги до вхідної сировини є важливою характеристикою. Оптимальна вологість сировини для гранулювання становить 10-12%. Розмір частинок після подрібнення не повинен перевищувати 3-4 мм. Ці параметри суттєво впливають на якість кінцевого продукту та енергоефективність процесу.

Температурний режим є критичним для різних етапів виробництва. Температура сушіння сировини може досягати 200°C, в той час як температура в прес-грануляторі зазвичай становить 80-130°C. Охолодження готових гранул відбувається до температури, що на 5-10°C перевищує температуру навколишнього середовища.

Тиск пресування в грануляторі є ключовим параметром і може досягати 100-300 МПа, залежно від типу сировини та бажаних характеристик гранул.

Щодо умов експлуатації, установка повинна працювати в закритому приміщенні з контрольованим мікрокліматом. Температура в виробничому приміщенні повинна підтримуватися в межах 15-30°C, а відносна вологість не повинна перевищувати 70% для запобігання конденсації вологи на обладнанні.

Запиленість є суттєвою проблемою при виробництві гранул. Концентрація пилу в повітрі робочої зони не повинна перевищувати гранично допустимих концентрацій, що вимагає ефективної роботи системи аспірації та пиловидалення.

					<i>СУ-01 6.151.00.ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпись	Дата		13

Вібрація та шум є невід'ємними супутниками роботи установки. Рівень шуму може досягати 80-90 дБ, що вимагає застосування засобів індивідуального захисту персоналу та заходів з шумоізоляції.

Пожежна безпека є критичним аспектом експлуатації через високу займистість деревного пилу. Температура самозаймання деревного пилу становить близько 400-500°C, що вимагає постійного моніторингу температури в критичних точках установки. Характеристики також преведено в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Характеристики лінії виробництва паливних гранул

Параметр	Значення/Діапазон
Виробнича потужність	500 кг - 5 тонн/год (до 10 тонн/год для великих установок)
Енергоспоживання	100-200 кВт*год/тонну готової продукції
Вологість вхідної сировини	10-12%
Розмір частинок сировини	До 3-4 мм
Температура сушіння	До 200°C
Температура в прес-грануляторі	80-130°C
Температура охолодження гранул	На 5-10°C вище температури навколишнього середовища
Тиск пресування	100-300 МПа
Температура в приміщенні	15-30°C
Відносна вологість в приміщенні	До 70%
Рівень шуму	80-90 дБ
Температура самозаймання деревного пилу	400-500°C
Концентрація пилу в повітрі	Не вище гранично допустимих концентрацій
Частота технічного обслуговування	Регулярно, згідно з графіком
Термін служби матриць та роликів	Залежить від інтенсивності використання, потребує періодичної заміни
Система управління	Автоматизована, з функцією аварійного відключення

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

СУ-01 6.151.00.ПЗ

Лист

14

Установка повинна експлуатуватися в режимі безперервного виробництва з мінімальними простоями, оскільки часті зупинки та запуски негативно впливають на ефективність роботи та якість продукції.

Технічне обслуговування обладнання повинно проводитися регулярно, з особливою увагою до зносу робочих органів прес-гранулятора (матриць та роликів), які потребують періодичної заміни.

Автоматизована система управління повинна забезпечувати безперервний моніторинг усіх ключових параметрів процесу та мати функції аварійного відключення в разі виникнення нештатних ситуацій.

					<i>СУ-01 6.151.00.ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		15



## РОЗДІЛ 2. АВТОМАТИЗАЦІЯ ВИРОБНИЦТВА ПАЛИВНИХ ГРАНУЛ

### 2.1 Аналіз технологічного процесу виробництва паливних гранул

Ознайомитися детальніше з технологічним процесом виробництва паливних гранул можна за допомогою схеми інформаційно-матеріальних потоків СУДН-01 6.151.01 С1 або на рисунку 2.1.

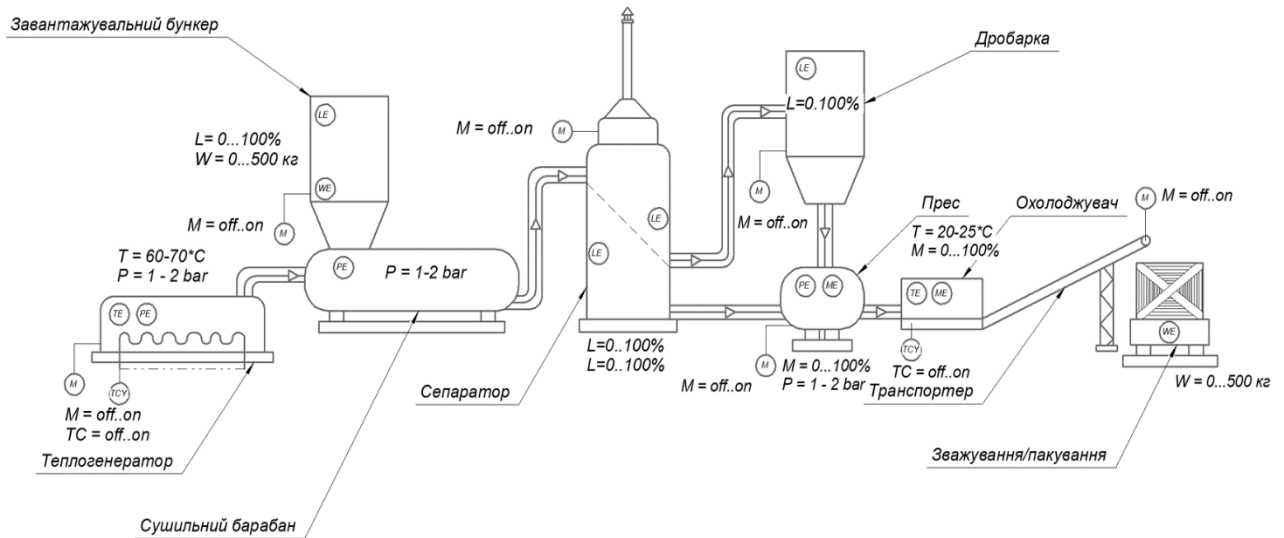


Рисунок 2.1 – Схема інформаційно-матеріальних потоків

Також можна ознайомитися зі структурною блок схемою виробництва за допомогою рисунку 2.2.

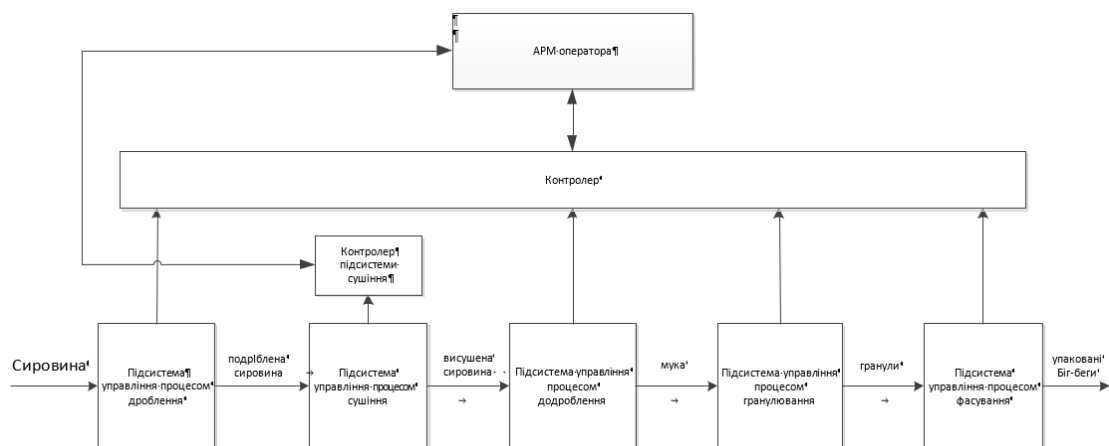


Рисунок 2.2 – Структурна схема виробництва

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

СУ-01 6.151.00.ПЗ

Лист

16

## 2.2 Функціональні задачі керування

На основі викладеного у першому розділі, а також схеми інформаційно-матеріальних потоків та структурної схеми виробництва гранул можемо сформуванати ряд функціональних завдань автоматизації:

1. Контроль технологічних параметрів на всіх етапах виробництва.
2. Забезпечити керування ВМ.
3. Забезпечити взаємодію оператора з установкою.
4. Забезпечити виробництво паливних гранул відповідно до вимог

## 2.3 Конттури керування

На даному етапі роботи проводиться поділ автоматизованого об'єкта на конттури керування. У нас їх 3:

### 2.3.1 Контур завантаження та сушки

На даному етапі виробництва сировина, у вигляді щепок, тирси або інших відходів з обробки дерева, потрапляє до бункера завантаження. Бункер має давачі рівня та ваги. Також встановлено вібромотор, для транспортування сировини з бункера в сушарку, тепле повітря якого надходить від теплогенератора. Далі, коли сировина достатньо просушилась, вона потрапляє до наступного конутра керування. На рисунку 2.3 та 2.4 відображено контур завантаження та сушки.

