

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Сумський державний університет

Факультет електроніки на інформаційних технологій

Кафедра комп'ютеризованих систем управління

«До захисту допущено»

Зав. кафедри КСУ

_____ Петро ЛЕОНТЬЄВ

_____ 2024 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня бакалавр

зі спеціальності 151 – Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та
робототехніка

освітньо-професійної програми

«Комп'ютеризовані системи управління та робототехніка»

на тему: «Автоматизація процесу виробництва уповільнюючих сумішей»

Здобувача освіти групи СУ-01

Ланчинський Б.Г.

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

(підпис)

Богдан Ланчинський

Керівник доцент, к.т.н. Кулінченко Г.В.

(підпис)

Консультант _____

(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	4		
3			Анотація	1		
4	A4	СУ-01-0.6.151.12.ПЗ	Пояснювальна записка	51		
			<u>Документація конструкторська</u>			
			<u>Новорозроблена</u>			
5	A1	СУ-01-0.6.151.12.A2	Система. Функціональна схема автоматизації	1		
6	A4	СУ-01-0.6.151.12.ПЕ	Система. Перелік елементів	1		
7	A3	СУ-01-0.6.151.12.ЕЗ	Система. Схема електрична принципова			

					<i>СУ-01.6.151.12.ДП</i>			
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Ланчинський Б. Г.</i>			<i>Автоматизація процесу виробництва уповільнюючих сумішей</i>	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Листів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Кулінченко Г. В.</i>					2	59
<i>Реценз.</i>						<i>СумДУ, СУ-01</i>		
<i>Н. Контр.</i>								
<i>Затвердив</i>		<i>Петро ЛЕОНТЬЄВ</i>						

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

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Зав. кафедри КСУ

_____ Петро ЛЕОНТЬЄВ

___ _____ 2024 р.

ЗАВДАННЯ

на кваліфікаційну роботу бакалавра здобувачу вищої освіти

Ланчинському Богдану Григоровичу

1. Тема кваліфікаційної роботи: Автоматизація процесу виробництва уповільнюючи сумішей затверджена наказом ректора СумДУ № 0508-VI від " 10 " травня 2024 р.
2. Термін здачі студентом закінченої роботи " 31 " травня 2024 р.
3. Вихідні дані до кваліфікаційної роботи: звіт з переддипломної практики, статті, публікації, технічна документація та перелік літературних джерел з матеріалом про технологічний процес.
4. Зміст кваліфікаційної роботи: конструктивно – технологічна характеристика об'єкту автоматизації, розробка схеми інформаційно-матеріальних потоків, опис контурів контролю і керування, розробка функціональної схеми автоматизації, вибір та обґрунтування технічних засобів автоматизації, вибір контролера , створення SCADA системи виробництва уповільнюючих сумішей.
5. Перелік графічних матеріалів: 26 рисунків, 12 таблиць.

6. Календарний план виконання роботи

Номер етапу	Зміст етапу виконання роботи	Термін виконання
1	Аналіз завдання кафедри. Складання технічного завдання. Підбір літератури, наукових статей і першоджерел та аналіз рішень автоматизації подібних систем.	05.10.2023 – 01.03.2024
2	Технологічний аналіз об'єкту керування виявлення задач керування.	02.03.2024 – 20.03.2024
3	Опис контурів контролю та керування.	21.03.2024 – 28.03.2024
4	Розробка схеми автоматизації.	29.03.2024 – 29.04.2024
5	Вибір технічних засобів автоматизації.	30.04.2024 – 03.05.2024
6	Створити пакет необхідної документації.	04.05.2024 – 21.05.2024
7	Розробка SCADA системи.	22.05.2024 – 28.05.2024
8	Оформлення дипломного проекту .	29.05.2024 – 31.05.2024

7. Дата видачі завдання " 15 " лютого 2024 р.

Керівник проекту:

Кандидат технічних наук, доцент
(науковий ступінь, вчене звання, посада)

(підпис)

Георгій Кулінченко
(ім'я та прізвище)

Здобувач:
студент гр. СУ-01

(підпис)

Богдан Ланчинський
(ім'я та прізвище)

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

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

на проектування системи автоматизації виробництва уповільнюючих сумішей

Розробник:

Студент групи СУ-01

Ланчинський Б.Г.

Керівник проекту

Кандидат технічних наук, доцент

Кулінченко Г. В.

Суми 2024

1. Назва і галузь застосування: автоматизація процесу виробництва уповільнюючих сумішей, хімічне виробництво;
2. Підстава для проектування: Наказ ректора Сумського державного університету № 0508-VI від " 10 " травня 2024 р.;
3. Мета і призначення проекту: розробка та впровадження автоматизованої системи для виготовлення уповільнюючого складу в хіміко-технологічному виробництві. Що дозволить підвищити ефективність процесу та забезпечить стабільність якості продукції, знизить витрати на виробництво.
4. Джерела розроблення: результати аналізу відомих систем автоматизації

US20090314397A1. Production of pyrotechnic delay composition.

US4416394A Regulating apparatus for automatically controlling the production of a comminuted mixture having prescribed composition.

US20160258681A1 Automatic vacuum drying device

5. Загальний опис об'єкта автоматизації: Об'єктом автоматизації є виробнича лінія виготовлення уповільнюючої суміші. Виробнича лінія складаються з паралельних гілок: подрібнення паливної суміші, осушка окиснювачів, приготування лакової суміші. Готові суміші змішуються, осушуються та гранулюються.
6. Основні частини системи:
Основним частинами системи є:
 1. Дозатори сипучих речовин.
 2. Змішувач лакової суміші СЛС -4
 3. Осушувач окиснювачів
 4. Шарова мельниця
 5. Змішувач суміші АПС-3
 6. Осушувач готової суміші 'Пастбург'
7. Умови експлуатації системи керування:
Умови експлуатації технологічного устаткування виготовлення уповільнюючої суміші:

- а) Відносна вологість повітря не повинна перевищувати 85%;
- б) Система повинна працювати в межах допустимих температурних умов, від 5°C до 35°C;
- в) Це місця, де існує підвищена ймовірність виникнення пожежі. Вони включають відкриті виробничі майданчики та приміщення, які класифікуються як клас Д.
- г) Система потребує стабільного електроживлення з параметрами, вказаними в технічній документації (наприклад, 220V, 50Hz);

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

- а) Відносна вологість не повинна перевищувати 60% при температурі до 25°C;
- б) Температура повинна бути в межах від 0 до 40°C.
- в) Атмосферний тиск повинен бути в межах від 84 до 106,7 кПа (або від 630 до 800 мм рт. ст.);

8. Технічні вимоги:

- Термін служби обладнання – не менше 10 років;
- Напрацювання до відмови – не менше 20000 годин;
- Контроль виготовлення лакової суміші з точністю до 4%;
- Контроль осушки окиснювачів вміст вологи не більшу 1% швидкість технологічної операції 50 кг/год
- Клас захисту елементів системи не нижче IP54;
- Безпечна робота – система повинна забезпечити аварійну зупинку;
- Дистанційне керування (SCADA) – через мережеві інтерфейси;

Для даних установок існують вимоги ДСТУ 12.2.016 – 81 Система стандартів безпеки праці. Також існують стандарти по пожежобезпеці ДСТУ 8828:2019 пожежна безпека. ДСТУ 21.404 – 85 Автоматизація технічних процесів; Загальні положення,

9. Стадії та етапи проектування:

Номер етапу	Зміст етапу виконання роботи	Термін виконання
1	Аналіз завдання кафедри. Складання технічного завдання. Підбір літератури, наукових статей і першоджерел та аналіз рішень автоматизації подібних систем.	05.10.2023 – 01.03.2024
2	Технологічний аналіз об'єкту керування виявлення задач керування.	02.03.2024 – 20.03.2024
3	Опис контурів контролю та керування.	21.03.2024 – 28.03.2024
4	Розробка схеми автоматизації.	29.03.2024 – 29.04.2024
5	Вибір технічних засобів автоматизації.	30.04.2024 – 03.05.2024
6	Створити пакет необхідної документації.	04.05.2024 – 21.05.2024
7	Розробка SCADA системи.	22.05.2024 – 28.05.2024
8	Оформлення дипломного проекту .	29.05.2024 – 31.05.2024

Додатки:

- **Додаток А.** Схема матеріально-інформаційних потоків.
- **Додаток Б.** СУ-01-0.6.151.12.А2 Функціональна схема автоматизації процесу виробництва уповільнюючих сумішей.
- **Додаток В.** СУ-01-0.6.151.12.ПЕ Перелік елементів ФСА автоматизації процесу виробництва уповільнюючих сумішей.
- **Додаток Г.** СУ-01-0.6.151.12.ЕЗ Схема електрична принципова.

АНОТАЦІЯ

Тема роботи Автоматизація процесу виробництва уповільнюючих сумішей.

Автор Ланчинський Богдан Григорович. Сумський державний університет; 4 курс; Суми.

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

Дипломна робота викладена на 50 сторінках, вона містить 5 розділи, 26 ілюстрацій, 12 таблиць, 19 джерел в переліку посилань. Даний дипломний проект спрямований на створення і опис системи автоматичного керування процесом виробництва уповільнюючих сумішей. В сучасних реаліях виробництво вибухових речовин є перспективним напрямком підвищення обороноспроможності.

В даній дипломній роботі розроблено проектну документацію в першому розділі виконано конструктивно технологічний аналіз, проаналізовано технологічний процес визначена структура об'єкта керування та вимоги до його функціонування. В другому розділі розглянуті контури керування виробничої лінії. В третьому розділі на основі визначених контурів керування вибрано технічні засоби автоматизації, визначено пристрій керування. В четвертому розділі пояснюється алгоритм роботи системи. В п'ятому розділі розроблена Scada система. В додатку А наведена схема матеріально-інформаційного потоку виробництва уповільнюючої суміші.

Ключові слова: автоматизація, уповільнюючі суміші, HMI, Scada

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
КАФЕДРА КОМП'ЮТЕРНИХ НАУК
СЕКЦІЯ КОМП'ЮТЕРИЗОВАНИХ СИСТЕМ УПРАВЛІННЯ

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до дипломного проекту

зі спеціальності 151 – Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та
робототехніка

на тему:

«Автоматизація процесу виробництва уповільнюючих сумішей»

Керівник проекту:

к.т.н., доцент

Кулінченко Г.В.

Здобувач:

Студент гр. СУ-01

Ланчинський Б.Г.

Суми – 2024

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ ТА СКОРОЧЕНЬ.....	3
ВСТУП.....	4
РОЗДІЛ 1. КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГІЧНИЙ АНАЛІЗ ОБ'ЄКТА АВТОМАТИЗАЦІЇ ..	6
1.1 Підготовчі процеси.....	6
1.2 Обробка окисників	8
1.3 Підготовка лаку для цементування та грануляції	10
1.4 Цементування та грануляція	11
РОЗДІЛ 2. ОПИС КОНТУРІВ КОНТРОЛЮ ТА КЕРУВАННЯ	16
2.1 Визначення контурів контролю та керування процесу сушіння окиснювачів	16
2.2 Визначення контурів контролю та керування процесу змішування лаку.....	18
2.3 Визначення контурів контролю та керування процесу змішування уповільнючої суміші в агрегаті АПС-3	20
2.4 Визначення контурів контролю та керування процесу осушки в апарат 'Пассбург':.	21
РОЗДІЛ 3. ОПИС АПАРАТНОЇ ЧАСТИНИ	23
2.1 Блок живлення та перетворювачі.....	23
3.1 Виконавчі пристрої	25
3.1.1 Асинхронний двигун змінного струму	25
3.1.2 Частотний перетворювач.....	26
3.1.3 Електроклапан	28
3.2 Вибір мікроконтролера, давачів та узгоджуючих пристроїв	28
3.2.1 Мікроконтролер.....	29
3.2.2 Датчик тиску АИР-10L-ДА/ЕХ.....	31
3.2.3 Давач Температури та вологи	33
3.2.4 Датчик ваги	36
3.2.5 Датчики частоти обертання двигуна	37
РОЗДІЛ 4. СИСТЕМА КЕРУВАННЯ ПРОЦЕСОМ	40
РОЗДІЛ 5. Розробка SCADA системи.....	44
5.1 Призначення SCADA системи	44
5.2 Середовище розробки SCADA системи.....	45
5.3 НМІ інтерфейс SCADA виготовлення уповільнючої суміші.....	46
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	49

					<i>СУ-01.6.151.12.ПЗ</i>			
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Ланчинський Б. Г..</i>			<i>Автоматизація процесу виробництва уповільнюючих сумішей</i>	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Листів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Кулінченко Г. В.</i>					2	53
<i>Реценз.</i>						<i>СумДУ, СУ-01</i>		
<i>Н. Контр.</i>								
<i>Затвердив</i>		<i>Петро ЛЕОНТЬЄВ</i>						

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ ТА СКОРОЧЕНЬ

ФСА – функціональна схема автоматизації.

МК – мікроконтролер

ФС45 - Феросицилій-45

НМІ - Людино-машинний інтерфейс

ВСТУП

В наш час виробництво вибухових речовин відіграє важливу роль в обороноспроможності та економіці країни тому потребує створення сучасної ефективної системи автоматичного керування.

Детонатори використовуються для ініціювання основних зарядів вибухових речовин при підриві порід, прокладанні тунелів та знесенні конструкцій. Сповільнені детонатори (з різним часом спрацювання) використовуються для послідовного підриву шарів породи або опор конструкцій, коли необхідно спрямувати енергію вибуху та обрушити задану кількість породи у заданому напрямку з найбільшою ефективністю. Оскільки ударна хвиля підпорядковується хвильовим законам (може відбиватися, заломлюватися, інтерферувати, фокусуватися), час детонації тієї чи іншої серії надзвичайно важливий, і похибка повинна вимірюватися одиницями, а не десятками чи сотнями мілісекунд.

Наприклад, швидкість детонації більшості промислових вибухових речовин становить близько 5 км/с або 5 м/мс. Такою ж є швидкість ударного фронту в твердих породах. Тобто похибка в 10 мс призведе до відхилення від плану підриву на 50 м. Це може призвести до утворення зустрічної хвилі (замість забійки попередньої серії), передчасного обриву вибухових мереж, а отже, до непередбачуваних руйнувань. У сучасній ринковій економіці це призведе до серйозних збитків і падіння репутації компанії, а у випадку шахтної роботи або знесення будівлі у щільній забудові можуть бути й жертви[1].

