

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»
Факультет комп'ютерно-інтегрованих технологій, мехатроніки і
робототехніки
Кафедра робототехніки, електроенергетики та автоматизації
ім. проф. Б.Б. Самотокіна

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до кваліфікаційної роботи магістра

на тему: Розподілена автоматизована система керування виготовлення
порошкової фарби

Виконав студент 2 курсу, групи АТ-28м
спеціальності 174 “Автоматизація,
комп'ютерно-інтегровані технології
та робототехніка”

Лівінський М.М.

(прізвище та ініціали студента)

Керівник: канд. техн. наук,

старший викладач кафедри

Підтиченко О.В.

(науковий ступінь, вчене звання, посада,
прізвище та ініціали)

Рецензент: доктор техн. наук, професор

завідувач кафедри інформаційно-

вимірювальних технологій

Подчашинський Ю.О.

(науковий ступінь, вчене звання, посада,
прізвище та ініціали)

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ “ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА”
Факультет комп’ютерно-інтегрованих технологій, мехатроніки і
робототехніки
Кафедра робототехніки, електроенергетики та автоматизації
ім. проф. Б.Б. Самотокіна

Спеціальність 174 “Автоматизація, комп’ютерно-інтегровані технології
та робототехніка”

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри
робототехніки, електроенергетики
та автоматизації
ім. проф. Б.Б. Самотокіна
к.т.н., доц. Громовий О.А.

« _____ » _____ 2024 р.

ЗАВДАННЯ

на кваліфікаційну роботу магістра

Студент Лівінський Михайло Миколайович

1. Тема роботи: Розподілена автоматизована система керування виготовлення порошкової фарби

Затверджена Наказом по університету від «12» листопада 2024 р. № 646/с

2. Термін здачі закінченої роботи на кафедру «20» грудня 2024 р.

3. Вихідні дані до роботи: 1.Опис технології виготовлення лакофарбової продукції. 2. Технічна документація на лінію виготовлення порошкової фарби. 3. Технічна документація на мікроконтролери фірми ATMEL та інші електронні компоненти. 4. Технічний опис інтерфейсу SPI

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які підлягають розробці)

1) Проаналізувати технологію виробництва лакофарбової продукції та визначити об’єкт автоматизації. 2) Проаналізувати склад обладнання, що входить до систем виготовлення суміші порошкової фарби. 3) Обрати підхід до виконання автоматизації технологічного процесу як такого, що реалізується за допомогою великої кількості устаткування, розподіленого по значній території. 4) Визначити керовані параметри в об’єкті автоматизації, при необхідності доповнивши технологічну схему необхідним обладнанням. Розробити функціональну схему автоматизації обраною ділянкою. 7) Обрати елементи автоматики – датчики, виконавчі механізми тощо. 8) Розробити структуру модульної АСУТП виготовлення лакофарбової продукції. 9) Розробити інтерфейс оператора для локального керування об’єктом. 10) Обрати елементну базу мікропроцесорного контролеру, розробити схему електричну принципову

контролера. 11) Розробити алгоритмічне забезпечення роботи мікроконтролера.

5. Перелік презентативного матеріалу (з точним визначенням обов'язкових слайдів/креслень)

функціональна схема автоматизації, структурна схема системи керування, електрична принципова схема, блок-схема алгоритму роботи.

6. Консультанти з кваліфікаційної роботи магістра із зазначенням розділів роботи, що їх стосуються

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
Технічна частина	Підтиченко О.В.	10.10.24	

7. Дата видачі завдання 10.10.2024 р.

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання кваліфікаційної роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1.	Аналіз загальних підходів до побудови систем керування процесом виготовлення порошкової фарби. Розробка технологічної схеми керування та функціональної схеми автоматизації виготовлення порошкової фарби.	10.10.2024 – 15.10.2024	
2.	Розробка структурної схеми системи керування виготовлення фарби.	15.10.2024 – 29.10.2024	
3.	Вибір елементної бази мікропроцесорної системи керування, розробка електричної принципової схеми	29.10.2024 – 13.11.2024	
4.	Розробка алгоритмічного забезпечення системи керування	13.11.2024 – 03.12.2024	
5.	Оформлення проекту	03.12.2024 – 10.12.2024	

Студент

(підпис, дата)

Лівінський М.М.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис, дата)

Підтиченко О.В.

(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

У даній дипломній роботі була розроблена розподілена система керування виготовлення порошкової фарби. В ході роботи були вибрані необхідні технічні засоби автоматизації, зокрема датчики і виконавчі пристрої. Були розроблені структурна та електрична принципові схеми системи керування, а також алгоритм роботи мікроконтролера. Розроблена автоматизована система керування дозволяє ефективно виконувати процес дозування, змішування всіх складових фарби, екструзії готової суміші і подрібнення на платівці, та передбачає можливість її інтеграції в централізовану систему керування. В результаті розробки була створена система керування, яка забезпечує надійне та ефективне змішування, подрібнення, гомогенізації сировини для виготовлення порошкової фарби, а також можливість інтеграції в більш широку централізовану систему керування.