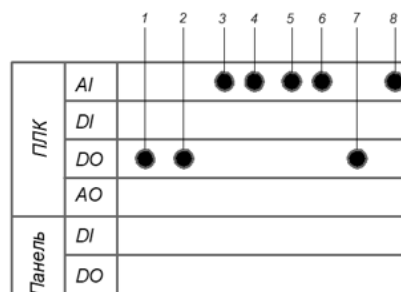


Рисунок 2.3 – Контур завантаження та сушки

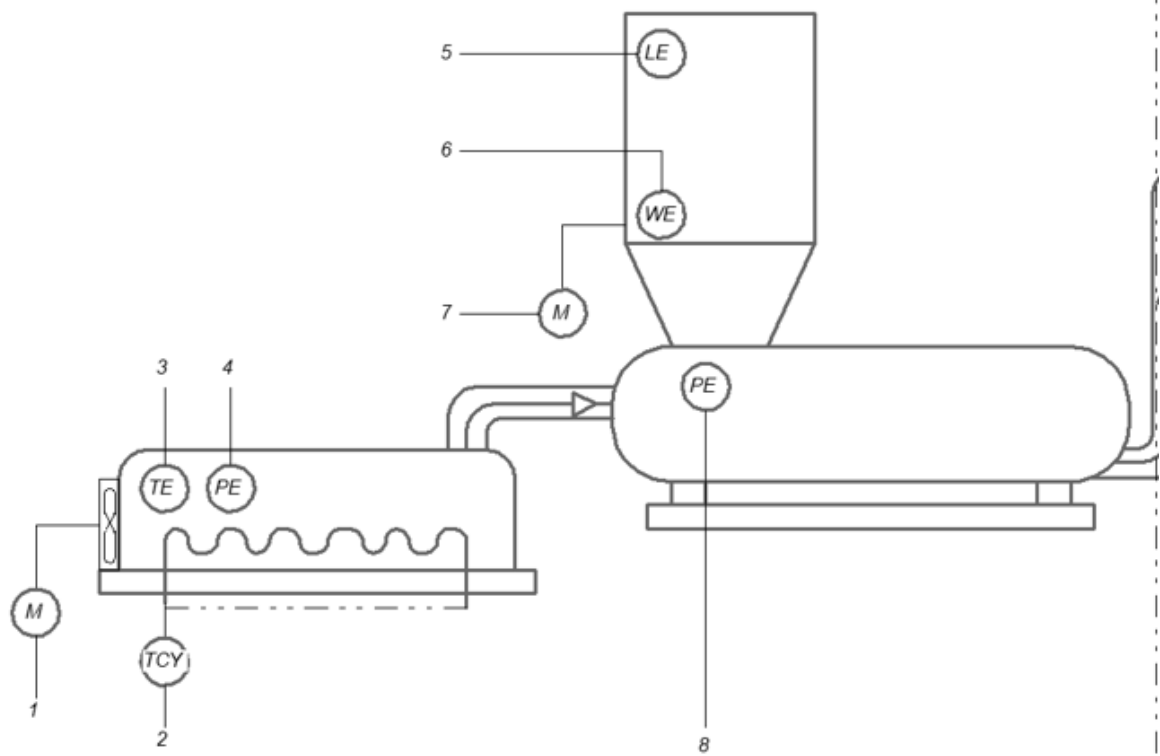


Рисунок 2.4 – Контур завантаження та сушки

### 2.3.2 Контур сепарації та подрібнення

Контур сепарації складається безпосередньо з самого сепаратора та подрібнювальної машини, або простими словами – дробарки. Сепаратор виконує роль розділення сировини малих, розміром 2-10 мм, від великих, розміром більше 10 мм. Таким чином, малий розмір сировини потрапляє відразу до пресу, а великі попередньо потрапляють до дробарки, яка їх подрібнить у потрібні для преса розміри. На цьому етапі здійснюється керування дробаркою, а також витяжкою. Витяжка встановлюється у сепараторі, а саме на вихідній трубі. Якщо звернути увагу на сепараторі встановлюються датчі заповненості, це зроблено для регулювання подачі до сепаратора сировини. На рисунку 2.5 та 2.6 зображено контур сепарації та подрібнення.

### Контур сепарації та подрібнення

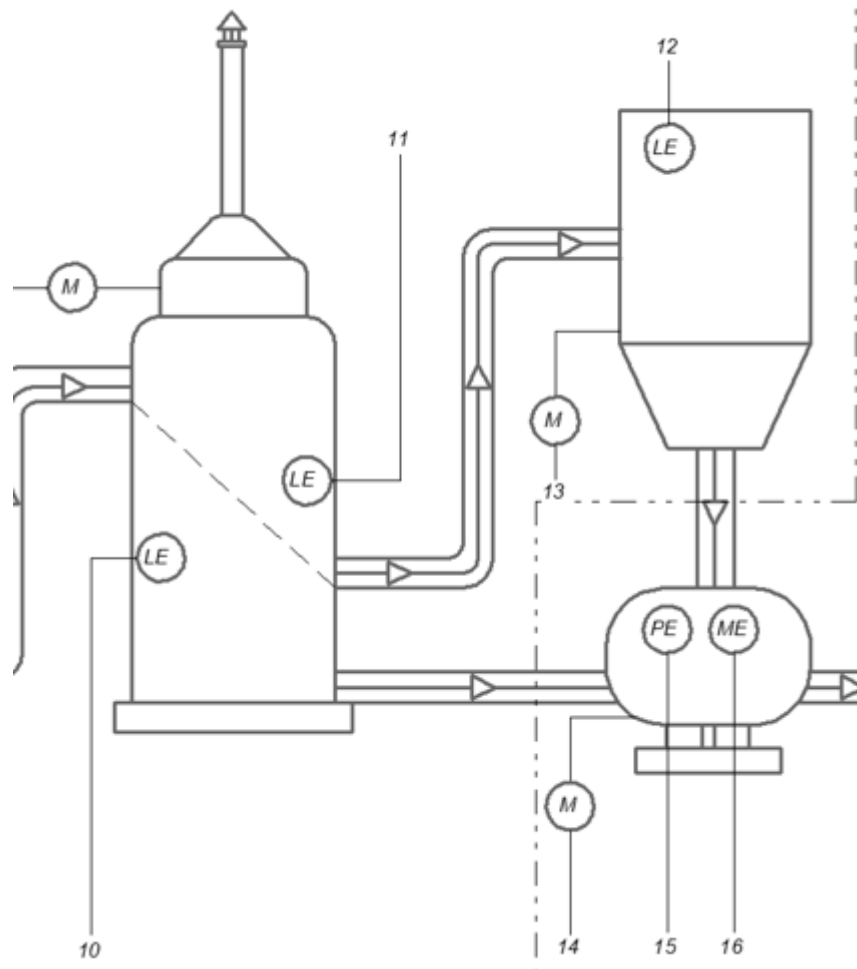


Рисунок 2.5 – Контур сепарації та подрібнення

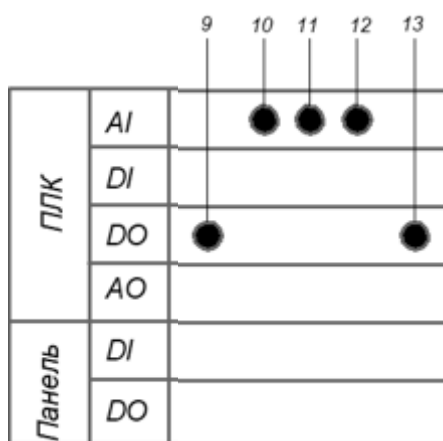


Рисунок 2.6 – Контур сепарації та подрібнення

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

СУ-01 6.151.00.ПЗ

Лист

19

### 2.3.3 Контур гранулювання та упакування

Після усіх попередніх контурів, сировина потрапляє до прес-форми, де вона перетворюється у гранули. Після прес-форму, гарячі гранули необхідно охолодити перед пакуванням за допомогою рефрижератора. Після охолодження гранули потрапляють до упаковки, це або ящик, або біг бег. Відповідно контролюються такі параметри, як температура, тиск, вологість та ваги. На рисунку 2.7 та 2.8 зображено контур гранулювання та упакування.