Стає зрозуміло, що детонатор – найважливіша частина будь-якої вибухової установки, і до його якості слід ставитися серйозно.

На заході виготовлення детонаторів автоматизоване, тому вдається отримувати один і той самий результат від кожної партії завдяки зниженню впливу людського фактора та самоконтролю системи. Також застосовуються мікроконтролерні програмовані детонатори, що дозволяють завжди

					<i>СУ-01.6.151.12.ПЗ</i>	Лист
ЗМ.	Лист.	№ докум.	Підп.	Дата.		4

підтримувати точність у 1 мс, при цьому надаючи багато можливостей для тестування і налаштування вибухового ланцюга та значно підвищуючи безпеку. У нашій країні їх виготовлення проблематичне через відсутність інфраструктури та високу собівартість (3-5 у.о. за штуку). Тому будемо покращувати те, що маємо, а саме класичні комбіновані детонатори зі шаром сповільнювальної речовини перед ініціюючою вибуховою речовиною.

Розкид серій з малим сповільненням зараз прийнятний (кілька мілісекунд), але серії з великим сповільненням (2000 – 10000 мс) часто мають розкид у десятки й навіть сотні мілісекунд.

Додатково варто звернути увагу на потенціал вдосконалення існуючих технологій. Впровадження сучасних методів контролю якості та автоматизації виробничих процесів може значно підвищити точність та надійність детонаторів, навіть без повного переходу на дорогі мікроконтролерні системи. Використання нових матеріалів для сповільнювального складу та покращення методів його нанесення можуть зменшити варіабельність часу детонації. Інвестиції у дослідження та розробки в цій галузі можуть принести значні вигоди у вигляді підвищення безпеки, ефективності та конкурентоспроможності вітчизняних виробників.

					<i>СУ-01.6.151.12.ПЗ</i>	Лист
ЗМ.	Лист.	№ докум.	Підп.	Дата.		5

РОЗДІЛ 1. КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГІЧНИЙ АНАЛІЗ ОБ'ЄКТА АВТОМАТИЗАЦІЇ

Виготовлення уповільнюючих сумішей - це складний технологічний процес, який включає кілька етапів

Основні етапи виробництва уповнювальних сумішей включають в себе:

1. Підготовчі процеси:

- Розбивання кусків горючого на пресі.
- Процес просіювання горючого.
- Дроблення та усереднення в шестигранній шаровій мельниці.

2. Обробка окислювачів:

- Підсушування окислювачів.
- Процес просіювання окислювачів.

3. Підготовка лаку для цементування та грануляції:

- Приготування лаку на основі етильцелюлози та розчинника (бутилацетат).

4. Цементування та грануляція:

- Змішування горючого з лаком.
- Формування гранул.

5. Фінальна підготовка:

- Упакування готового продукту.

1.1 Підготовчі процеси

Спочатку шматки палива розбиваються на пресі, потім просіваються, розмелюються і усереднюються у шестикутному шаровому млині (Рисунок 1.1). Млин шаровий застосовується для потрібнення продукту. При обертанні

					<i>СУ-01.6.151.12.ПЗ</i>	Лист
ЗМ.	Лист.	№ докум.	Підп.	Дата.		6

барабана компонент за рахунок зіткнення з кулями та стирання подрібнюється і, пройшовши через сітку тонкого помелу, збирається в тару.

Після подрібнення матеріалу в шестигранній шаровій мельниці, отримана сировина знову просіюється (Рисунок 1.3) для досягнення максимальної однорідності. Весь процес вимагає відповідного контролю та ретельного налаштування обладнання для забезпечення високої якості кінцевого продукту.

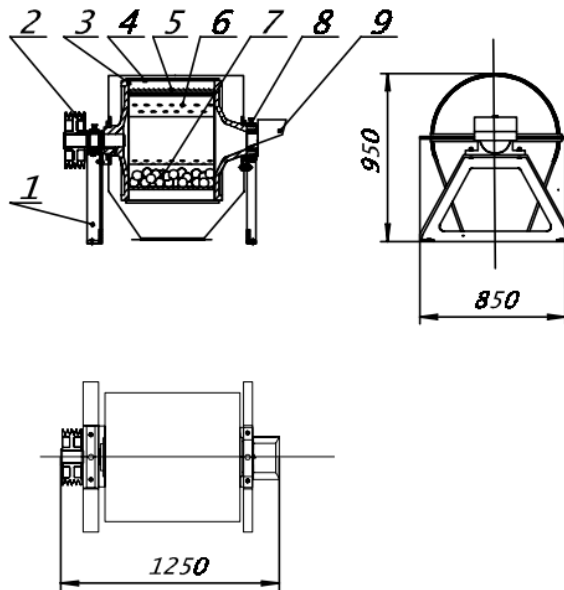


Рисунок 1.1 Шарова мельниця:

1-станина, 2-привід, 3- диски, 4-кожух, 5-плити з колодками, 6-сита 7-шари 8-подшипники, 9- бункер

Таблиця 1.1 Технічні характеристики шарової мельниці

Найменування подрібнюваних компонентів		
Вихідна розмірність, мм		до 20
Отримувана дисперсність, мм		до 0,2
Продуктивність кг/час		100
електродвигун	потужність, кВт	1
	число обер/мин	1440
Витрати електроенергії , кВт/час		0,8
Маса, кг		750
Одноразове завантаження, кг		25
Число обертів барабана, об/мин		32
Номери сіток	грубого просіювання (латунна)	0,7
	тонкого просіювання (шовкова)	от 32 до 38
Діаметр куль (чавунних або сталевих), мм		22
Маса куль, кг		25

ЗМ.	Лист.	№ докум.	Підп.	Дата.
-----	-------	----------	-------	-------

СУ-01.6.151.12.ПЗ

Лист

7

1.2 Обробка окисників

Робота з окисниками, які є важливим компонентом для забезпечення ефективного горіння. Вони піддаються попередній обробці подрібнювання на зубчастій дробильні. Дроблення окисника здійснюється зубчастими дисками, закріпленими певному відстані друг від друга, продавллюванням через пази решітки.

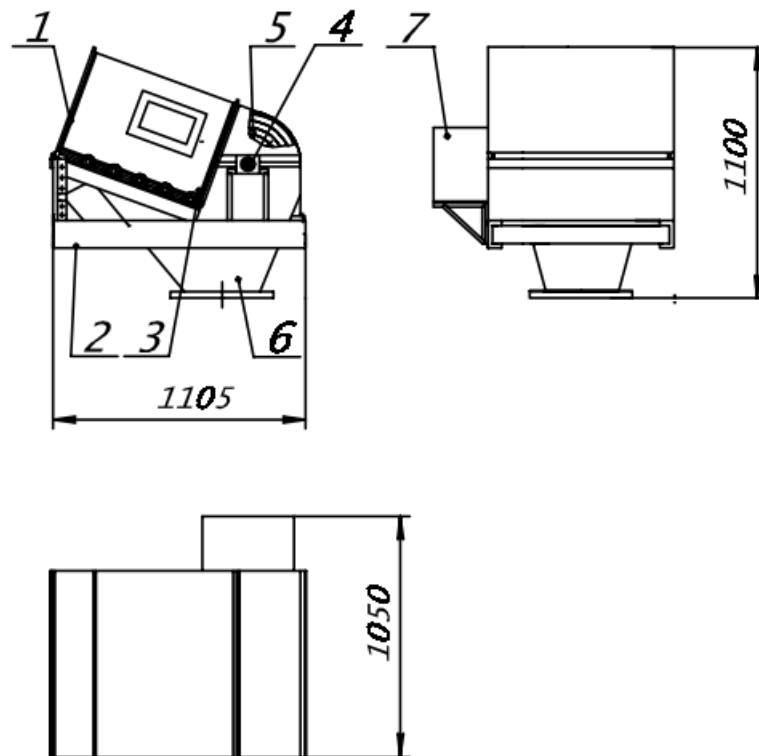


Рисунок 1.2 Зубчаста дробілка

Таблиця 1.2 Технічна характеристика зубчастої дробілки

Продуктивність, кг/ч	1500
Максимальний розмір частинок після дроблення, мм	10
Частота обертання валу, об/мин	200
Потужність електродвигуна, кВт	4,2
Габаритні розміри, м	1,105X1,05X1,1
Маса, кг	760

Просіювання, щоб гарантувати їхню якість та рівномірний розподіл у кінцевому продукті. Просівання здійснюється через сито, що вібрує, шляхом пересипання з верхньої банки в нижню.

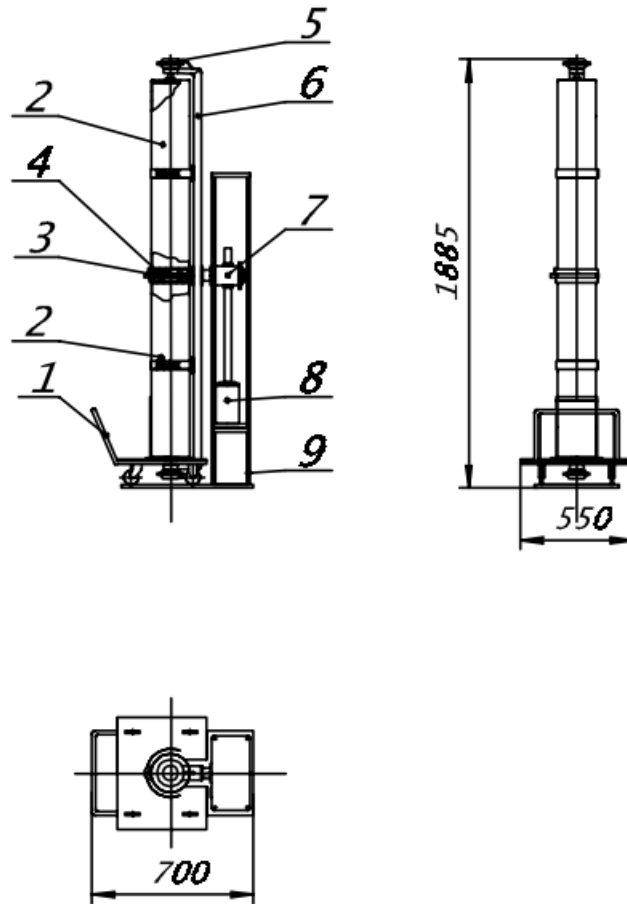


Рисунок 1.3 Просіювач

Таблиця 1.3 Технічна характеристика просіювача

Просіюванні компоненти	металеві горючі всіх типів
Продуктивність, кг/час	100
Кількість коливань сита в мин	от 500 до 700
Маса, кг	130
Тиск повітря, кгс/см ²	от 4 до 6
Витрата повітря, м ³ /мин	1

1.3 Підготовка лаку для цементування та грануляції

Виробляється спеціальний лак, призначений для цементування та грануляції складу горючого матеріалу на основі етилцелюлози і розчинника . Цей лак має важливе значення для стабілізації та захисту складу, адже він сприяє утворенню однорідних гранул, які забезпечують рівномірне горіння та захист від негативного впливу зовнішніх факторів. Змішування компонентів для утворення лакової суміші здійснюється у два етапи. Спочатку засипаються у чашу зважені сухі компоненти, які перемішуються. Після зупинки змішувача додають рідкі складові та знову включають змішувач. Вивантаження здійснюється дистанційно.

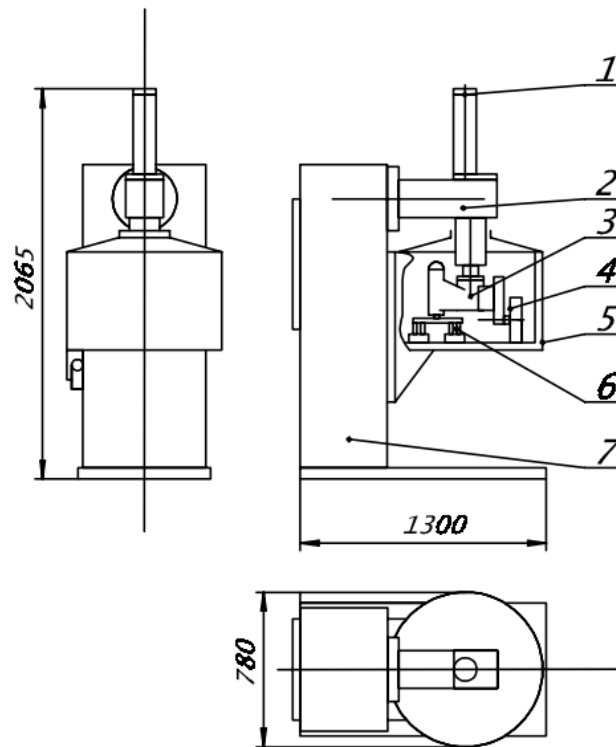


Рисунок 1.4 Змішувач для лакових сумішей СЛС-4

1- механізм підймання, 2- консоль 3- водило з приводом , 4-бігун, 5- силумінов чаша, 6- вилка, 7-станина

ЗМ.	Лист.	№ докум.	Підп.	Дата.

СУ-01.6.151.12.ПЗ

Лист

10

Таблиця 1.4 Технічна характеристика змішувача СЛС-4

Чутливість складів, що змішуються до тертя		висока середня
Консистенція складів, що змішуються		вязкая
Продуктивність, кг/год		от 20 до 30
Місткість чаші змішувача, л		100
Одноразове завантаження, кг		от 10 до 15
електродвигун	Потужність, кВт	0,9
	число об/мин	1425
Витрата електроенергії, кВт/час		0,72
Масса, кг		1460
Число обертів , об/мин	веденого валу редуктора	30
	води́ла	22
	бігуна	23
	Вилки	42
Розміри вивантажувального люка, мм	діаметр внутрішній	120
	глибина	20
Місткість замісу, л	найменша	13,5
	найбільша	16
Размер бігуна	діаметр зовнішній	—
	ширина	—

1.4 Цементування та грануляція

Після підготовки паливної суміші, окисника та лаку відбувається процес змішування компонентів в апараті АПС-3 важливим етапом є їхнє рівномірне розподілення для провіялки. Це необхідно, щоб уникнути утворення комків або нерівномірності в складі, що може негативно позначитися на якості кінцевого продукту. Агрегат АПС-3 застосовується для змішування багатокомпонентних складів із рідкою складовою з подальшою грануляцією. Складові компоненти завантажуються в ємність агрегату, рідку складову - спеціальний бачок. Потім із центрального дистанційного пульта автоматично здійснюються такі операції: 1. Сухе змішування із закритою кришкою ,2. Введення рідкої складової, 3. Перемішування із закритою кришкою, 4. Перемішування з відкритою кришкою (пров'ялка), 5. Поворот апарата на 180 на грануляцію, 6. Повернення корпусу в початкове положення з відкритою кришкою

					СУ-01.6.151.12.ПЗ	Лист
ЗМ.	Лист.	№ докум.	Підп.	Дата.		11

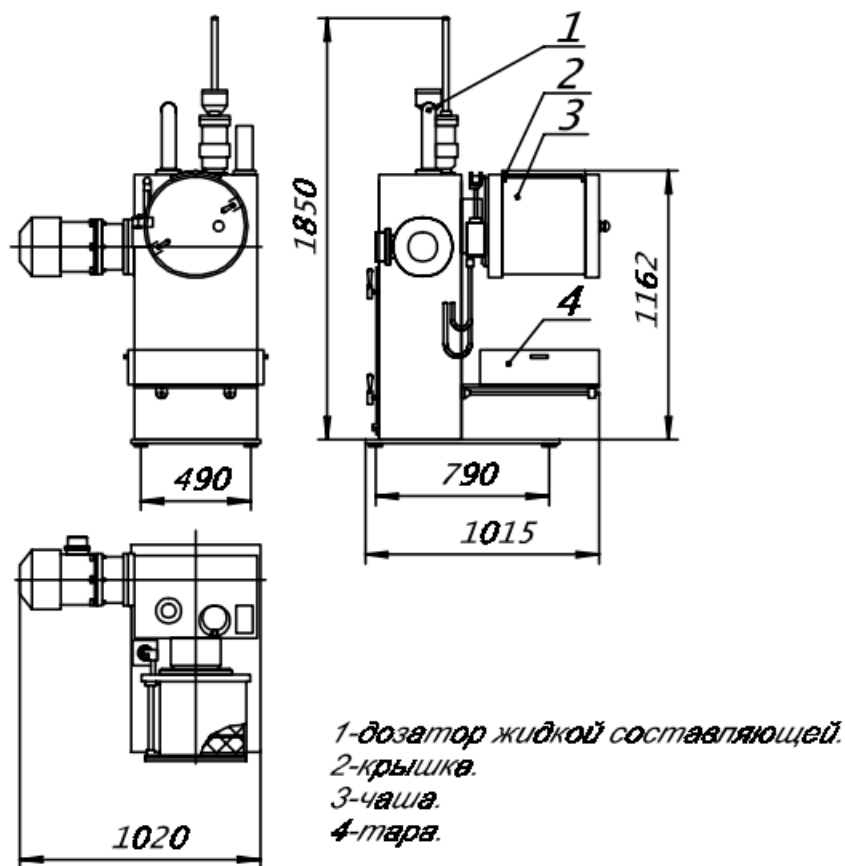


Рисунок 1.5 Агрегат АПС-3:1-дозатор рідкої складової, 2- кришка 3- чаша
4-тара

Таблица 1.5 Технічна характеристика агрегату АПС-3

		Проектна (в залежності від компонентів)	30-60
Продуктивність кг/час	фактична	Склади сигнальні, освітлювальні та трасуючі із середньою та високою чутливістю, що містять цементатори до 10%, рідкі складові при одночасному завантаженні 10 кг	7-20
		Склади на маслах середньої та низької чутливості при одноразовому завантаженні 15 кг	38-45
		Склади на маслах високої чутливості при одноразовому завантаженні 10 кг	23-27
		Склади середньої чутливості сухі при одноразовому завантаженні 5-6 кг.	25-27
		Склади середньої чутливості як сухі, так і на індустріальній олії, оліфі	18
Чаша	Ємність, л		50

ЗМ.	Лист.	№ докум.	Підп.	Дата.
-----	-------	----------	-------	-------

СУ-01.6.151.12.ПЗ

Лист

12

змішувача	Внутрішні розміри, мм	діаметр	415
		глибина	385
Розміри завантажувального та розвантажувального отворів кришки, мм		Довжина	350
		ширина	260
Тип установки			Стационарна
Число обертів лопатей змішувача			35
Мінімальні зазори між лопастями та корпусом, мм		торцевий	5-10
		радіальний	6.5-10
Комплект запасних частин змішувача	Протираючі лопасті, 5 змінних решіток для грануляції, ключі для знімання лопатей та валу ,приспособування для зняття муфти обгону		
Витрата електроенергії, кВт/час			1,36
Маса, кг			700
Електродвигун	Тип		ТАГ21-4
	Потужність, кВт		1,7
	Число обертів/мин		1420

Після цього матеріал піддається сушінню - цей етап може відбуватися під вакуумом або без нього у спеціальних сушильних шафах, які забезпечують оптимальні умови для випарування вологи. Вакуум-сушарка для сушіння суміші являє собою горизонтальний клепакий циліндр з двома кришками (Рисунок 1.6) Інша кришка також має гумове ущільнення і кріпиться на пружині і може зламатися (при вибуху всередині пристрою під час сушіння).Вакуумне сушильне обладнання встановлюється на вікнах, що відкриваються, в кімнатах з кришками. Усередині пристрою три або чотири порожнисті пластини розташовані одна над одною, а паропровід і водопровід з'єднані трубами. Вакуумна сушарка підключена до вакуумного насоса, що приводиться в дію електродвигуном.

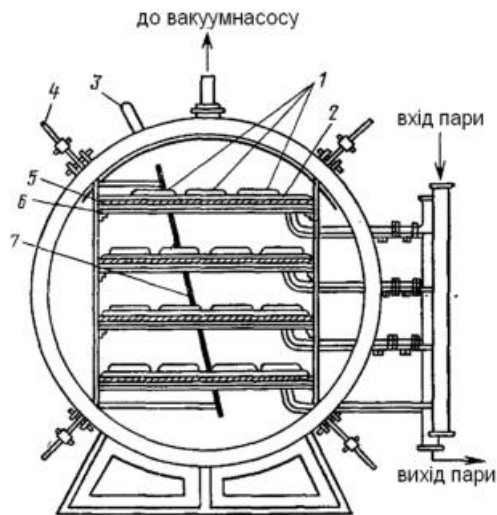


Рисунок 1.6 Сушильний апарат 'Пассбург':

1- підлоточки з сумішшю; 2 - картонні підставки; 3 - вхід повітря; 4- задрайка; 5- шар азбесту 6-плита

Вирівнювання дуже важливо в процесі сушіння. Погане вирівнювання з шарами нерівномірної товщини призведе до нерівномірного висихання та злежування. Якщо суміш рівна і неущільнена, то після висихання і заливки вона буде утворюватися грудками, не буде кришитися і буде менш сипучою. У 3-4 миски на плиту розливають не більше 1 кг суміші. Підноси на тарілці не повинні торкатися один одного. Пластини нагрівають паром низького тиску або сумішшю гарячої води і пари, а воду нагрівають у встановленому для цього котлі. Температура водно-парової суміші, що надходить на пластину, підтримується в межах 90-110 °С. Якщо пластини нагріваються паром, то температура не повинна перевищувати 110°С.

У сушильному пристрої 150 створюється вакуум щонайменше 600 мм рт.ст. За даними вакуумметра. Будь ласка, зачекайте приблизно від 40 до 60 хвилин для висихання. Після висихання припиняють нагрівання пластини, закривають кран на вакуумній лінії вакуумного насоса і повільно і дуже обережно вводять повітря в апарат. Подачу необхідно відрегулювати так, щоб потік повітря не вилітав з ємності з сумішшю.[2].

На наступному етапі - просіювання та усереднення в апараті з вібростами. Ця операція не лише сприяє забезпеченню рівномірності складу,

					СУ-01.6.151.12.ПЗ	Лист
ЗМ.	Лист.	№ докум.	Підп.	Дата.		14

але й виключає можливість небажаних домішок та допомагає у формуванні однорідних гранул або кульок, які покращують якість та ефективність горіння. В ході даного процесу дефекти , такі як крупні "шишки" або пил, відокремлюються і відправляються на повторну обробку для максимальної ефективності використання компонентів.

Хоча пресування детонаторів не є головною темою даної роботи, важливо зазначити, що рівномірність щільності уповільнюючої суміші в кінцевому продукті має значний вплив на час уповільнення ініціалізації детонатора. Кінцевий продукт, який використовується у виробництві детонаторів, повинен мати оптимальну щільність та рівномірний склад, щоб забезпечити надійну та ефективну роботу детонатора. Таким чином, кожен етап виробництва, включаючи змішування компонентів, провіялку, сушіння, просіювання та усереднення, має велике значення для кінцевого результату. Правильне забезпечення рівномірності і якості складу є важливою передумовою для забезпечення безпеки та ефективності вибухових матеріалів, включаючи детонатори.

					<i>СУ-01.6.151.12.ПЗ</i>	Лист
ЗМ.	Лист.	№ докум.	Підп.	Дата.		15

РОЗДІЛ 2. ОПИС КОНТУРІВ КОНТРОЛЮ ТА КЕРУВАННЯ

Слід звернути увагу на контроль за подрібненням та середніням палива – оперативне забирання та аналіз проби на місці, щоб належним чином змінювати час подрібнення: не допускати появу великої кількості "шишок" і не подрібнювати все в порошок.

АПС-3, який не має зворотного зв'язку та працює за завданням від механічного реле часу, слід оснастити датчиком вологості, а можливо й температури для налаштування часу змішування, провіялювання під атмосферні умови (велика вологість повітря призводить до отримання занадто рідкої суміші – розчинник погано випаровується, навпаки, сухе повітря може швидко пересушити суміш). Також буде потрібно частіше забирати пробу складу на аналіз, а не визначати його готовність органолептично.

Подібне дороблення з урахуванням вологості та температури оточуючого повітря знадобиться також для "Пассбургу".

2.1 Визначення контурів контролю та керування процесу сушіння окиснювачів

Згідно схеми матеріально-інформаційних потоків вологість на виході процесу осушки не повинна перевищувати 0.1 %. Для досягнення даних показників розроблена функціональна схема зображена Рисунок 2.1

В даній схемі автоматичного керування стабілізації підлягають 3 параметри:

- Вологість сухого матеріалу (0.1 %)
- Температура сушильного агента на вході в сушарці(120 С)
- Розрідження в сушарці.

Стабілізація може включати контроль за вологістю сухого матеріалу або кінцевою температурою в сушарці, температурою сушильного агента на вході в сушарку, а також розрідженням у сушарці. Завдяки стрічковому і конвеєрною сушаркою можливо регулювати ступінь висушування швидкістю конвеєра

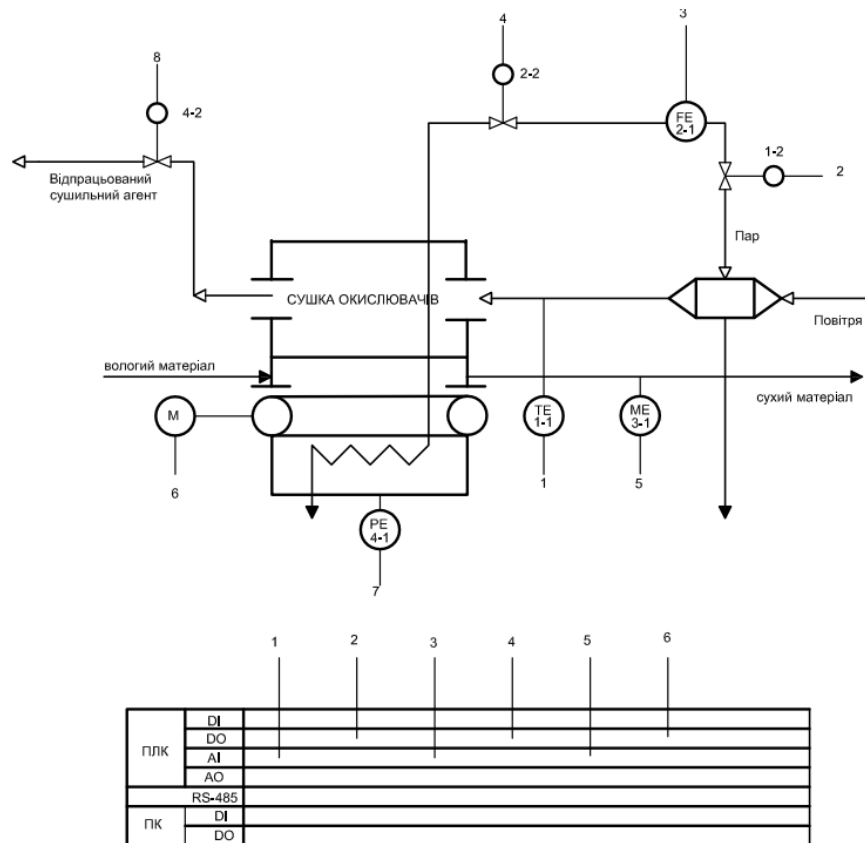


Рисунок 2.1 ФСА процесу сушки окиснювачів.

Температура повітря в трубі стабілізується шляхом регулювання витрати пару. Збільшення витрати пару збільшує теплове навантаження на повітря і підвищує температуру, тоді як зменшення витрати пару має протилежний ефект. Регулювання витрати пару дозволяє точно контролювати теплове навантаження в системі і забезпечує ефективну стабілізацію температури повітря в трубі. Це дозволяє досягти бажаного результату сушіння.

Регулювання витрати пари основною метою цього контуру є забезпечення стабільної та точної витрати пари на нагрівання сушильного матеріалу під конвеєром. Вимірювання пари виконується витратоміром (-Поз. ФСА). Регулювання за допомогою клапана

Розрідження в сушарці є важливим параметром, який впливає на ефективність процесу сушіння і якість кінцевого продукту. Збільшення розрідження дозволяє підвищити швидкість випаровування вологи з матеріалу, що сушиться. Це прискорить швидкість випаровування вологи з сушильного матеріалу. Регулювання розрідження дозволить зменшити

споживання енергії використане на нагрівання теплоносія, оптимізуючи витрату енергії на випаровування вологи з матеріалу. Контроль розрідження відбувається за допомогою давача ,регулювання за допомогою клапану

Конструкції стрічкових і конвеєрних сушарок дозволяють реалізувати спеціальні рішення щодо їх автоматизації. Використання стрічкового конвеєра відкриває можливість регулювання вологості продукту шляхом зміни швидкості конвеєра. Збільшення швидкості конвеєра може зменшити час, який матеріал перебуває в сушарці, що може призвести до швидшого випаровування вологи з матеріалу. Швидке переміщення матеріалу може допомогти уникнути перегріву або пересушування матеріалу.