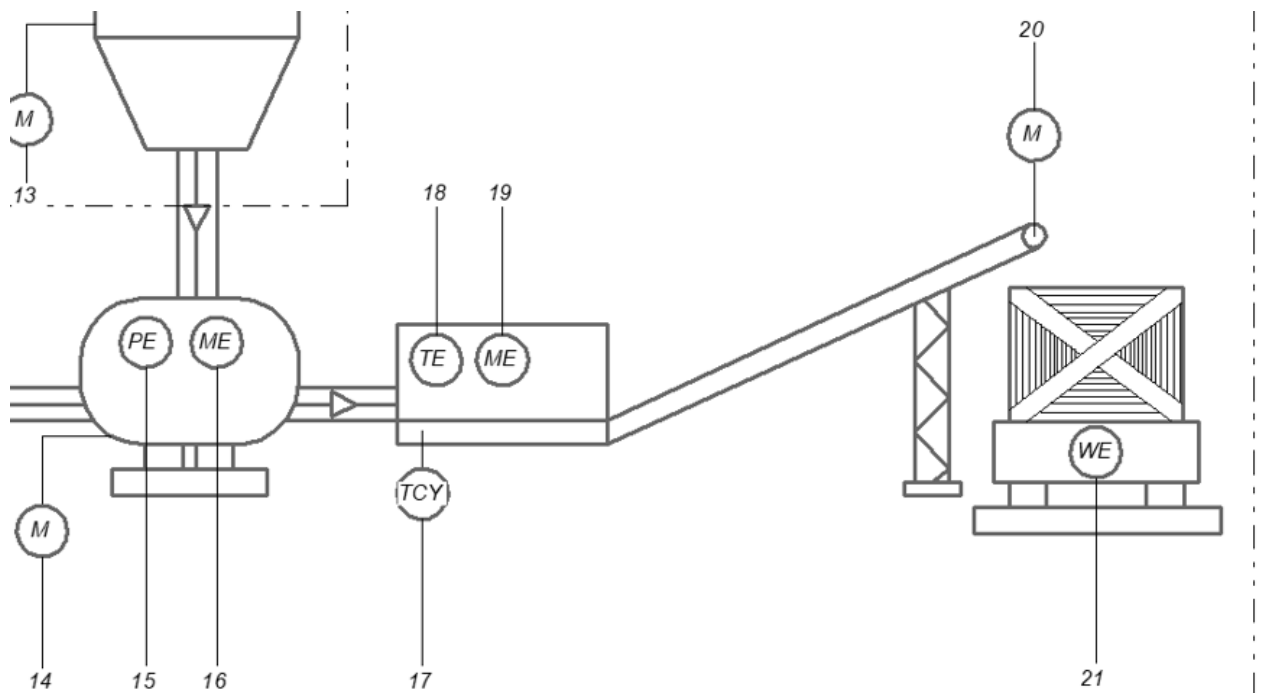


Рисунок 2.7– Контур сепарації та подрібнення

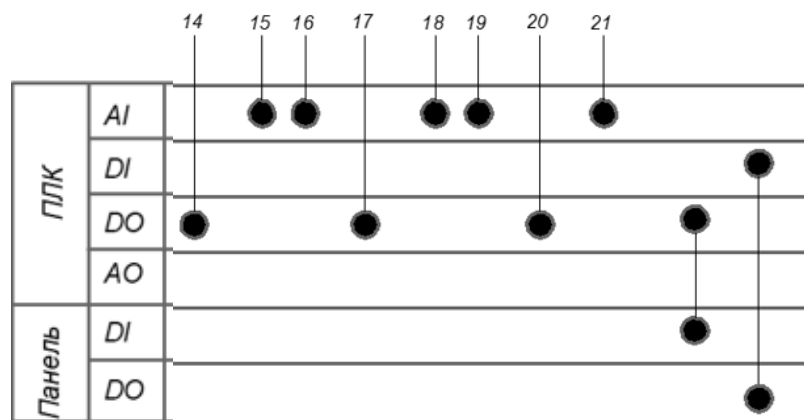


Рисунок 2.8– Контур сепарації та подрібнення

## РОЗДІЛ 3. ВИБІР ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ АВТОМАТИЗАЦІЇ

### 3.1 Вибір ПЛК та модулів

Програмовані логічні контролери (ПЛК) є ключовим елементом сучасних систем автоматизації, зокрема у виробництві паливних гранул. ПЛК представляють собою спеціалізовані цифрові комп'ютери, розроблені для управління промисловими процесами та обладнанням. Вони відрізняються високою надійністю та здатністю працювати в жорстких промислових умовах, стійкістю до вібрацій, електромагнітних завад та екстремальних температур.

Однією з ключових особливостей ПЛК є їх модульна архітектура, яка дозволяє легко розширювати та модифікувати систему відповідно до змінних потреб виробництва. Це особливо важливо в динамічному середовищі виробництва паливних гранул, де може виникнути необхідність адаптації до нових типів сировини або зміни виробничих процесів.

ПЛК програмуються за допомогою спеціалізованих мов, визначених стандартом ІЕС 61131-3. Ці мови включають ладдерну логіку, функціональні блок-діаграми та структурований текст, що дозволяє інженерам-автоматизаторам створювати складні алгоритми управління, адаптовані до конкретних вимог виробництва паливних гранул.

Важливою характеристикою ПЛК є їх здатність працювати в режимі реального часу, забезпечуючи швидку реакцію на зміни вхідних сигналів. Це критично важливо для управління такими динамічними процесами, як регулювання температури сушіння, контроль тиску пресування та управління подачею сировини у виробництві паливних гранул.

Структура типового ПЛК включає центральний процесор, модулі вводу/виводу, пам'ять для зберігання програм та даних, комунікаційні інтерфейси та джерело живлення. ПЛК має широкий спектр цифрових та аналогових входів/виходів для підключення різноманітних датчиків та

					<i>СУ-01 6.151.00.ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		21

виконавчих механізмів, що дозволяє створити комплексну систему управління всім виробничим процесом.

У контексті виробництва паливних гранул, ПЛК виконують ряд критичних функцій. Вони керують роботою двигунів та приводів, регулюють температуру та вологість на різних етапах виробництва, контролюють тиск пресування, управляють подачею сировини, здійснюють постійний моніторинг параметрів процесу та забезпечують безпеку виробництва.

Сучасні тенденції розвитку ПЛК включають інтеграцію з промисловим Інтернетом речей (ІоТ), що відкриває нові можливості для віддаленого моніторингу та управління виробництвом. Спостерігається також постійне підвищення обчислювальної потужності ПЛК, розширення їх функцій безпеки та покращення комунікаційних можливостей, що дозволяє створювати все більш складні та ефективні системи автоматизації.

Вибір ПЛК для автоматизації виробництва паливних гранул залежить від багатьох факторів, включаючи масштаб виробництва, складність процесів та вимоги до точності управління. Правильно підібраний та запрограмований ПЛК забезпечує ефективне, надійне та гнучке управління всім виробничим процесом, сприяючи підвищенню продуктивності, якості продукції та енергоефективності виробництва паливних гранул. Для наших завдань підійде ПЛК SE M241CE24R.

					<i>СУ-01 6.151.00.ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		22



Рисунок 3.1 - Програмований логічний контролер SE M241CE24R  
Технічні характеристики контролера представлено в таблиці 3.1

Таблиця 3.1 - Технічні характеристики M241CE24R

<i>Характеристики</i>	<i>Значення</i>
Живлення, В	220В 50 Гц
Кількість входів, DI	14;
Кількість входів, DO	6R; 4T.
Пам'ять	8 МВ для програми 64 МВ для system memory RAM
Вбудовані інтерфейси	serial з RJ45 роз'ємом и RS232/RS485 Порт USB з mini B USB 2.0 роз'ємом Ethernet з RJ45 роз'ємом

Для вирішення проблеми нестачі входів та виходів у базовій конфігурації контролера, необхідно розширити його функціональність за допомогою додаткових модулів.

Зважаючи на специфіку проекту, виникла потреба в обробці аналогових сигналів, яких не передбачено в базовій комплектації контролера. Крім того,



кількість наявних дискретних виходів виявилася недостатньою для повноцінного управління системою.

Для інтеграції датчиків, що працюють з сигналом 4..20 мА, було прийнято рішення використати аналогові модулі вхідних сигналів. Враховуючи, що загальна кількість аналогових сигналів у системі становить 37, оптимальним вибором став 8-канальний модуль ТМ3АІ8 з гвинтовими клеммами. Для повного покриття потреб проекту необхідно п'ять таких модулів (Рис. 3.2).



Рисунок 3.2 - Аналоговий модуль ТМ3АІ8

ТМ3АІ8 має технічні характеристики, які вказані у таблиці 3.2

Таблиця 3.2 - Технічні характеристики аналогового модуля ТМ3АІ8

<i>Характеристики</i>	<i>Значення</i>
Живлення, В	24В
Кількість каналів	8;
Тип підключення	струм 4...20мА струм 0...20мА напруга 0...10В напруга -10...10В
Доступна перегрузка	13 В по напрузі 40 мА по струму
Діапазон напруги	20.4...28.8В

Таке рішення дозволить ефективно інтегрувати всі необхідні датчики в систему управління, забезпечуючи точний моніторинг та контроль виробничого процесу.

Аналіз вимог показав, що для дискретних вхідних сигналів додаткові модулі не потрібні. Наявні клеми на самому контролері достатні для підключення всіх необхідних дискретних вхідних сигналів, що оптимізує використання наявних ресурсів.

Щодо аналогових вихідних сигналів, було встановлено, що в даній системі керування за допомогою аналогових сигналів не передбачається. Це дозволяє виключити необхідність у додаткових аналогових вихідних модулях, спрощуючи загальну структуру системи.

Проте, для забезпечення достатньої кількості дискретних вихідних сигналів, виникла потреба у розширенні. Частина дискретних виходів (DO) буде підключена безпосередньо до клем контролера, а для решти буде використано додаткові модулі. Для повного забезпечення потреб проекту достатньо двох модулів ТМ3DQ8R (рис. 3.3).

					<i>СУ-01 6.151.00.ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпись</i>	<i>Дата</i>		25



Рисунок 3.3 - Модуль дискретних вихідних сигналів TM3DQ8R

Даний модуль має наступні характеристики, показані у таблиці 3.3.

Таблиця 3.3 - Технічні характеристики TM3DQ8R.

Характеристики	Значення
Живлення, В	24В
Кількість каналів	8;
Тип дискретного входу	Замикаюче реле
Механічна зносостійкість	20000000 цикли
Час спрацьовування	10 ms (вкл)
	5 ms (викл)

Таке рішення дозволяє оптимально використовувати наявні ресурси контролера та забезпечити необхідну функціональність системи управління без надлишкового ускладнення її структури.

Для забезпечення надійної та безпечної роботи системи автоматизації необхідно доповнити її комплектацію кількома важливими компонентами.

Ключовим елементом захисту цінного обладнання від можливих електричних перевантажень та коротких замикань є автоматичні вимикачі. Враховуючи вимоги до надійності та якості, рекомендується звернути увагу на

продукцію компанії Schneider Electric (SE), яка зарекомендувала себе на ринку електротехнічного обладнання. На рисунку 3.4 зображено захисний автомат.



Рисунок 3.4 - Автоматичний вимикач SE EZ9F34210

Для нашої системи оптимальним вибором будуть двополюсні автоматичні вимикачі з номінальним струмом 10 А та характеристикою спрацьовування типу С. Ця конфігурація забезпечить належний захист обладнання, враховуючи специфіку навантаження в системах автоматизації.

Вибір саме цього типу автоматичних вимикачів обумовлений їх здатністю ефективно реагувати на короткочасні пускові струми, характерні для промислового обладнання, при цьому забезпечуючи надійний захист від тривалих перевантажень та коротких замикань.

Для забезпечення ефективної комутації високовольтних ланцюгів в нашій системі автоматизації обрано реле TRS 24-230VUC 1CO виробництва компанії WEIDMULLER. Цей вибір обумовлений необхідністю надійного управління виконавчими механізмами (ВМ), що працюють з високою напругою.

Принцип роботи даного елемента в системі наступний: програмований логічний контролер (ПЛК) формує керуючий сигнал низької напруги. Цей сигнал подається на обмотку реле TRS 24-230VUC 1CO (рис. 3.5). У відповідь на отриманий сигнал, реле активується, замикаючи групу своїх контактів. Ця дія дозволяє подати високовольтний сигнал безпосередньо на виконавчий механізм.

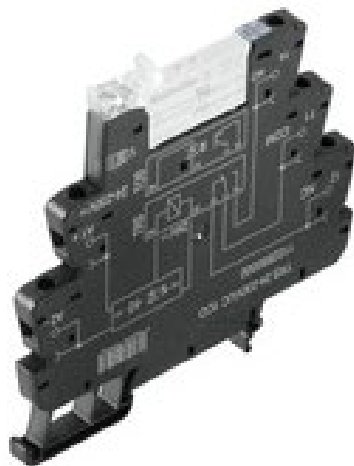


Рисунок 3.5 - Реле TRS 24-230VUC 1CO

Таке технічне рішення забезпечує надійну ізоляцію між низьковольтними керуючими ланцюгами ПЛК та високовольтними ланцюгами виконавчих механізмів. Це не тільки підвищує безпеку системи, але й захищає чутливу електроніку контролера від можливих перевантажень.

Використання реле WEIDMULLER TRS 24-230VUC 1CO дозволяє ефективно вирішити задачу узгодження різних рівнів напруги в системі автоматизації, забезпечуючи надійне та безпечне керування виконавчими механізмами у відповідності до команд, що надходять від ПЛК.

Для забезпечення стабільного та надійного електроживлення системи автоматизації було прийнято рішення використати блок живлення виробництва компанії WEIDMULLER. Після ретельного аналізу доступних опцій, оптимальним вибором виявилася модель PRO ECO 240W 24V 10 A.

Цей блок живлення відрізняється високою продуктивністю та надійністю, що є критично важливим для безперебійної роботи автоматизованої системи управління. З потужністю 240 Вт, вихідною напругою 24 В та максимальним струмом 10 А, даний блок живлення здатен забезпечити всі компоненти системи необхідною електроенергією з достатнім запасом потужності.

					<i>СУ-01 6.151.00.ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		<i>28</i>

Вибір продукції WEIDMULLER обумовлений репутацією компанії як виробника високоякісного промислового електрообладнання, що гарантує довготривалу та стабільну роботу в умовах промислового виробництва.

Для наочного представлення обраного блоку живлення, його зображення наведено на рисунку 3.6. Це дозволяє краще зрозуміти його конструктивні особливості та оцінити його сумісність з іншими компонентами системи автоматизації.



Рисунок 3.6 - Блок живлення PRO ECO 240W 24V 10 A

Використання блоку живлення PRO ECO 240W 24V 10 A від WEIDMULLER є важливим кроком у забезпеченні надійності та ефективності всієї системи управління виробництвом паливних гранул.

### 3.2 Вибір датчиків

Для вимірювання температури в системі автоматизації виробництва паливних гранул було обрано датчик TCMY-002 з уніфікованим вихідним сигналом (4-20мА, 0..10В), зображення якого представлено на рисунку 3.8. Цей вибір обумовлений рядом факторів, що роблять його оптимальним для даного застосування.

Технічні характеристики можемо побачити в таблиці 3.5.

					<i>СУ-01 6.151.00.ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		29



Рисунок 3.7 – Датчик температури ТСМУ-002 (4-20мА, 0..10В)

Таблиця 3.4 – Характеристики датчика температури ТСМУ-002

Характеристика	Значення
Діапазон температур вимірювального середовища	-50 °С – 180 °С
Клас точності	0.2
Чутливий елемент	100М
Електричне з'єднання	4..20мА
Схема підключення	2-х дротова
Клас захисту корпусу	IP54

ТСМУ-002 відповідає всім необхідним вимогам експлуатації в умовах виробництва паливних гранул. Ключовим фактором при виборі стала його здатність працювати в широкому діапазоні температур, що повністю охоплює робочі температури технологічних потоків у всіх контурах керування системи.

Універсальність даного датчика дозволяє використовувати його для вимірювання температури як газоподібних, так і рідких середовищ. Це значно спрощує проектування системи, оскільки один тип датчика може бути застосований у різних точках технологічного процесу.

Важливою перевагою ТСМУ-002 є його уніфікований вихідний сигнал, що забезпечує легку інтеграцію з обраним програмованим логічним контролером та іншими компонентами системи автоматизації.

Крім технічних характеристик, датчик ТСМУ-002 вирізняється своєю економічною ефективністю. Його порівняно невисока вартість дозволяє оптимізувати бюджет проекту без компромісу щодо якості та надійності вимірювань.

Таким чином, вибір датчика температури ТСМУ-002 для всіх контурів керування є обґрунтованим рішенням, що забезпечує надійність, універсальність та економічну ефективність системи автоматизації виробництва паливних гранул.

Для забезпечення точного контролю тиску в системі автоматизації виробництва паливних гранул було обрано перетворювач сигналу тиску MBS 3000 від компанії DANFOSS, модель 060G1111. Цей вибір обумовлений рядом важливих характеристик та переваг даного пристрою.

MBS 3000 відрізняється високою точністю вимірювань, що є критично важливим для оптимізації процесу виробництва паливних гранул. Датчик повністю відповідає вимогам щодо умов експлуатації, які характерні для даного виробничого середовища. Це забезпечує його надійну та стабільну роботу протягом тривалого періоду.

Ключовою перевагою обраного перетворювача є те, що його діапазон вимірювання тиску ідеально співпадає з діапазоном робочого тиску в технологічному процесі. Це дозволяє отримувати точні показники без необхідності додаткового масштабування або адаптації сигналу.

Для більш детального ознайомлення з технічними характеристиками датчика MBS 3000 DANFOSS 060G1111, рекомендуємо звернутися до таблиці 3.6, де представлено повний перелік його специфікацій. Ця інформація дозволяє оцінити всі аспекти функціональності датчика та його сумісність з іншими компонентами системи автоматизації.

					<i>СУ-01 6.151.00.ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		31





Рисунок 3.8 – Перетворювач тиску MBS 3000 DANFOSS

Таблиця 3.5 – Характеристика давача тиску MBS 3000 DANFOSS

<i>Характеристика</i>	<i>Значення</i>
Вид робочого середовища	рідина, газ
Діапазони вимірювань	0 – 25 МПа
Час реакції	4 мс
Граничний тиск перевантаження	до 1500 бар
Тиск розриву чутливого елемента	до 2000 бар
Технологічне з'єднання	G 1/4, G 1/2
Матеріал контактуючих частин	нержавіюча сталь
Вага	0,25 кг
Тип вихідного сигналу	4 – 20 мА
Захист від неправильного включення полярності	є
Напруга живлення	9 – 32 В
Граничний струм	28 мА

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

СУ-01 6.151.00.ПЗ

Лист

32

Для вимірювання рівня у всіх контурах керування ми обрали ультразвуковий датчик рівня OPTISOUND 3010 від компанії KRONE (як показано на рис.3.11). Цей пристрій складається з двох ключових компонентів: випромінювача та приймача ультразвуку.