2.2 Визначення контурів контролю та керування процесу змішування лаку.

В лаках, етилцелюлоза та нітроцелюлоза часто використовуються разом або окремо для досягнення певних властивостей покриття. Етилцелюлоза значно впливає на в'язкість лаку. Висока в'язкість може ускладнити процес змішування лаку з паливними гранулами що може пошкодити механічні елементи АПС-3 а також збільшити час детонації остаточного продукту. Нітроплівка використовується для забезпечення швидкого висихання і створення міцної, твердої поверхні. За технічними вимогами склад лаку повинен містити не більше 6% Етилцелюлози 50 % Нітроплівки, і розчинник в якості якого виступає бутилацетат. Оскільки створити зворотній зв'язок визначення складу вихідного лаку після процесу змішування є складним завданням через густе робоче середовище складно використати оптичні давачі. Тому вирішено контролювати витрати вхідних речовин. Оскільки Етилцелюлоза і Нітроплівка є твердими речовинами в якості контролю витрати даних речовин вирішено використати дозатори.

Розберемо найбільш поширені технології дозування для вибору оптимального варіанту:

					<i>СУ-01.6.151.12.ПЗ</i>	Лист
ЗМ.	Лист.	№ докум.	Підп.	Дата.		18

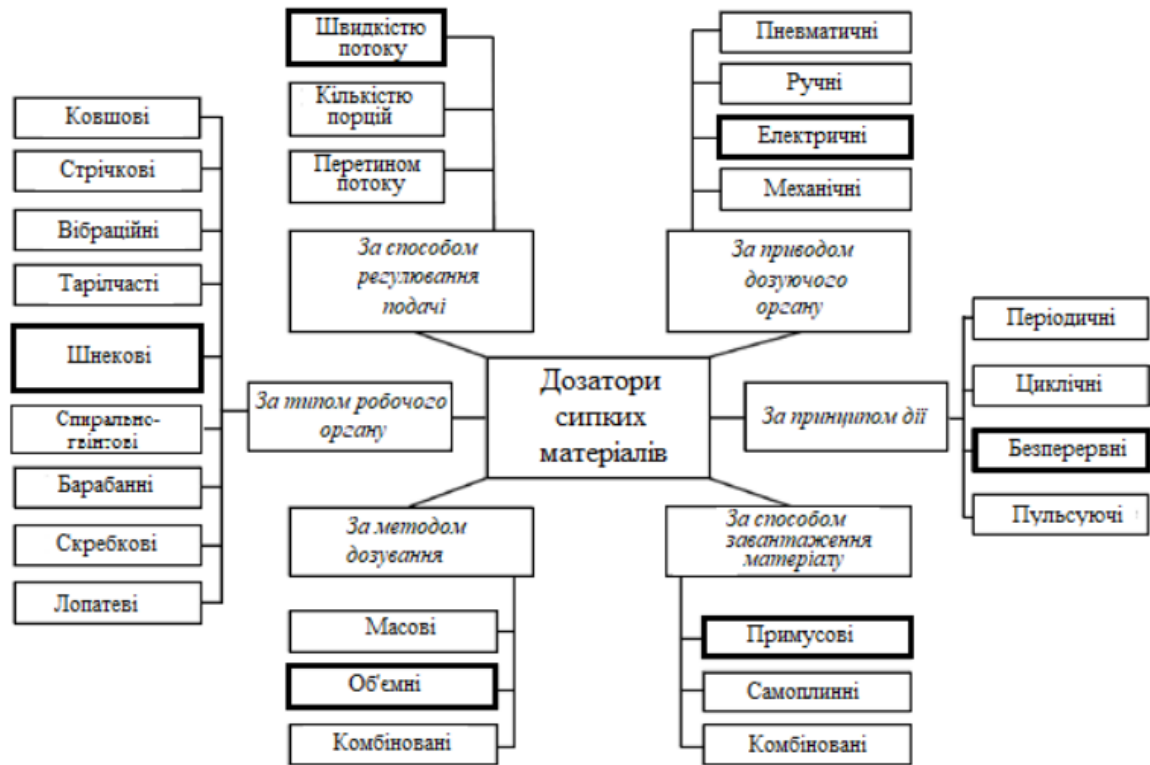


Рисунок 2.2 Класифікація дозаторів для сипких матеріалів

Вагові дозатори та об'ємні дозатори - це два основних типи обладнання, які використовуються для вимірювання та дозування різних матеріалів у промисловості, лабораторіях, а також у виробництві продуктів харчування. Кожен з цих типів має свої переваги і недоліки.

На мою думку найкращим вибором є використання вагового дозатора на основі конвеєрної стрічки. Дозатори на основі конвеєрної стрічки можуть працювати на високій швидкості, що дозволяє швидко та ефективно дозувати матеріал великим обсягом.

На даній функціональній схемі зображений контур дозування компонентів на основі конвеєрної стрічки та дозування розчинника бутилацетат.

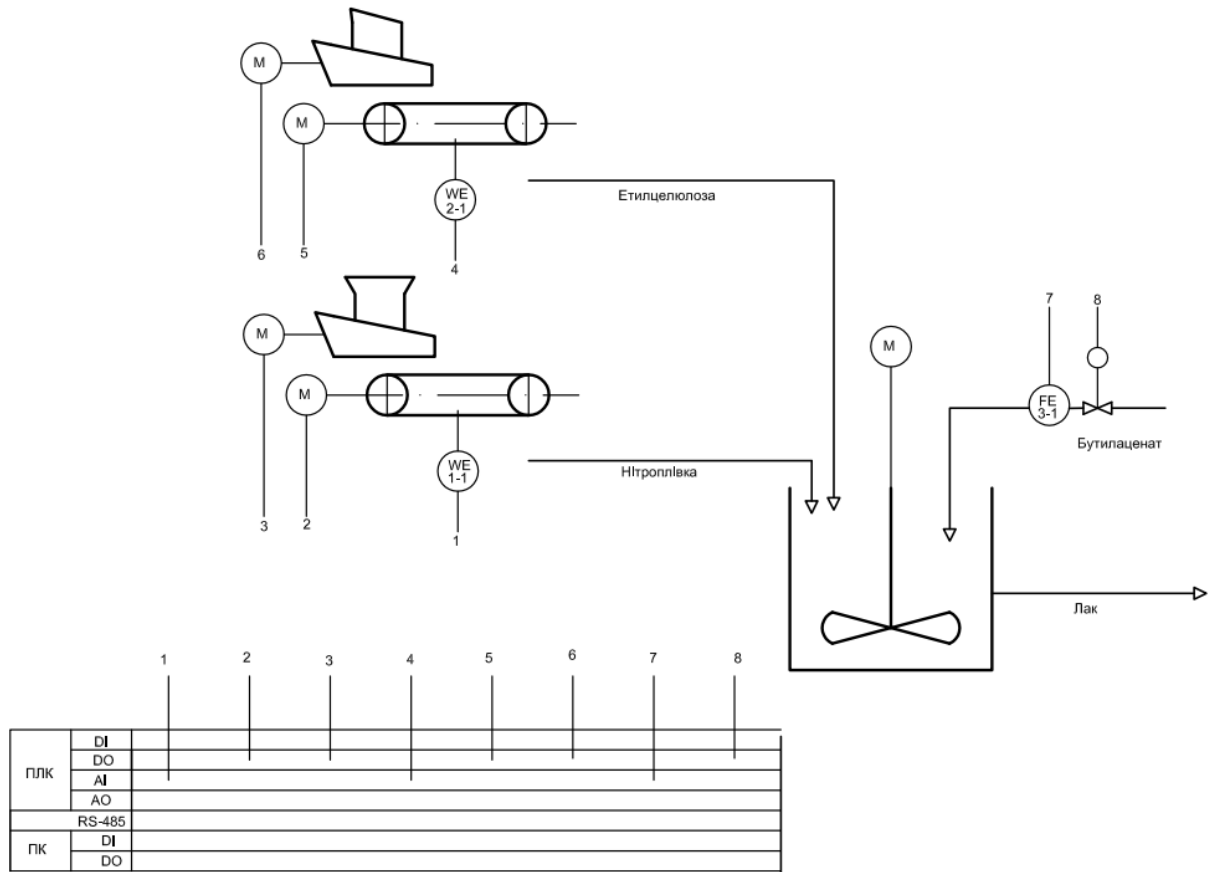


Рисунок 2.3 ФСА змішування лаку

2.3 Визначення контурів контролю та керування процесу змішування уповільнюючої суміші в агрегаті АПС-3 .

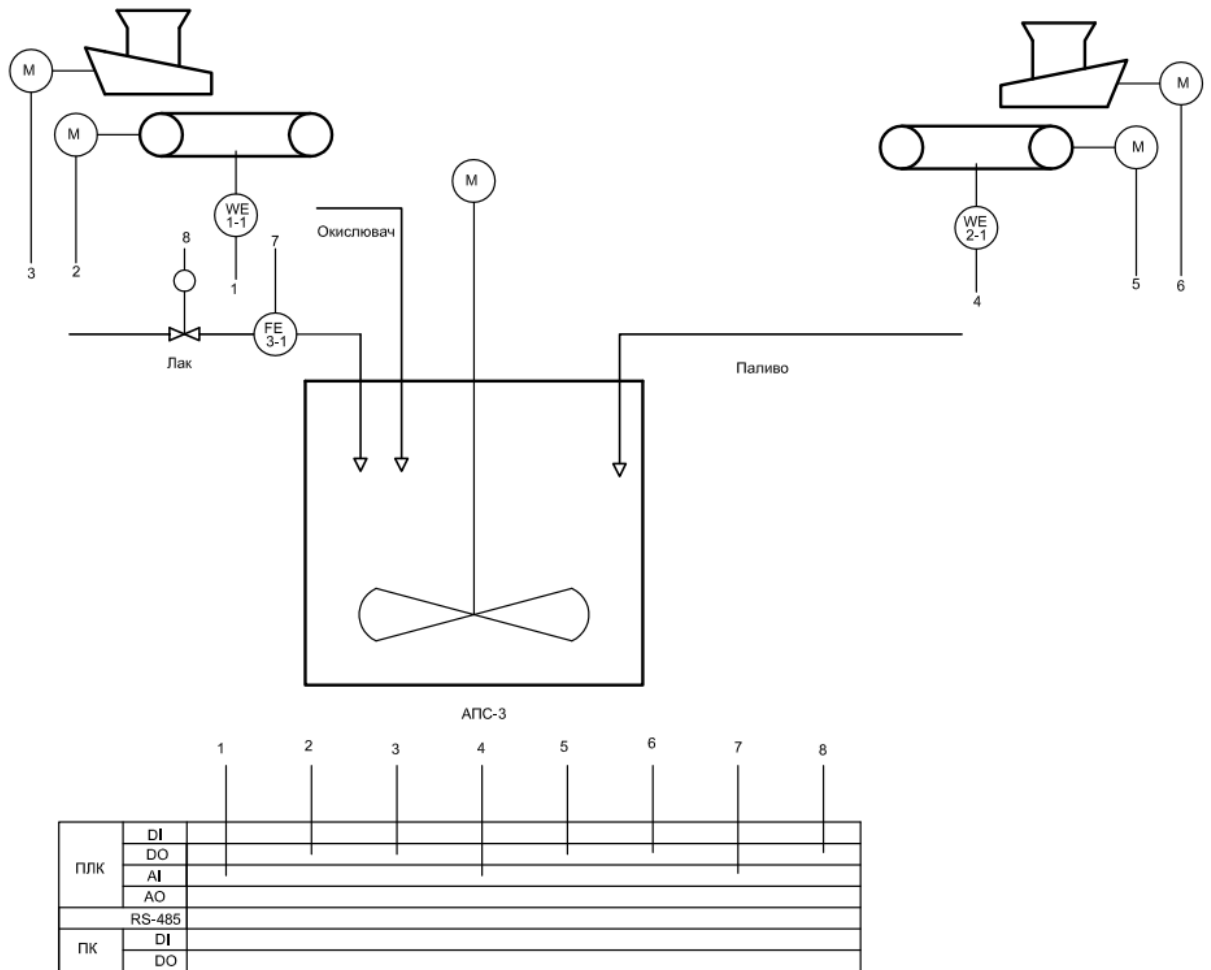
Для автоматизації процесу змішування в апараті АПС-3, слід оснастити датчиком вологості, для налаштування часу змішування, провіювання під атмосферні умови (велика вологість повітря призводить до отримання занадто рідкої суміші – розчинник погано випаровується, навпаки, сухе повітря може швидко пересушити суміш). Також потрібно часте забирання проби складу на аналіз для визначення кінцевої якості але даний контроль не включений в дану систему автоматизації.

Алгоритм роботи апарату наступний:

1. Змішування сухих компонентів паливної суміші та окиснювачів даний процес можливо автоматизувати шляхом дозування паливної суміші та окиснювачів. Закінчення процесу змішування сухих компонентів відбувається по закінченню часової затримки виділеної під даний етап (15 – 25 хв)
2. Змішування з лаком на даному етапі відбувається дозування лаку з внутрішнього баку апарату на основі показань датчика вологості робиться висновок про однорідність отриманої суміші на даний процес

виділено(15-20 хв) якщо по закінченні даного часового інтервалу за допомогою датчика не виміряно достатній рівень вологості виконується повторне дозування.

3. Змішування з відкритою кришкою(25 -45 хв)



2.4 Визначення контурів контролю та керування процесу осушки в апарат 'Пассбург':.

Для процесу осушки в сушильних шафах застосовують адаптивні контролери в основі якої є рекурсивний алгоритм індикації сушарки[3]. З використанням нечеткого контролера[4] на основі знань експертів. З застосуванням прогнозованого контролера для перехресної сушки обґрунтовано великою затримкою процесу сушки[5]. Створення надійного контролера на основі PI регуляторів.[6]

Параметри які підлягають контролю в сушильному апараті:

- Температура пари
- Тиск в сушильному апараті
- Вологість

Температура водно-парової суміші, що надходить на пластину, підтримується в межах 90-110 °С. Якщо пластини нагріваються паром, то температура не повинна перевищувати 110°С. Усередині сушильного пристрою 150 за допомогою вакуумного насоса створюється розрідження 600 мм.рт.ст. або більше. Час висихання визначається датчиком вологості, приєднаним до пристрою. Після висихання припиняють нагрівання пластини, закривають кран на вакуумній лінії вакуумного насоса і повільно і дуже обережно накачують повітря в апарат. Подачу необхідно відрегулювати так, щоб потік повітря не вилітав з ємності з сумішшю. [2].