Принцип роботи датчика полягає в наступному: випромінювач генерує ультразвукові хвилі, які, досягаючи поверхні рідини, відбиваються і повертаються до приймача. Таким чином визначається рівень рідини.

Детальні технічні характеристики цього датчика представлені в таблиці 3.8.



Рисунок 3.9 – Ультразвуковий рівнемір KRONE OPTISOUND 3010

Таблиця 3.6 – Технічні характеристики ультразвукового датчика рівня KRONE OPTISOUND 3010

Характеристика	Значення
Діапазон спрацювання, м	0.25 - 5
Вихідний сигнал, мА	4...20
Тип з'єднання	роз'єм M12, 5 пінний роз'єм
Швидкість спрацювання, мс	100

Для вимірювання вологості пропонується застосувати датчик від компанії Теспосоолінг, а саме модель ТС100033. Візуальне представлення цього пристрою можна побачити на рисунку 3.8.



Рисунок 3.10 – Датчик вологи ТС100033

Таблиця 3.7 – Параметри датчика вологи

Характеристика	Значення
Модель давача	ТС100033
Сигнал	4...20мА
Діапазон виміру	0...99%
Виготовлено в відповідності з	СЕ вимогами

Тензодатчик ваги Keli DEF (рис. 3.11) з номінальним навантаженням 500 кг - це пристрій для точного вимірювання ваги.

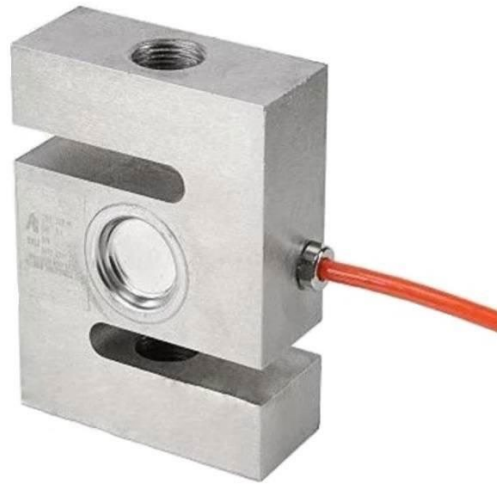


Рисунок 3.11 - Тензодатчик ваги Keli DEF 500 кг

### 3.3 Вибір виконавчих органів

Для вентилятора подачі гарячого повітря, та вентилятора видува гарячого повітря із сепаратора, а також для конвеєра можемо обрати електродвигун АИР132М4, 11 кВт, 1500 об/хв. Даний двигун зображено на рисунку 3.12.



Рисунок 3.12 – Асинхронний трифазний двигун АИР132М4, 11 кВт, 1500 об/хв

Для забезпечення системою двигуна АИР132М4 плавного пуску, регулювання швидкості обертання валу двигуна необхідно використовувати частотний перетворювач (далі – ЧП). Аналізуючи ринок, я знайшов гарний

					<i>СУ-01 6.151.00.ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		35

варіант - Danfoss VLT HVAC Drive FC 102, 11 кВт, який зображено на рисунку 3.13



Рисунок 3.13 - Danfoss VLT HVAC Drive FC 102

Для роботи вібродвигуна для транспортування тирси можемо використати ИВ-99Б, 0.25 кВт, 3000 об/хв, котрий зображено на рисунку 3.14.



Рисунок 3.14 – Вібродвигун ИВ-99Б, 0.25 кВт, 3000 об/хв

Даний двигун буде працювати без частотного перетворювача у форматі ВКЛ/ВИКЛ.

					<i>СУ-01 6.151.00.ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		36

Наступним кроком, необхідно підібрати двигун для дробилки та пресформи. Візьмемо один універсальний трьохфазний асинхронний двигун вітчизняного виробника АІР180М4, 30 кВт, 1500 об/хв (Рис. 3.15)



Рисунок 3.15 – Асинхронний трифазний двигун АІР180М4, 30 кВт, 1500 об/хв

У якості ЧП можна обрати Schneider Electric Altivar 61, 30 кВт. Його зображено на рисунку 3.16



Рисунок 3.16 - Schneider Electric Altivar 61

Також, нам необхідно для камери нагрівання купити ТЕН (рис. 3.17 )



Рисунок 3.17 – ТЕН 220 В, 3 кВт

					<i>СУ-01 6.151.00.ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		<i>38</i>

## РОЗДІЛ 4. РОЗРОБКА ІНТЕРФЕЙСУ ОПЕРАТОРА

### 4.1 Загальні поняття про мнемосхеми та інтерфейс керування

Мнемосхеми - це спеціальні графічні зображення, які використовуються для візуального представлення технологічних процесів, систем чи об'єктів. Вони призначені для полегшення сприйняття інформації про стан системи, наочного відображення процесів та взаємозв'язків, а також швидкого виявлення відхилень та несправностей.

Основними складовими елементами мнемосхем є умовні позначення обладнання та пристроїв, лінії зв'язку між елементами, індикатори стану та параметрів, а також кнопки керування для інтерактивних мнемосхем.

При побудові мнемосхем дотримуються принципів логічності розташування елементів, використання стандартизованих символів, кольорового кодування для позначення станів, а також масштабування та групування за функціональністю.

Мнемосхеми (рис. 4.1) широко застосовуються у промисловій автоматизації, енергетиці та електроенергетиці, транспортних системах та комунальному господарстві. Вони можуть бути статичними (паперовими, настінними) або динамічними (електронними, інтерактивними).

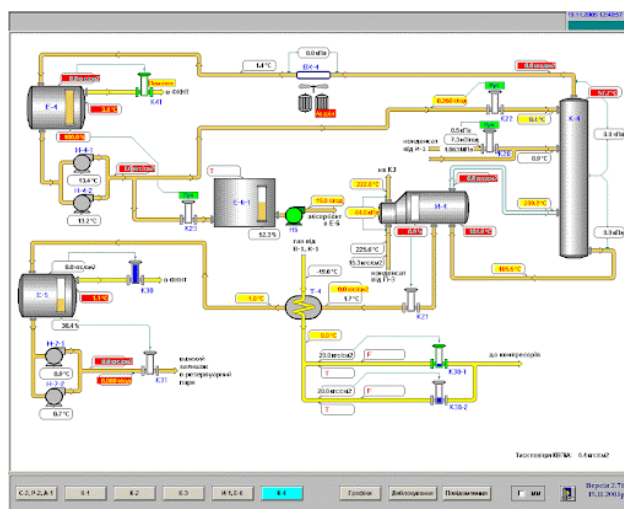


Рисунок 4.1 – Приклад мнемосхеми

									Лист
									39
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	СЧ-01 6.151.00.ПЗ				



Використання мнемосхем має ряд переваг, включаючи підвищення ефективності контролю та управління, зменшення ймовірності помилок оператора та швидке навчання нового персоналу.

Інтерфейс оператора - це комплексна система взаємодії між людиною та машиною, яка забезпечує ефективне керування технологічними процесами та обладнанням. Це ключовий елемент у сфері автоматизації та управління, який дозволяє оператору контролювати та керувати складними системами за допомогою зручних та інтуїтивно зрозумілих засобів.

Основною метою інтерфейсу оператора є створення оптимальних умов для швидкого та точного сприйняття інформації про стан системи, прийняття рішень та виконання керуючих дій. Він об'єднує в собі різноманітні засоби відображення інформації, такі як дисплеї, індикатори, мнемосхеми, а також засоби введення команд - клавіатури, сенсорні екрани, кнопки та перемикачі.

У сучасних системах інтерфейс оператора часто реалізується за допомогою програмного забезпечення SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition), яке забезпечує збір, обробку, відображення та архівування інформації про об'єкт моніторингу або управління. Такі системи дозволяють створювати складні графічні панелі, які відображають стан обладнання в реальному часі, тренди параметрів, журнали подій та аварійні сигналізації.

Важливим аспектом розробки інтерфейсу оператора є ергономіка. Це означає, що всі елементи управління та відображення інформації повинні бути розташовані логічно та зручно для оператора, враховуючи особливості людського сприйняття та когнітивні процеси. Кольорова схема, розміри шрифтів, розташування елементів на екрані - все це має бути ретельно продумано для мінімізації втоми оператора та зменшення ймовірності помилок.

Сучасні інтерфейси оператора (рис. 4.2) також часто включають в себе системи підтримки прийняття рішень, які допомагають оператору аналізувати складні ситуації та вибирати оптимальні дії. Це може включати експертні

					<i>СУ-01 6.151.00.ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		40

системи, алгоритми прогнозування та оптимізації, а також засоби моделювання процесів.

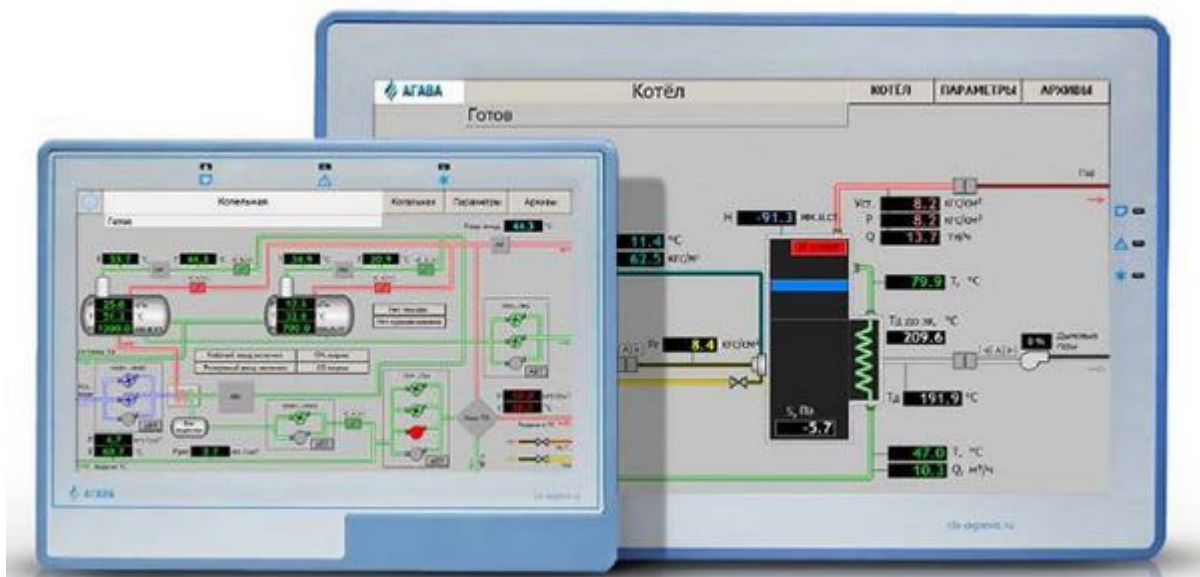


Рисунок 4.2 – Приклад інтерфейсу оператора

Безпека є критично важливим аспектом при розробці інтерфейсу оператора, особливо для систем, пов'язаних з потенційно небезпечними процесами. Це включає в себе як захист від несанкціонованого доступу, так і запобігання випадковим діям оператора, які можуть призвести до аварійних ситуацій. Для цього використовуються різні методи, такі як системи авторизації, підтвердження критичних дій, блокування небезпечних операцій тощо.

З розвитком технологій інтерфейси операторів постійно вдосконалюються. Впроваджуються нові технології, такі як доповнена реальність, яка дозволяє накладати цифрову інформацію на реальні об'єкти, або голосове керування, що може бути особливо корисним у ситуаціях, коли руки оператора зайняті. Також все більше уваги приділяється адаптивності інтерфейсів, які можуть підлаштовуватися під індивідуальні потреби та переваги кожного оператора.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

## 4.2 Розробка інтерфейсу оператора у середовищі PromoticScada

PROMOTIC SCADA - це потужне програмне середовище для розробки інтерфейсів оператора та систем візуалізації, призначене для автоматизації технологічних процесів та управління виробництвом. Це інструмент, який дозволяє створювати складні системи людино-машинного інтерфейсу (HMI) та системи диспетчерського управління та збору даних (SCADA) для різноманітних галузей промисловості.

Середовище PROMOTIC (рис. 4.3) надає розробникам широкий спектр інструментів для створення графічних інтерфейсів, налаштування зв'язку з обладнанням, обробки даних та створення звітів. Воно підтримує об'єктно-орієнтований підхід до розробки, що дозволяє створювати модульні та легко масштабовані системи.

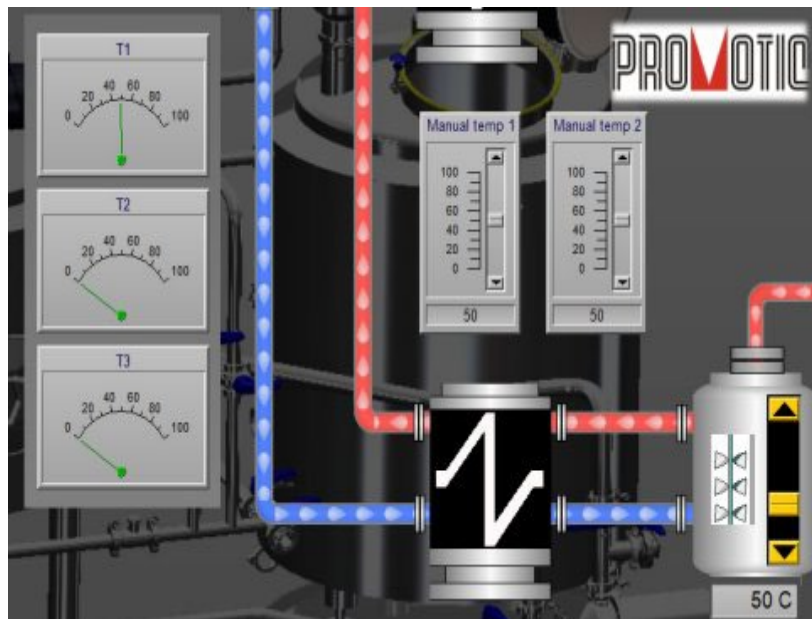


Рисунок 4.3 – Приклад Promotic SCADA

Одна з ключових особливостей PROMOTIC - це його гнучкість та можливість інтеграції з різними типами обладнання та програмного забезпечення. Система підтримує широкий спектр промислових протоколів

					<i>СУ-01 6.151.00.ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		42

зв'язку, що дозволяє легко підключатися до різноманітних ПЛК, датчиків та інших пристроїв автоматизації.

Графічний редактор PROMOTIC дозволяє створювати візуально привабливі та інформативні мнемосхеми, панелі управління та інші елементи інтерфейсу. Розробники можуть використовувати готові графічні елементи або створювати власні, що дає можливість адаптувати інтерфейс під специфічні вимоги кожного проекту.

Система також включає потужні засоби для обробки та аналізу даних. PROMOTIC дозволяє налаштовувати складні алгоритми обробки інформації, створювати тренди, генерувати звіти та виконувати статистичний аналіз. Це особливо корисно для моніторингу ефективності виробництва та прогнозування можливих несправностей.

Важливою особливістю PROMOTIC є вбудована підтримка скриптів, що дозволяє розширювати функціональність системи та реалізовувати специфічну логіку роботи. Розробники можуть використовувати мову VBScript для створення користувацьких функцій та процедур.

PROMOTIC також приділяє велику увагу безпеці даних та системи в цілому. Середовище підтримує різні рівні доступу користувачів, шифрування даних та інші механізми захисту, що є критично важливим для промислових систем управління.

Ще одна перевага PROMOTIC - це можливість створення розподілених систем. Це дозволяє розробляти складні системи управління, які можуть охоплювати кілька об'єктів або навіть географічно розподілені виробництва.

Середовище PROMOTIC постійно розвивається, враховуючи нові тенденції в галузі автоматизації та інформаційних технологій. Воно регулярно оновлюється, додаючи нові функції та покращуючи існуючі, що дозволяє розробникам створювати сучасні та ефективні системи управління.

Переваги середовища PROMOTIC SCADA:

					<i>СУ-01 6.151.00.ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		43

Гнучкість та масштабованість - система легко адаптується до різних проектів та може розширюватися відповідно до зростаючих потреб підприємства.

Широка підтримка промислових протоколів - це дозволяє легко інтегрувати PROMOTIC з різноманітним обладнанням та системами автоматизації.

Потужний графічний редактор - надає можливість створювати візуально привабливі та функціональні інтерфейси користувача.

Вбудовані засоби аналізу даних - дозволяють ефективно обробляти та візуалізувати інформацію, що надходить від обладнання.

Підтримка скриптів - розширює функціональність системи та дозволяє реалізовувати складну логіку роботи.

Можливість створення розподілених систем - дозволяє розробляти комплексні рішення для географічно розподілених об'єктів.

Регулярні оновлення - забезпечують актуальність системи та додавання нових функцій.

#### Недоліки середовища PROMOTIC SCADA:

Складність освоєння - для ефективного використання всіх можливостей системи потрібен час на навчання та набуття досвіду.

Обмежена підтримка крос-платформності - система в основному орієнтована на Windows, що може обмежувати її використання в деяких середовищах.

Вартість - як і багато професійних SCADA-систем, PROMOTIC може бути досить дорогим рішенням, особливо для малих підприємств.

Залежність від розробника - оновлення та технічна підтримка залежать від компанії-розробника, що може створювати певні ризики для довгострокових проектів.

					<i>СУ-01 6.151.00.ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпись	Дата		44

Можливі обмеження продуктивності - при роботі з дуже великими обсягами даних або в складних розподілених системах може виникати необхідність в додатковій оптимізації.

Складність інтеграції з деякими специфічними системами - хоча PROMOTIC підтримує багато стандартних протоколів, інтеграція з деякими унікальними або застарілими системами може бути складною.

Потреба в спеціалізованих навичках програмування - для повноцінного використання всіх можливостей системи часто потрібні навички програмування на VBScript, що може бути викликом для деяких користувачів.

#### 4.2.1 Головний екран оператора

На головному екрані (рис. 4.4) представлено вибір контурів керування, вибір режиму керування, зображено індикацію перемикачів режимів, кнопку аварійної зупинки.