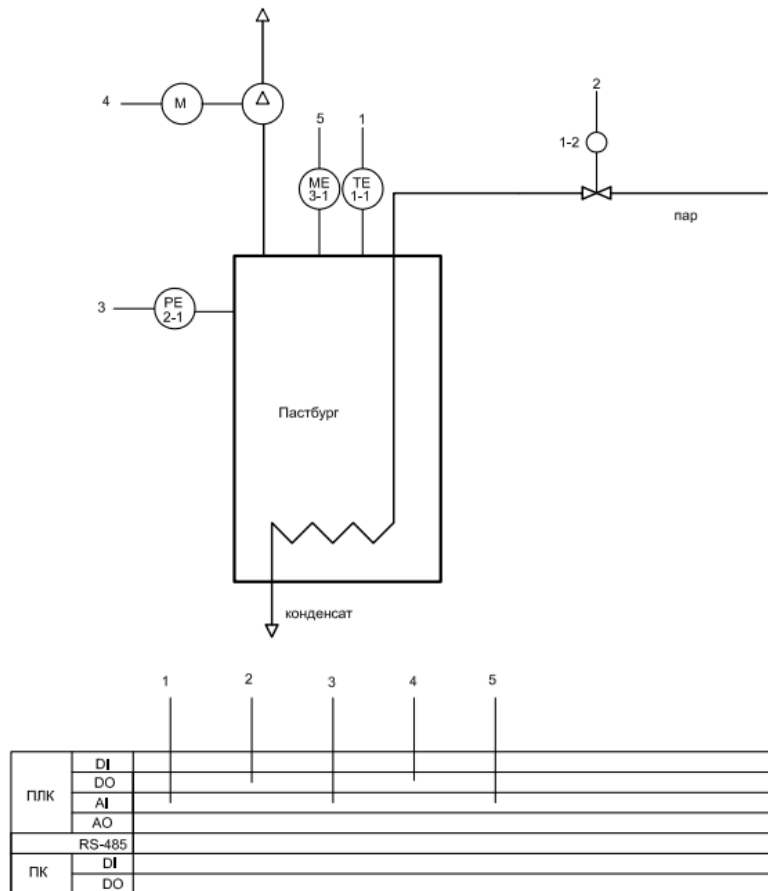


Рисунок 2.4 ФСА сушильного агрегату типу "Пастбург"

РОЗДІЛ 3. ОПИС АПАРАТНОЇ ЧАСТИНИ

Під час побудови системи вам потрібно почати вибір обладнання, починаючи з пристроїв живлення, які відповідають потребам системи. Вибір джерела живлення є критичним кроком у проектуванні системи автоматизації. Джерела живлення забезпечують живлення всіх електронних пристроїв у системі, включаючи контролери, датчики, виконавчі механізми та інші компоненти.

2.1 Блок живлення та перетворювачі

Блок живлення

Універсальний блок живлення S-360-24 є джерелом живлення з вихідною напругою 24 В та максимальним струмом 10 А. Цей блок відповідає стандартним вимогам багатьох систем автоматизації завдяки своїм розмірам та властивостям..

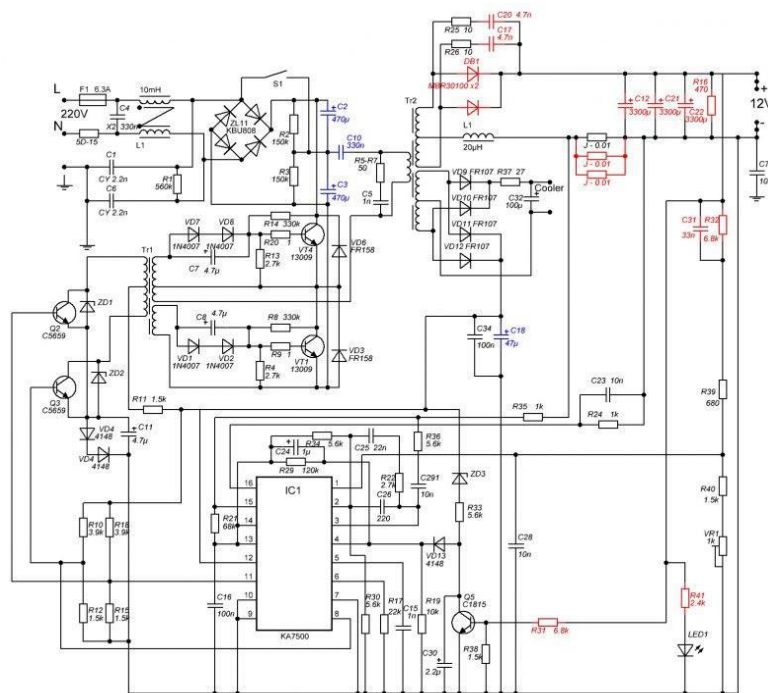


Рисунок 2.5 Схема блоку живлення S-360-24

Основні характеристики:

- Стабільна напруга 24 В: S-360-24 забезпечує постійну напругу 24 В, що підходить для живлення різних електронних пристроїв і компонентів у системах автоматизації.
- Максимальний струм 10 А: Цей блок живлення може подавати струм до 10 А, що дозволяє живити вимогливі пристрої та приводи в системах автоматизації.
- Широкий діапазон вхідної напруги: Працює з вхідною напругою від 110 В до 220 В (АС), що робить його сумісним з електричними системами та стандартами в різних країнах.
- Функції захисту: Вбудовані захисти від короткого замикання, перевантаження, перенапруги та перегріву забезпечують безпеку підключених пристроїв та запобігають їх пошкодженню.

Цей блок живлення S-360-24 є надійним вибором для систем автоматизації, де необхідна стабільна напруга і висока надійність[10].

DC-DC перетворювач

Модуль DC-DC XL4015 є понижуючим перетворювачем (регулятором напруги), який використовується для зниження напруги. Він широко застосовується в електроніці та різних проектах, де потрібно забезпечити живлення пристроїв різними напругами.

Основні характеристики:

- Широкий діапазон вхідної напруги: Модуль підтримує вхідну напругу від 4,5 до 35 В.
- Регульована вихідна напруга: Вихідну напругу можна налаштовувати від 1,25 В до 32 В за допомогою потенціометра, що дозволяє встановити потрібне значення.
- Максимальний вихідний струм: Модуль може забезпечити струм до 5 А.

									Лист
									24
ЗМ.	Лист.	№ докум.	Підп.	Дата.					

- Висока ефективність: Ефективність перетворення енергії складає приблизно 90% або більше, що зменшує втрати енергії та забезпечує стабільну роботу підключених пристроїв.

Модуль XL4015 є надійним вибором для зниження напруги в різних електронних системах, забезпечуючи ефективне та стабільне живлення[11].

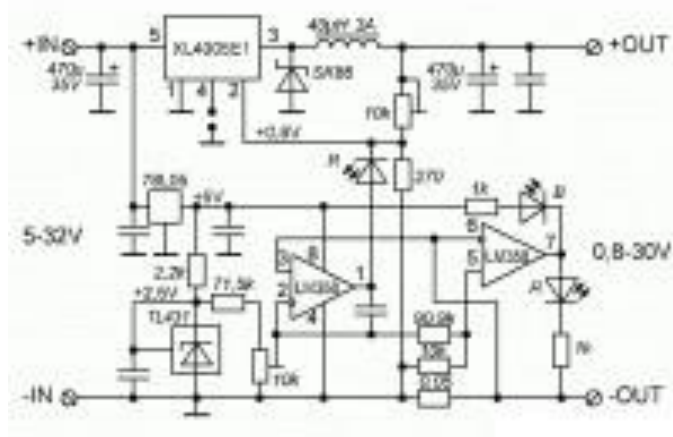


Рисунок 2.6 Модуль XL4015 DC-DC, схема підключення

3.1 Виконавчі пристрої

3.1.1 Асинхронний двигун змінного струму

Для даного проекту потрібні двигуни змінного струму з короткозамкненим ротором в якості виконавчого механізму так як дана система автоматизації а саме контур керування процесу подрібнення паливної суміші достатньо діапазону 2600-3000 об/хв, який повністю задовольняє асинхронний двигун. Двигун АІЕ 80С2 (220 В, 2,2 кВт) Рисунок 2.8, призначений для роботи в електроприводах різних механізмів з живленням від мережі змінного струму напругою 220 В. Технічні характеристики АІЕ 80С2: Максимальна потужність – 2 кВт[12]. Частота обертання – не більше 3000 об/хв. Для даного двигуна існують різноманітні схеми підключення Рисунок 2.7



Рисунок 2.7 Асинхронний двигун змінного струму AI1E 80C2 (220 В, 2,2 кВт)

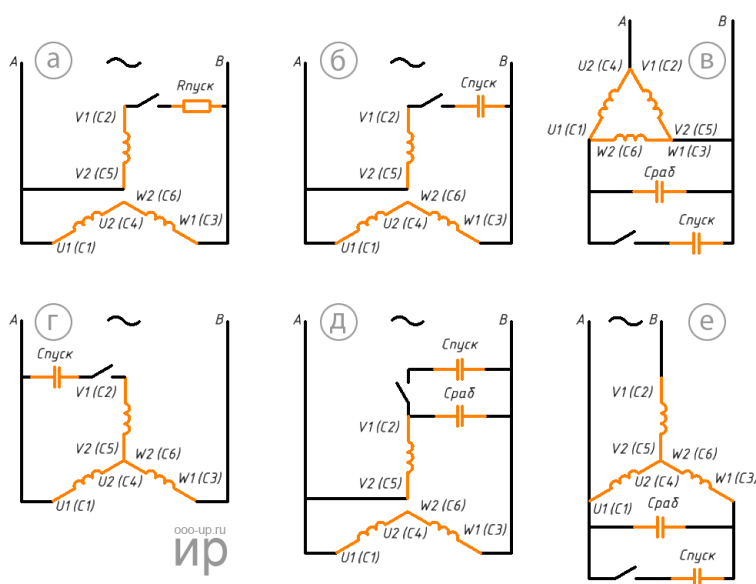


Рисунок 2.8 Схеми підключень Асинхронного двигуна змінного струму AI1E 80C2 (220 В, 2,2 кВт)

3.1.2 Частотний перетворювач

В якості частотного перетворювача обрано ATV320C, 380В потужністю 3 кВт. ATV 320 призначений для регулювання частоти обертання асинхронних трьохфазних електродвигунів: 0,18 до 2,2 кВт; трьохфазних 380 В від 0,37 до 15 кВт. Даний частотний перетворювач має наступні особливості.[13]

- Вбудований гальмівний чоппер .

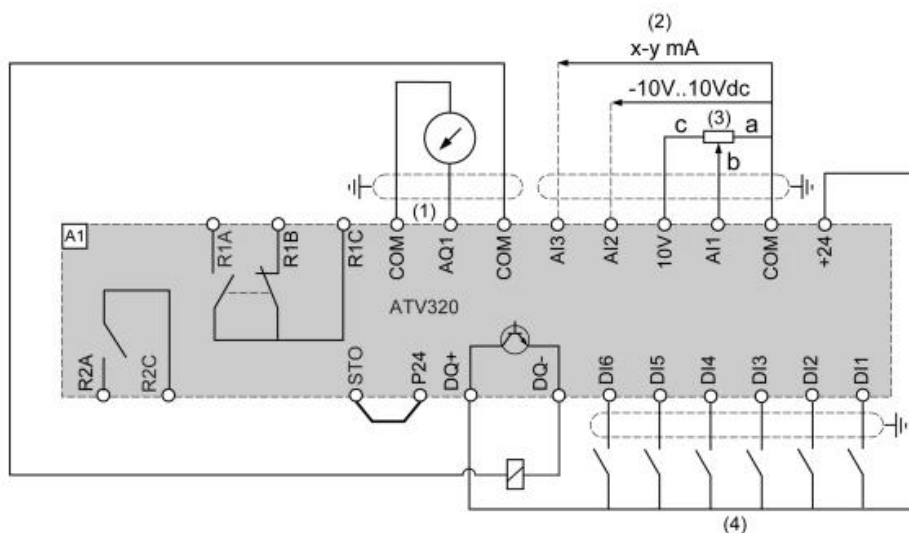
ЗМ.	Лист.	№ докум.	Підп.	Дата.

- Можливість роботи перетворювача при температурі навколишнього середовища до 50°C без втрати продуктивності.
- клас захисту IP66 або IP65.
- здатність до перевантаження до 200% номінального струму.
- Доступні режими керування двигуном: векторний і скалярний - Modbus RTU і інтерфейс CANopen для зв'язку.

Крім того, доступні Ethernet IP і Modbus TCP, CANopen RJ45, Sub-D, PROFINET, Profibus DP V1, EtherCAT, DeviceNet і PowerLink.

- Інтегрує ПЛК і функції безпеки (SLS, SMS, SS1, GDL, STO), щоб заощадити витрати на налаштування гібридних систем автоматизації, які широко використовуються в сфері транспортування матеріалів.

- Інтегрована текстова панель керування, DTM (Device Type Manager), програмне забезпечення SoMove, завантажувач програмного забезпечення (додатково), мультизавантажувач (додатково), графічна панель дистанційного керування (додатково).



- (1) Analog output**
- (2) Analog inputs**
- (3) Potentiometer SZ1RV1202 (2.2 kΩ) or similar (10 kΩ maximum)**
- (4) Digital Inputs - Shielding instructions are given in the Electromagnetic Compatibility section**

Рисунок 2.9 Схема підключення частотного перетворювача ATV320C

ЗМ.	Лист.	№ докум.	Підп.	Дата.
-----	-------	----------	-------	-------

3.1.3 Електроклапан

Електроклапан (електромагнітний клапан) - це пристрій, який побудовано на основі електромагнітного приводу для управління потоком рідини або газу в системі. Даний клапан виконаний в вибухозахищеному виконанні. Клапан працює за рахунок магнітного поля, яке створюється в момент проходження струму по обмоткам та приводить в дію внутрішній механізм клапана що свою чергу призводить до відкриття або закриття. Електричні клапани широко використовуються в більшій частині промисловості, таких як автоматизація, опалення, вентиляція, кондиціонування повітря, водопостачання, медичне обладнання, тощо.