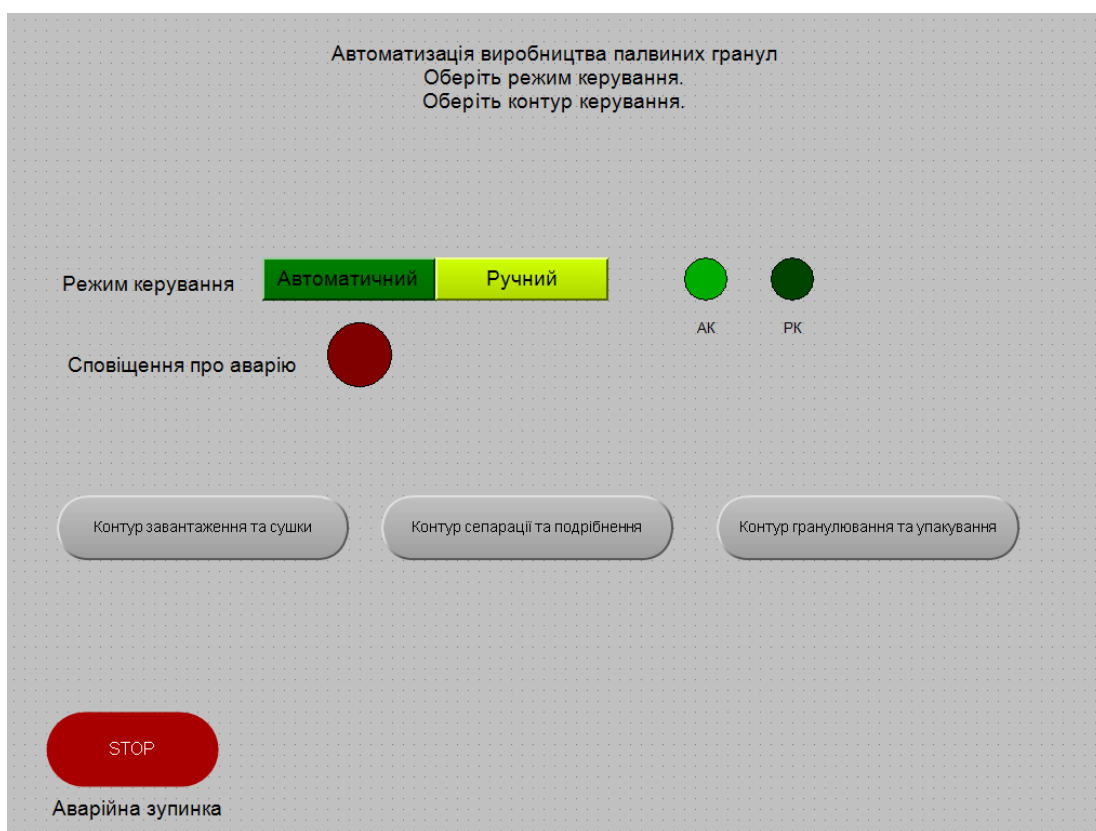


Рисунок 4.4 – Головний екран оператора

#### 4.2.2 Інтерфейс завантаження та сушки

На цьому екрані зображено контур керування процесом завантаження сировини та сушки, а саме – нагрівачі, двигуни, давачі, кожен об'єкт автоматизації, органи керування у вигляді кнопок та індикація.

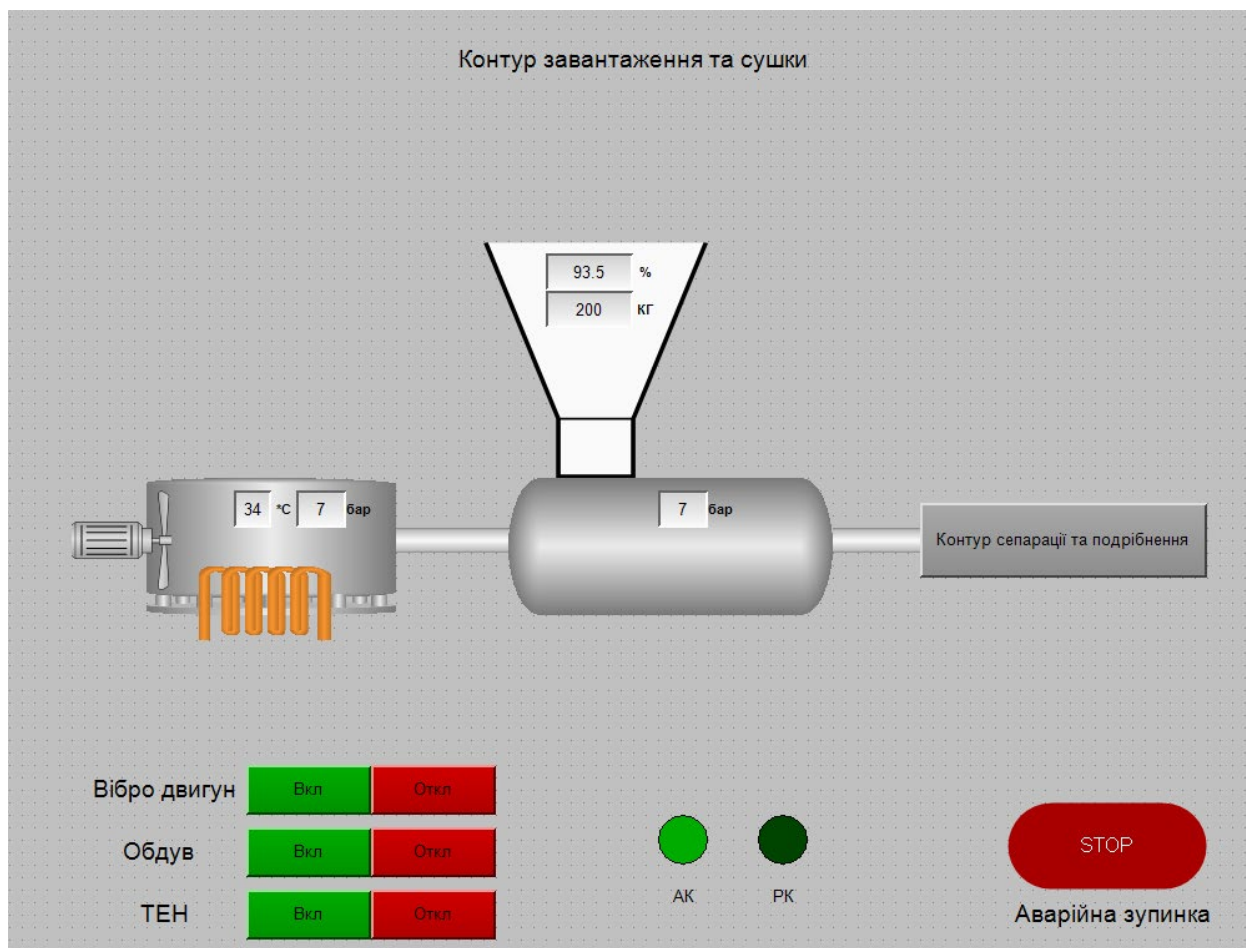


Рисунок 4.5 – Інтерфейс завантаження та сушки

### 4.2.3 Зображення контуру сепарації та подрібнення

На екрані контуру сепарації та подрібнення зображено двигуни, давачі, кожен об'єкт автоматизації, органи керування у вигляді кнопок та індикація.

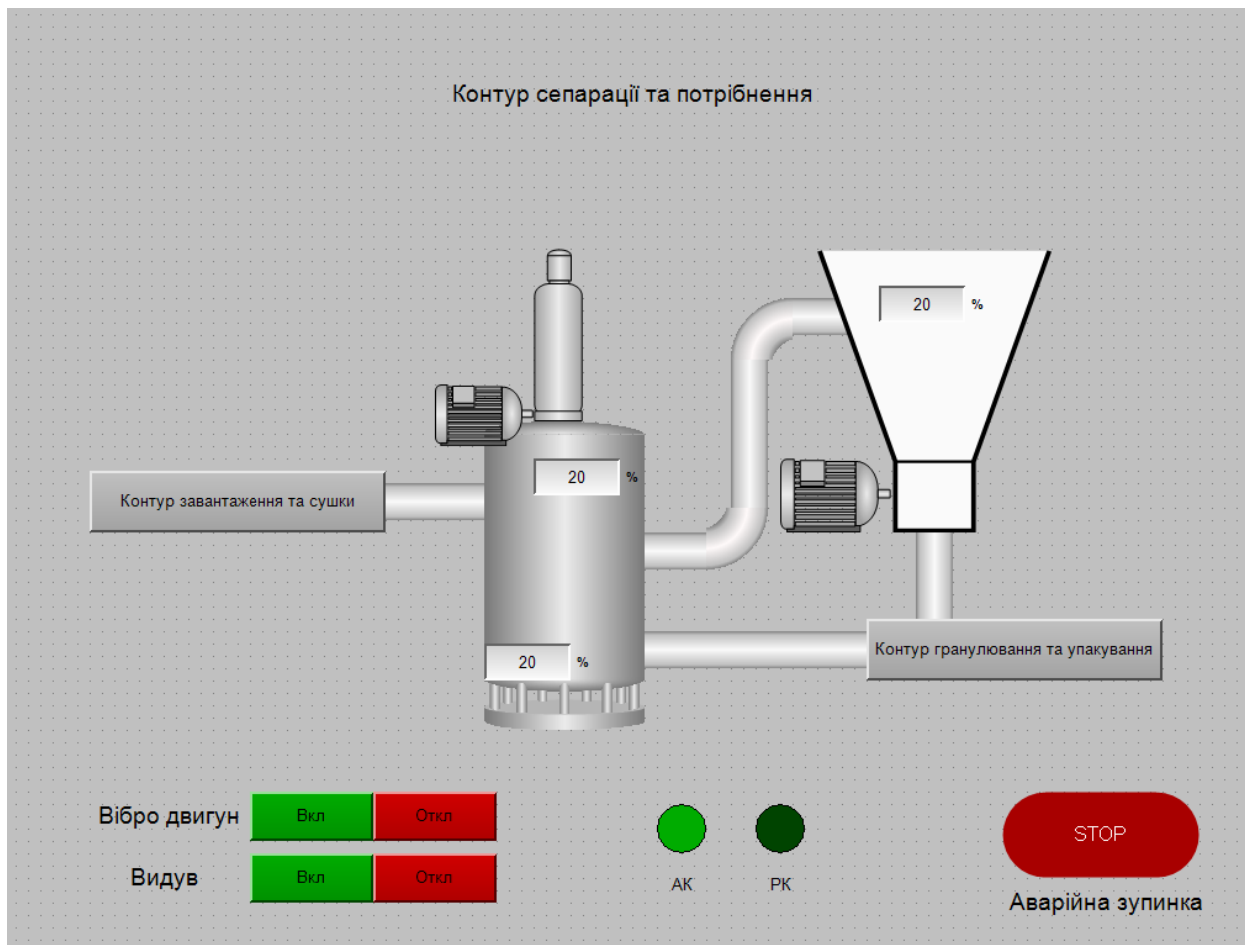


Рисунок 4.6 – Контур сепарації та подрібнення

					<i>СУ-01 6.151.00.ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		47



#### 4.2.4 Зображення контуру гранулювання та упакування

На екрані контуру гранулювання та упакування зображено холодильну камеру, двигуни, давачі, кожен об'єкт автоматизації, органи керування у вигляді кнопок та індикація.

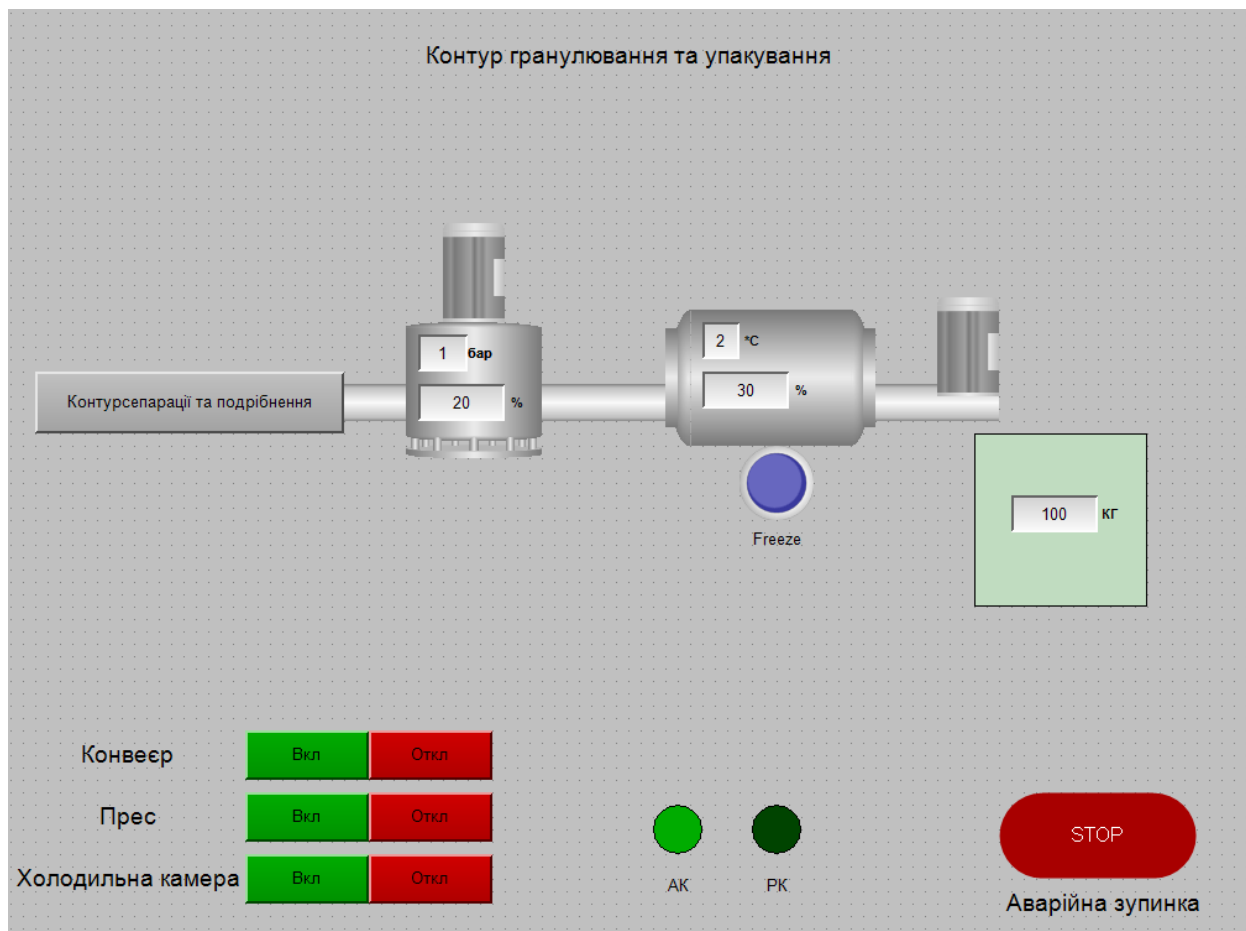


Рисунок 4.6 – Контур гранулювання та упакування

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

СУ-01 6.151.00.ПЗ

Лист

48

## ВИСНОВОК

У дипломній роботі, я здійснив аналіз предметної області, а саме розповів про автоматизовану установку з виробництва паливних ґрунул, з чого вона складається та розповів про технічні характеристики.

У другому розділі було розглянути систему детальніше, розроблена схема інформаційно-матеріальних потоків, структурна схема виробництва. На основі цього було сформовано ряд функціональних задач керування, яких необхідно досягти. Також загальну установку поділено на 3 контури керування та розроблено функціональну схему автоматизації.

Було здійснено підбір технічних засобів автоматизації, а саме ПЛК, модулів до нього, датчиків температури, тиску, рівня. Також обрано виконавчі механізми, такі як двигуни, ЧП та ТЕН. Розроблено Електричну-принципову схему ЕЗ.

Також було розроблено інтерфейс оператора до кожного контуру керування.

					<i>СУ-01 6.151.00.ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		49

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Дубровін В.О., Мігаль В.Д. Система автоматизованого управління лінією виробництва паливних пелет // Автоматизація технологічних і бізнес-процесів. – 2022. – Т. 14, № 1. – С. 28-38.
2. Кононенко М.П., Легеза В.П. Автоматизація управління енергоефективністю виробництва пелет з біомаси // Енергетика: економіка, технології, екологія. – 2021. – № 3. – С. 51-59.
3. Ярмоленко М.В., Кухар В.В. Система моніторингу процесу виробництва паливних гранул з використанням технологій ІоТ // Комп'ютерні системи та мережі. – 2020. – № 2. – С. 72-80.
4. Гнідий М.П., Бондаренко Г.А. Оптимізація управління процесом сушіння у виробництві паливних пелет // Промислова теплотехніка. – 2019. – Т. 41, № 6. – С. 18-26.
5. Tumuluru, J.S., Wright, C.T., Hess, J.R., & Kenney, K.L. (2022). Automation of biomass supply chain processes for bioenergy and bioproduct production. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 157, 112068.
6. Hoang, A.T., Zhang, H., Le, D.M., & Pham, C.S. (2021). A novel fuzzy logic-based controller for biomass pellet production process. *Renewable Energy*, 163, 2051-2063.
7. Duca, D., Musat, F., Grigoras, G., & Badea, A. (2020). Quality monitoring system for wooden pellets production process using machine learning techniques. *Sensors*, 20(6), 1651.
8. Kizha, A.R., Han, H.S., & Paulraj, V. (2020). Techno-economic analysis of a mechanized woody biomass supply system using a novel automated pellet production system. *Biofuels, Bioproducts and Biorefining*, 14(2), 324-336.
9. Holm, J.K., Henriksen, U.B., Hustad, J.E., & Sørensen, L.H. (2019). Towards an automated wood pellet production plant using artificial intelligence. *World Bioenergy*, 2019(2), 28-29.

					<i>СЧ-01 6.151.00.ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		50