Електромагнітний клапан GAMA PULS-Z-50 Н.З. 2" FKM 24VDC призначений для роботи в системах автоматизації та керування різноманітними механізмами з використанням напруги постійного струму 24 В. Технічні характеристики цього клапана включають максимальний діаметр 2 дюйма (50 мм) та матеріал ущільнення FKM, що забезпечує високу стійкість до агресивних середовищ.

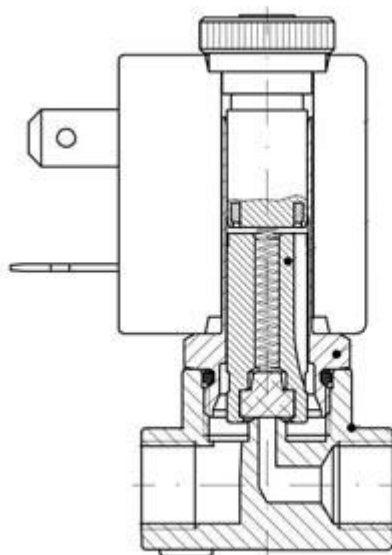


Рисунок 2.10 Електромагнітний клапан GAMA PULS-Z-50 Н.З. 2" FKM 24VDC

3.2 Вибір мікроконтролера, давачів та узгоджуючих пристроїв

					СУ-01.6.151.12.ПЗ	Лист
ЗМ.	Лист.	№ докум.	Підп.	Дата.		28

3.2.1 Мікроконтролер

Після детального вивчення особливостей системи було вирішено синтезувати мікропроцесорну систему управління технологічним процесом. Використання мікроконтролерів є дешевим рішенням автоматизації технологічного процесу на сучасному рівні розвитку техніки мікроконтролери є досить потужним інструментом для автоматизації технологічного процесу[7]. Для процесу осушування з використанням мікроконтролера є приклади[8] та [9]. Найбільш критичною щодо якості та повторюваності результатів є гілка подрібнення палива, змішування та сушіння. Надалі ми розглядатимемо лише цю частину лінії.

Основним вузлом системи є 32-розрядний STM32F401RE мікроконтролер. STM32F401RE - це високопродуктивний мікроконтролер від STMicroelectronics, який базується на процесорі ARM Cortex-M4. Він призначений для застосувань, що вимагають високої обчислювальної потужності, ефективного енергоспоживання та багатофункціональності. Його багатий набір периферійних інтерфейсів і зручність у програмуванні роблять його ідеальним вибором для керування процесом виготовлення сповільнюючої суміші, де потрібна точність, надійність і здатність до складної обробки даних.

Основні параметри мікроконтролера представлені у (Таблиця 2.1). Для даного об'єкта цього мікроконтролера цілком достатньо

Для наших потреб достатньо вбудованого 12-бітного АЦП, який забезпечує необхідну точність дискретизації навіть у 12-бітному режимі (+/- 0.1 та 0.4% відповідно). Мікроконтролер буде працювати на тактовій частоті 84 МГц, Ураховуючи, що архітектура ARM Cortex-M4 передбачає виконання більшості команд за кілька тактів, а наша технологічна система має високу ступінь інерції, можна зробити висновок, що її швидкодії достатньо для наших потреб.

Таблиця 2.1 Характеристика *STM32F401RE*

Характеристика	Деталі
Процесор	ARM Cortex-M4
Частота роботи	До 84 МГц
Флеш-пам'ять	512 КВ
SRAM	96 КВ
Цифрові входи/виходи (GPIO)	50
Аналогові входи	16 каналів 12-бітного ADC
Таймери	10
UART	3
SPI	3
I2C	3
DMA	7 каналів
PWM	Так, підтримка виходів PWM
Операційна напруга	1.7 В - 3.6 В
Температурний діапазон	-40°C до 85°C
Периферійні інтерфейси	USART, I2S, SDIO, FSMC, LCD
Пакет корпусу	LQFP64 (64-контактний корпус)
RTC (реальний час годинник)	Так, вбудований
FPU (блок плаваючої точки)	Так
DSP інструкції	Так
Цифрові фільтри для зовнішніх сигналів	Так

На виході маємо сигнали , які потребують підсилення. В якості підсилювачів використовуватимемо потужні польові транзистори, які будуть працювати в ключовому режимі з мінімальними втратами на нагрівання. У схемі використані транзистори FA57SA50LC в корпусі SOT227 (Рисунок 2.11). Ми замінимо їх вітчизняними полевыми транзисторами КП460 N-каналними

МОП транзисторами. $U_{си}=500$ В; $R_{си}=0.27$ Ом; $I_c=20$ А. характеристики
таблиця 3

Absolute Maximum Ratings

	Parameter	Max.	Units
$I_D @ T_C = 25^\circ\text{C}$	Continuous Drain Current, $V_{GS} @ 10$ V	20	A
$I_D @ T_C = 100^\circ\text{C}$	Continuous Drain Current, $V_{GS} @ 10$ V	13	
I_{DM}	Pulsed Drain Current ①	80	
$P_D @ T_C = 25^\circ\text{C}$	Power Dissipation	280	W
	Linear Derating Factor	2.2	W/°C
V_{GS}	Gate-to-Source Voltage	± 20	V
E_{AS}	Single Pulse Avalanche Energy ②	960	mJ
I_{AR}	Avalanche Current ①	20	A
E_{AR}	Repetitive Avalanche Energy ①	28	mJ
dv/dt	Peak Diode Recovery dv/dt ③	3.5	V/ns
T_J	Operating Junction and	-55 to +150	°C
T_{STG}	Storage Temperature Range		
	Soldering Temperature, for 10 seconds		
	Mounting Torque, 6-32 or M3 screw	10 lbf·in (1.1 N·m)	

Thermal Resistance

	Parameter	Min.	Typ.	Max.	Units
$R_{\theta JC}$	Junction-to-Case	—	—	0.45	°C/W
$R_{\theta CS}$	Case-to-Sink, Flat, Greased Surface	—	0.24	—	
$R_{\theta JA}$	Junction-to-Ambient	—	—	40	

Рисунок 2.11 Характеристики польового транзистора КП460

3.2.2 Датчик тиску АИР-10L-ДА/ЕХ

Датчик тиску – це пристрій призначений для вимірювання тиску газу або рідини та переведення в електричні сигнали, які використовуються для обробки, відображення або керування іншими пристроями. Даний датчик виконаний в вибухобезпечному виконанні. Датчики тиску є важливою складовою багатьох наукових, промислових та побутових застосувань[16]. Вони використовуються для моніторингу стану системи та управління різними системами, забезпечуючи безпеку та точність.

Основні принципи роботи давачів тиску є:

1. Перетворення механічного значення тиску в електричні сигнали: це виконується за допомогою технічних методів, таких як п'єзоелектричний ефект, зміна опору (тензометричний ефект), зміна ємності або індуктивності.

2. Зміна деформації мембрани: в більшості давачів тиску використовуються мембрани, що деформуються тиском. Ця деформація перетворюється на уніфікований електричний сигнал.

Класифікація датчиків тиску:

Датчик абсолютного тиску: вимірює тиск відносно абсолютного вакууму. Манометр: вимірює тиск відносно атмосферного тиску. Датчик перепаду тиску: виміряйте різницю між двома тисками. Перетворювачі тиску вимірювальні AIR-10L (Рисунок 2.12), використовуються в системах автоматичного контролю, регулювання та управління технологічними процесами призначені для безперервного перетворення в уніфікований 4...20 мА



Рисунок 2.12 Датчик тиску AIR-10L-ДА/ЕХ

Давач тиску AIR-10L - це невеликий, малогабаритний пристрій, який має аналогову обробку сигналів для перетворення абсолютного тиску і надлишкового тиску в уніфікований вихідний сигнал струму 4..20 мА. Завдяки високій швидкості спрацьовування - до 20 мільйонів 100 мс даний пристрій може ефективно використовуватися в різних галузях промисловості, де потрібна швидкодія. AIR-10L оснащений сучасним тензостійким датчиком з металевими і керамічними мембранами. Датчик з металевої розділової мембраною з нержавіючої сталі 316L, виготовлений за технологією ЧПУ, володіє високою перевантажувальною здатністю до 300% при високому рівні точності вимірювань, що підвищує як надійність, та і стабільність роботи датчика навіть при екстремальних навантаженнях. Використання датчиків провідних європейських виробників з Бельгії та Швейцарії додатково гарантує високу якість і точність вимірювань.

					СУ-01.6.151.12.ПЗ	Лист
ЗМ.	Лист.	№ докум.	Підп.	Дата.		32

Було обрано саме цей давач AIR-10L, через декілька ключових аспектів, які роблять його найкращим вибором для досліджень та використання. По-перше, невеликі сучасні датчики, стійкі до деформації, є прикладами передових технологій в області вимірювання тиску. При швидкості до 100 мс експерименти і дослідження можуть проводитися з високою точністю і ефективністю, крім того має уніфікований сигнал. Це важливо для розуміння інтеграції датчиків у реальних умовах. Висока перевантажувальна здатність і використання високоякісних датчиків європейських виробників гарантують їх надійність і довговічність. Також даний давач має можливість зміни одиниць виміру за допомогою підстроювального резистора.

Таблиця 2.2 Технічні характеристики давача тиску AIR-10L-ДА/ЕХ

Найменування Параметра	Значення
Принцип виміру	Деформація мембрани
Напруга живлення, В	24 В DC
Вихідний сигнал	4...20 мА
Діапазон вимірювання	100 кПа...6 МПа;
Основна приведена похибка	від $\pm 0,25\%$,
Матеріал корпусу	Нержавіюча сталь, пластик
Ступінь захисту	Подвійна ізоляція IP67 відповідно до МЕК 60529
Робоча температура	-40 до +120 °С.

3.2.3 Давач Температури та вологи

Датчик температури – це пристрій, який використовується для вимірювання температури при приготуванні уповільнюючої суміші. Даний

датчик виконаний в вибухобезпечному виконанні. Для даного датчика є ряд вимог такі як:

1. Бути контактним та працювати в контакті з сумішшю
2. Мати діапазон вимірювання 0...+100 °С

Датчик вологи – це пристрій, який використовується для вимірювання вологи при приготуванні уповільнюючої суміші. Для даного датчика є ряд вимог такі як:

1. Бути захищеним від агресивних речовин, тобто мати хорошу надійність
2. Мати діапазон вимірювання 0-100%



Рисунок 2.13 Давач Температури та вологи ROTRONIC HC2A-IE02-NPT

Зазвичай це два різних пристрої для вимірювань параметрів але ROTRONIC HC2A-IE02-NPT поєднує їх обох бо має вбудовані датчики для вимірювання обох параметрів Рисунок 2.13 , а виміряні значення можуть передаватися у діапазоні 0-1 В як для виміру температури так і для виміру вологи, які можна використовувати для моніторингу, аналізу та керування системою. Датчик розроблений для роботи у складних промислових умовах, де може бути присутній пил, пара або агресивні гази. Це робить його ідеальним для застосування в сушильних установках.

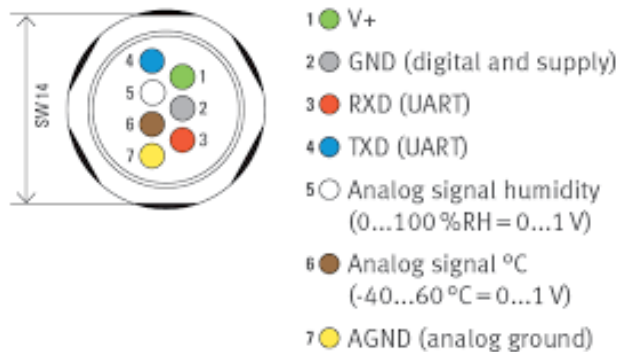


Рисунок 2.14 піни підключення давача ROTRONIC HC2A-IE02-NPT

Гнучкість налаштування: датчик можна налаштувати відповідно до конкретних потреб вашого застосування, забезпечуючи гнучкість і універсальність.

Загалом ROTRONIC HC2A-IE02-NPT є надійним, точним і універсальним датчиком температури та вологи, який відповідає нашим вимогам вимогам[17] Всі ці фактори роблять ROTRONIC HC2A-IE02-NPT ідеальним вибором для контролю процесів сушки, забезпечуючи стабільність, точність і надійність вимірювань.

Таблиця 2.3 Технічні характеристики давача тиску ROTRONIC HC2A-IE02-NPT

Найменування Параметра	Значення
Напруга живлення, В	3,3...5 В DC
Вихідний сигнал	0...1 В постійного струму
Діапазон вимірювання вологи	0...100 %RH
Діапазон вимірювання температури	-50...+100 °C
Точність вимірювань вологи	Точність при 23 °C ±0,8 % RH
Точність вимірювань температури	Точність при 23 °C ±0,1 К
Матеріал корпусу	Нержавіюча сталь

Ступінь захисту	IP65 (крім зони датчика)
Довжина проводу	2 м
Робоча температура	-100...200 °

3.2.4 Датчик ваги

В якості датчика було обрано Keli SQB. Цей точковий тензодатчик використовується для платформ, бункерів і конвеєрних ваг. Тензодатчики виготовлені з високолегованої сталі з нікелевим покриттям, що забезпечує тривалу роботу навіть у важких умовах. Новітня система захисту IP68 запобігає проникненню вологи та пилу, оскільки вся конструкція тензодатчика повністю герметична. Високий температурний діапазон тензодатчика $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ $+70\text{ }^{\circ}\text{C}$ призначений для використання в суворих кліматичних умовах[18]. Враховуючи всі ці фактори, можна зробити висновок, що датчик Keli SQB є чудовим вибором для дозування завдяки своїй точності, надійності, стійкості до зовнішніх впливів та легкій інтеграції в різні системи.

Таблиця 2.4 Характеристика датчика Keli SQB

Виробник	KELI
Країна виробник	Китай
Висота	31.8 мм
Довжина	130 мм
Одиниця виміру навантаження	Кілограм
Захист обладнання від води і пилу IP	IP68
Клас точності	C
Максимальна робоча температура	70 °C
Максимальне значення навантаження	1000
Матеріал	Нікельована сталь
Мінімальна робоча температура	-30 °C

Мінімальне значення навантаження	0.1
Тип	Консольний
Тип навантаження	Вигин
Ширина	31.8 мм

3.2.5 Датчики частоти обертання двигуна

Датчик швидкості обертання - це пристрій, який перетворює фізичний параметр швидкість обертання осі в електричну величину. Для вимірювання параметру швидкості обертання можуть використовуватися різні принципи вимірювань, такі як магнітні, оптичні та інфрачервоні, всі вони можуть бути використані при вимірювання швидкості обертання в фіксовану величину. Даний пристрій широко використовується в промисловості, транспорті та інших галузях промисловості для контролю параметрів об'єкта, координації та моніторингу робочого процесу.

Датчики частоти обертання IFM DI6001 (*Рисунок 2.15*), призначений для вимірювання частоти обертання деталей механізмів та машин. Робота датчика ґрунтується на принципі електромагнітної індукції. Для проведення вимірювань використовується металевий відмітник, наприклад зубчасте колесо. При проходженні зубів поблизу переднього торця датчика змінюється напруженість магнітного поля і в котушці датчика виникає змінний сигнал з частотою пропорційної частоти обертання зубчастого колеса. Сигнал посилюється електронною схемою і формується імпульси напруги, які надходять на вихід датчика.[19]



Рисунок 2.15 Індуктивний давач частоти обертання

Індуктивні перетворювачі були обрані тому, що вони мають просту конструкцію та меншу вартість, ніж ємнісні та ультразвукові перетворювачі.

Конструкція датчика включає захист від короткого замикання і здатність працювати в широкому діапазоні температур. Використання високоякісних матеріалів і компонентів забезпечує тривалий термін служби датчика без необхідності частого обслуговування. До переваг таких датчиків відносять:

- Простоту і надійність конструкції,
- Відсутність механічного з'єднання з валом;
- Можливість підключення до джерел промислової частоти;
- Відносно велику вихідну потужність (до десятків Ватт);
- Велика чутливість

З огляду на всі ці фактори, датчик IFM DI6001 є відмінним вибором для керування швидкістю обертання в промислових та інших додатках. Його висока точність, швидкість реакції, надійність і легкість інтеграції роблять його ефективним і надійним інструментом для контролю обертання.

Таблиця 2.5 Технічні характеристики індуктивного давача положення IFM DI6001

Найменування Параметра	Значення
Напруга живлення, В	10...36 постійного струму (DC)
Струм споживання, мА	≤ 10

Вихідний сигнал	Нормально відкритий (N.O.)
Вихідний струм, мА	≤ 200
Діапазон вимірювання	1...6000 об/хв
Мінімальна відстань спрацювання давача	20 мм
Точність вимірювань	±1%
Матеріал корпусу	нерж. сталь (1.4571/316Ti); PBT (полібутилентерефталат)
Вага	~50 г
Ступінь захисту	Подвійна ізоляція IP67 відповідно до МЕК 60529
Довжина проводу	2 м
Робоча температура	-20...80°C

РОЗДІЛ 4. СИСТЕМА КЕРУВАННЯ ПРОЦЕСОМ

Алгоритм системи керування виробництва уповільнюючих сумішей, який зображений на Рисунок 4.1. З початку виконується ініціалізація змінних системи керування. На даному етапі відбувається встановлюється взаємозв'язок між давачами та виконавчими механізмами відбувається завантаження програми керування. Перед запуском основних керуючих дій відбувається перевірка параметрів системи наприклад наявність речовин окиснювач, с, нітроплівка бутилацетат, пара. Перевірка температури пари на вході осушувачів.

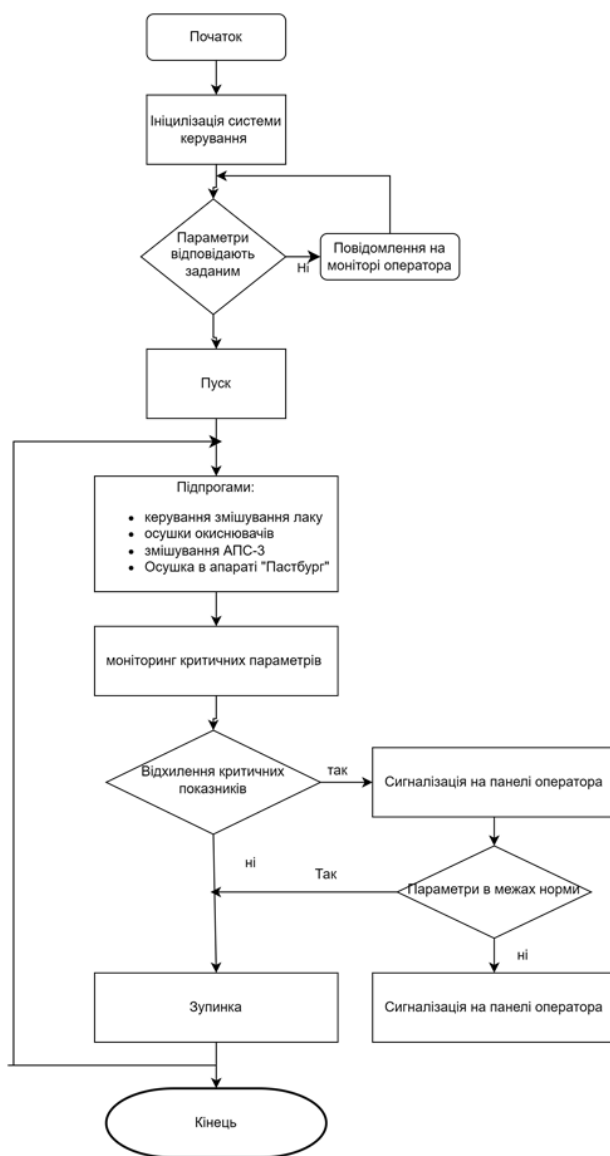


Рисунок 4.1 алгоритм роботи головної програми

ЗМ.	Лист.	№ докум.	Підп.	Дата.

Після даного етапу виконується ряд підпрограм контурів керування. Дані підпрограми виконуються в циклі в кінці якого виконується перевірка критичних параметрів системи керування. При відхиленні даних параметрів від допустимих меж на панелі оператора виводиться повідомлення. Що дозволить оператору прийняти рішення про зупинку системи або інших рішень. Якщо оператор не виправив ситуацію до досягнення критичних значень відбувається аварійна зупинка. Підпрограми керування процесом змішування лаку зображена Рисунок 4.2 процесу осушки окиснювачів Рисунок 4.3

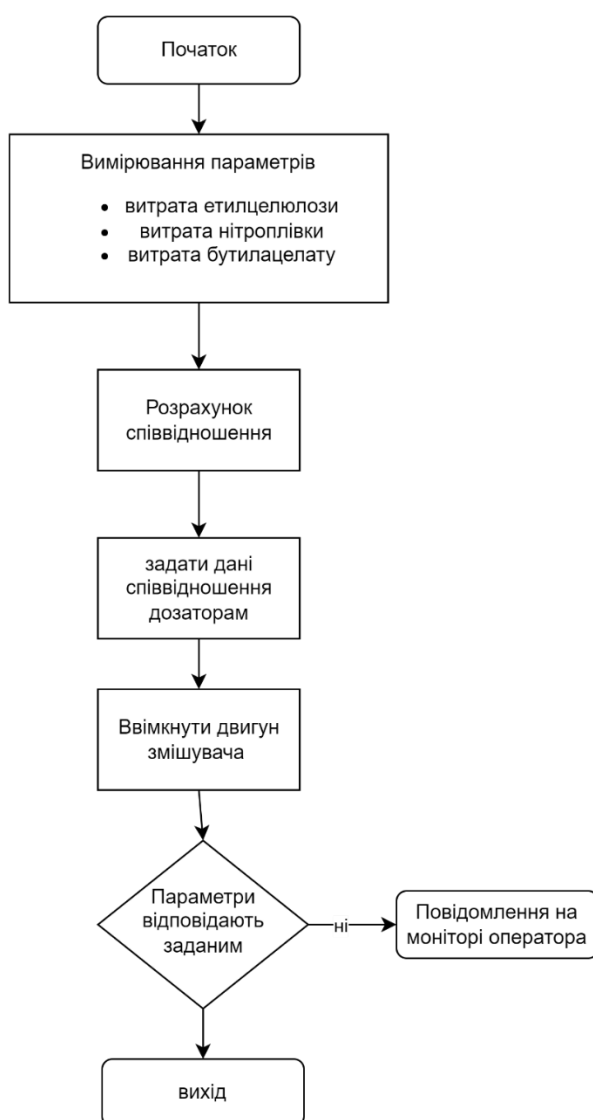


Рисунок 4.2 Алгоритм керування процесом змішування лаку

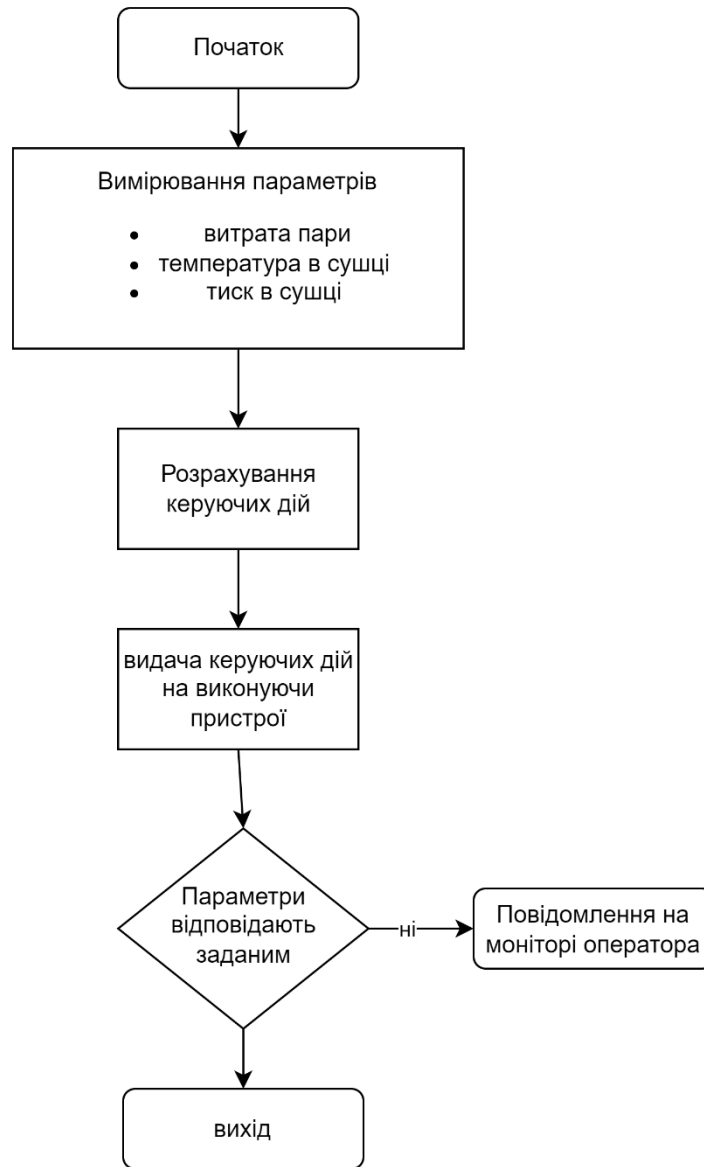


Рисунок 4.3 алгоритм керування процесом осушки окиснювачів

Алгоритм роботи апарату АПС -3 наступний:

1. Змішування сухих компонентів паливної суміші та окиснювачів даний процес можливо автоматизувати шляхом дозування паливної суміші та окиснювачів. Закінчення процесу змішування сухих компонентів відбувається по закінченню часової затримки виділеної під даний етап (15 – 25 хв)
2. Змішування з лаком на даному етапі відбувається дозування лаку з внутрішнього баку апарату на основі показань датчика вологості робиться висновок про однорідність отриманої суміші на даний процес виділено(15-20 хв) якщо по закінченні даного часового інтервалу за допомогою датчика не виміряно достатній рівень вологості виконується повторне дозування.
3. Змішування з відкритою кришкою(25 -45 хв)

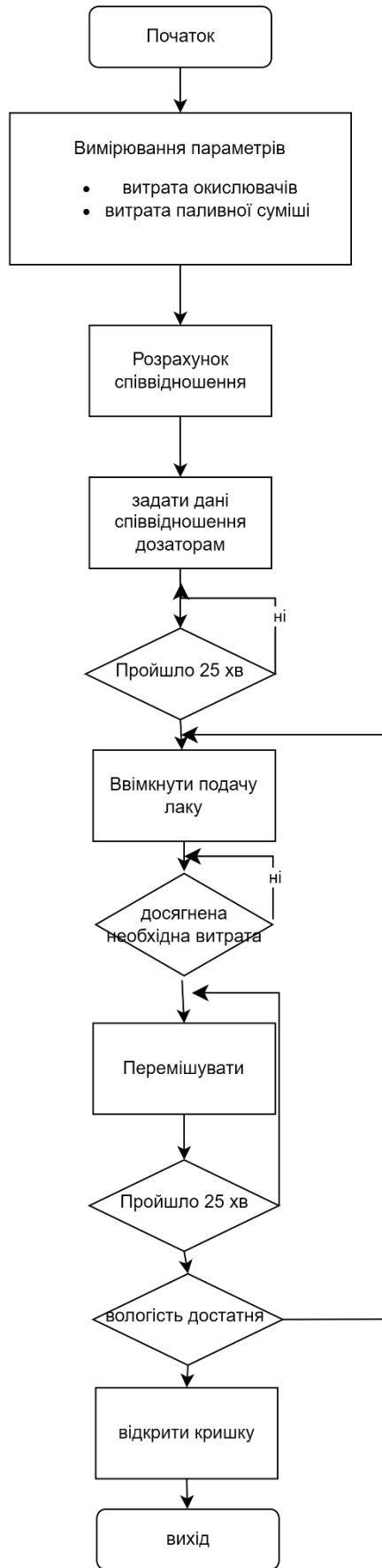


Рисунок 4.4 Алгоритм керування перемішуванням в апараті АПС-3

РОЗДІЛ 5. Розробка SCADA системи

5.1 Призначення SCADA системи

SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition) система — це програмно-апаратний комплекс, що використовується для збору, моніторингу та управління даними з віддалених об'єктів в реальному часі.. Основні функції SCADA систем включають:

1. **Збір даних:** SCADA системи отримують дані з різних датчиків, приладів та контролерів, встановлених на віддалених об'єктах або виробничих лініях.
2. **Моніторинг:** Дані, зібрані з об'єктів, відображаються в реальному часі на операційних панелях. Це дозволяє операторам бачити поточний стан процесів та обладнання.
3. **Управління:** SCADA системи дозволяють операторам віддалено керувати обладнанням, змінювати параметри процесів, а також автоматично виконувати певні дії у випадку виникнення аварійних ситуацій.
4. **Архівування даних:** Зібрані дані зберігаються для подальшого аналізу, створення звітів та виявлення тенденцій.
5. **Оповіщення та тривоги:** SCADA системи можуть генерувати тривоги та сповіщення у випадку відхилення параметрів від заданих норм, що дозволяє операторам швидко реагувати на потенційні проблеми.

Основні компоненти SCADA системи включають:

- **HMI (Human-Machine Interface):** Людино-машинний інтерфейс, який забезпечує взаємодію оператора з системою.
- **RTU (Remote Terminal Unit):** Віддалені термінальні пристрої, що збирають дані з датчиків і передають їх до центральної системи.

- **Локальні контролери:** контролери, які виконують локальне управління процесами.
- **Комунікаційна інфраструктура:** Мережеві технології, що забезпечують передачу даних між RTU, PLC і центральною системою.
- **Центральний комп'ютер або сервер:** Основний комп'ютер, на якому працює програмне забезпечення SCADA для збору, аналізу та збереження даних.

SCADA системи забезпечують ефективне управління складними технологічними процесами, підвищуючи їх надійність, безпеку та ефективність.

5.2 Середовище розробки SCADA системи

Існує багато різних SCADA систем, розроблених різними компаніями для задоволення потреб різних галузей промисловості. Ось кілька популярних SCADA систем:

1. **Siemens SIMATIC WinCC:** Розроблена компанією Siemens, ця SCADA система широко використовується в автоматизації промислових процесів.
2. **Wonderware InTouch (AVEVA):** Ця SCADA система, розроблена компанією AVEVA,
3. **GE iFIX (GE Digital):** iFIX — це SCADA система, розроблена GE Digital.
4. **Schneider Electric EcoStruxure:** Ця SCADA система, раніше відома як Citect SCADA, надає можливості для інтеграції з іншими продуктами Schneider Electric.
5. **Promotic SCADA** — це програмна платформа для створення додатків автоматизації, призначених для моніторингу та управління технологічними процесами. Promotic розроблена чеською компанією

MICROSYS і використовується в різних галузях промисловості, таких як енергетика, водопостачання, виробництво та інші.

З усіх варіантів було обрано Promotic SCADA. Такого середовища розвитку достатньо для досягнення поставлених цілей. Основна перевага полягає в тому, що немає зв'язку з конкретним виробником контролю. Цей інструмент дозволяє створювати інтуїтивно зрозумілі діаграми, графіки, таблиці, графіки та інші візуальні представлення, які допомагають операторам швидко збирати та аналізувати дані.

5.3 НМІ інтерфейс SCADA виготовлення уповільнюючої суміші

Мнемосхема системи керування виготовленням уповільнювального складу зображена на *Рисунок 5.2* призначена для візуального відображення процесу виробництва, контролю параметрів та забезпечення оперативного управління технологічним процесом. Вона містить всі необхідні компоненти і етапи виробництва, включаючи дозування сировини, змішування, контроль параметрів, осушка.

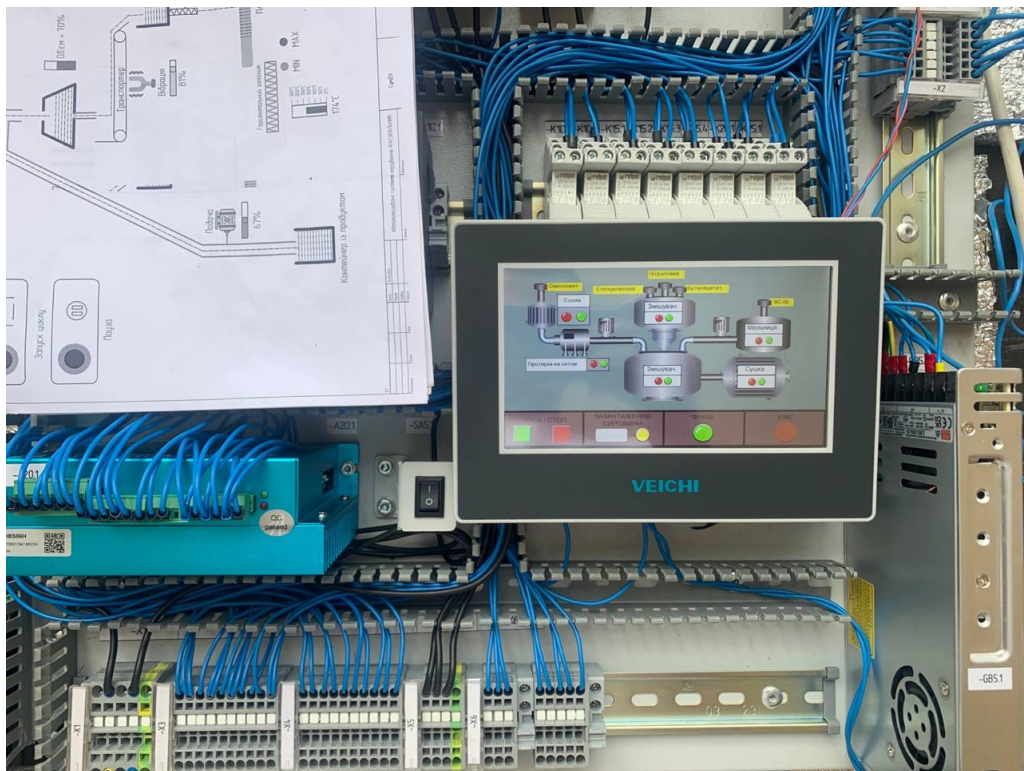


Рисунок 5.1 НМІ інтерфейс керування процесом

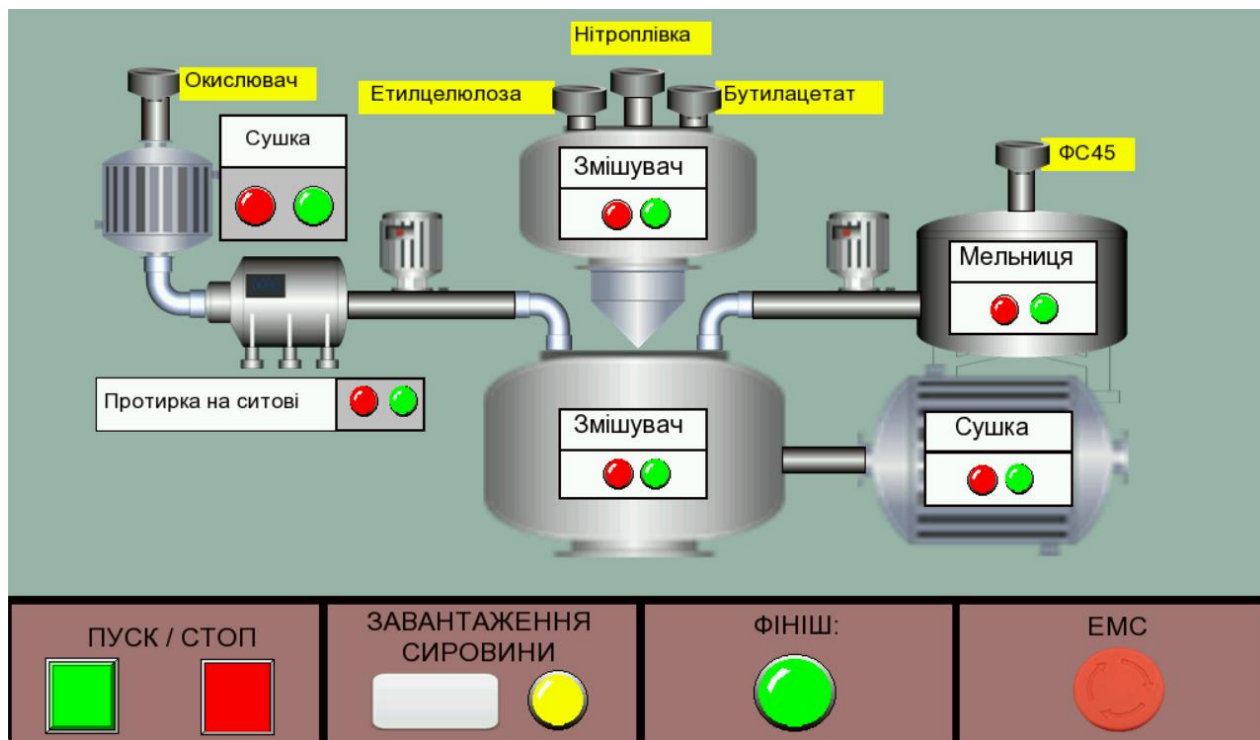


Рисунок 5.2 Мнемосхема системи керування

Мнемосхема забезпечує зручний і наочний інтерфейс для контролю та управління виробництвом, включаючи такі функції:

1. Ручне та Автоматичне Керування:
 - Вмикання і вимикання основних установок.
2. Моніторинг Параметрів:
 - Відображення поточних значень температури, вологості, рівня сировини та інших критичних параметрів.
3. Сигналізація та Сповіднення:
 - Автоматичне виявлення та повідомлення про аварійні ситуації.
 - Відображення попереджувальних повідомлень для запобігання можливим проблемам.
4. Аварійне Зупинення:
 - Можливість оперативної зупинки всього виробничого процесу у разі виникнення критичних ситуацій.

Висновок:

У дипломному проекті було розроблено систему автоматичного керування виробництва уповільнюючої суміші в хіміко-технологічному виробництві. В результаті аналізу технологічного процесу створено схему інформаційно-матеріальних-потоків на якій структуровано основні технологічні операції. На основі типових технологічних операції змішування осушування створено контури-керування які задовільняють технічним вимогам процесу. Створено функціональну схему автоматизації .Здійснений підбір технічних засобів автоматизації. Створено алгоритм роботи системи керування який забезпечує надійне функціонування системи. Розроблена Scada система для віддаленого керування технологічним процесом.

					<i>СУ-01.6.151.12.ПЗ</i>	Лист
ЗМ.	Лист.	№ докум.	Підп.	Дата.		48

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. R.V. Zakusilo, Industrial equipment the initiation of explosives. Zhytomyr, 2011.
2. Буллер М. Ф Роботько В. А, Технології виробництва вибухових речовин. Суми: СумДУ, 2022.
3. P. Stanislav and M. Radek, “Application of Adaptive Dead-beat Controller in Drying Process,” *Procedia Eng*, vol. 100, pp. 756–764, 2015, doi: 10.1016/j.proeng.2015.01.429.
4. I. Alvarez-López, O. Llanes-Santiago, and J. L. Verdegay, “Drying process of tobacco leaves by using a fuzzy controller,” *Fuzzy Sets Syst*, vol. 150, no. 3, pp. 493–506, Mar. 2005, doi: 10.1016/j.fss.2004.07.019.
5. Q. Liu and F. W. Bakker-Arkema, “A model-predictive controller for grain drying,” *J Food Eng*, vol. 49, no. 4, pp. 321–326, Sep. 2001, doi: 10.1016/S0260-8774(00)00229-6.
6. C. Seidel, R. Dürr, and A. Bück, “Robust multi-variable control of continuous yeast drying,” *J Process Control*, vol. 114, pp. 42–53, Jun. 2022, doi: 10.1016/j.jprocont.2022.04.004.
7. M. Avhad, V. Divekar, H. Golatkar, and S. Joshi, “Microcontroller based automation system using industry standard SCADA,” in 2013 Annual IEEE India Conference (INDICON), IEEE, Dec. 2013, pp. 1–6. doi: 10.1109/INDCON.2013.6726082.
8. T. Yang et al., “Drying Temperature Precision Control System Based on Improved Neural Network PID Controller and Variable-Temperature Drying Experiment of Cantaloupe Slices,” *Plants*, vol. 12, no. 12, p. 2257, Jun. 2023, doi: 10.3390/plants12122257.
9. A. Jibia, “MICROCONTROLLER-BASED FRUIT DRYING SYSTEM,” 2016. [Online]. Available: <https://www.researchgate.net/publication/317872258>
10. Блок живлення S-360-24 [Електронний ресурс] Режим доступу: https://voron.ua/uk/catalog/032541--blok_pitaniya_s-360-24_superpower_superpower

										Лист
										49
ЗМ.	Лист.	№ докум.	Підп.	Дата.						

11. DC-DC перетворювач XL4015 [Електронний ресурс] Режим доступу: <https://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/763183/ETC2/XL4015.html>
12. Асинхронний двигун AI1E 80C2 [Електронний ресурс] Режим доступу: <https://ukrprommotor.com.ua/ru/products/elektrodivigatel-odnofaznyj-220v-ai1e-80s2-22-kvt-3000-obmin>
13. Частотний перетворювач ATV320C [Електронний ресурс]: Режим доступу: <https://www.se.com/ua/uk/product/ATV320U75N4C/> перетворювач-частоти-atv320c-75квт-380500в-компакт-з-емсфільтром-с2/
14. Електроклапан GAMA PULS-Z-50 Н.З. 2" FKM 24VDC [Електронний ресурс]: Режим доступу: <https://goodmax.com.ua/uk/ru/product/impulsnyj-elektromagnitnyj-klapan-gama-puls-z-50-nc-2>
15. мікроконтролер STM32F401RE [Електронний ресурс]: Режим доступу: <https://www.st.com/resource/en/datasheet/stm32f401re.pdf>
16. Датчик тиску АІР-10L-ДА/ЕХ [Електронний ресурс]: Режим доступу: <https://ukrenergy.com.ua/air10l.html>
17. Давач ROTRONIC HC2A-IE02-NPT [Електронний ресурс] Режим доступу: https://www.rotronic.com/pub/media/productattachments/files/5/9/59082e_hc2a_industrial.pdf
18. Тензодавач Keli SQB [Електронний ресурс]: Режим доступу: <https://keli.kiev.ua/ua/p1724961398-tenzodatchik-keli-sqb.html>
19. Індуктивний давач швидкості DI6001 [Електронний ресурс]: Режим доступу <https://www.ifm.com/ua/uk/product/DI6001>