ABSTRACT

In this diploma project, a control of distributed system for production of powdered paint was developed. During the project, necessary automation tools were selected, including sensors and actuators. Structural and electrical schematic diagrams of the control system were developed, along with the microcontroller operating algorithm. The developed automated control system enables efficient execution of the mixing of all paint components and extrusion of the final mixture, and it allows for integration into a centralized control system. As a result of the development, a control system was created that provides reliable and efficient mixing, pulverization, and homogenization of raw materials for the production of powdered paint, as well as the possibility of integration into a broader centralized control system.

РЕФЕРАТ

Дипломна робота містить 107 сторінки формату А4, а також 1 сторінку специфікації, 4 додатків та презентацію з графічною частиною. Вона складається зі вступу, п'яти розділів, висновків, списку використаних джерел та додатків. Всі ці частини надають інформацію про розроблену мікропроцесорну систему керування процесом виготовлення лакофарбової продукції.

Перший розділ присвячений технічному опису об'єкту автоматизації. В ньому розглядається вся лінія процесу виготовлення лакофарбової продукції, використовувана сировина та затратні матеріали. Також аналізуються системи автоматизованого керування та обирається дозування основних компонентів та екструзію суміші як об'єкт автоматизації. Проаналізовано АСУТП, та їх види. У цьому розділі також формулюються мета та задачі проекту.

Другий розділ присвячений удосконаленню існуючої технологічної схеми виготовлення розплавленої суміші. Тут розробляється функціональна схема автоматизації системи керування обраної ділянки автоматизації, а також проводиться загальний опис роботи установки.

У третьому розділі представлена структурна схема керування. Описуються обрані датчики та виконавчі механізми, а також розглядається робота цієї схеми.

Четвертий розділ презентує принципову електричну схему керування мікропроцесором. У ньому наводиться обране обладнання згідно зі структурною схемою, елементна база мікропроцесорної системи та опис роботи даної схеми.

П'ятий розділ пропонує алгоритмічне забезпечення роботи мікропроцесорної системи. Тут розробляються та представляються алгоритми роботи мікроконтролера, роботу з пультом керування та опис посилок передачі даних по обраному інтерфейсі.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	8
1. АНАЛІЗ ОБ’ЄКТА АВТОМАТИЗАЦІЇ.....	10
1.1. Різновиди фарб, їх переваги та застосування.....	10
1.2. Технологія виготовлення лакофарбової продукції.....	12
1.3. Вимоги до сировини.....	17
1.4. Опис устаткування, що використовується на ділянці виготовлення порошкової фарби.....	22
1.5. АСУ ТП як основа автоматизації технологічних процесів.....	25
1.5.1. Види АСУ ТП.....	28
1.5.2. Аналіз загальних підходів до структури розподіленої АСУ ТП.....	29
1.5.3. Опис структури ієрархічної розподіленої АСУ ТП.....	32
1.6. Мета, задачі, наукова новизна та практична цінність роботи.....	37
2. РОЗРОБКА ФУНКЦІОНАЛЬНОЇ СХЕМИ ВИГОТОВЛЕННЯ РОЗПЛАВЛЕНОЇ СУМІШІ.....	46
2.1. Вдосконалення існуючої схеми технологічного процесу.....	46
2.2. Функціональна схема виготовлення розпавленої суміші.....	48
2.3. Висновки до розділу 2.....	52
3. РОЗРОБКА СТРУКТУРНОЇ СХЕМИ МІКРОПРОЦЕСОРНОГО МОДУЛЯ КЕРУВАННЯ.....	53
3.1. Вибір закону керування.....	53
3.2. Вибір датчиків та виконавчих механізмів.....	53
3.2.1. Вибір датчиків.....	53
3.2.2. Вибір виконавчих механізмів.....	58
3.3. Побудова загальної структурної схеми.....	62
3.4. Розробка інтерфейсу оператора.....	63
3.5. Висновки до розділу 3.....	65
4. РОЗРОБКА ЕЛЕКТРИЧНОЇ ПРИНЦИПОВОЇ СХЕМИ.....	66
4.1. Вибір елементної бази для побудови електричної принципової схеми..	66
4.1.1. Опис вибраного мікроконтролера.....	66
4.1.2. Вибір АЦП.....	69
4.1.3. Вибір регістрів.....	70
4.1.4. Вибір частотного перетворювача.....	71

4.1.5. Опис вибраного комутатора аналогових сигналів.....	73
4.1.6. Вибір елементів індикації.....	74
4.1.7. Вибір дешифратора/демультиплексора.....	75
4.1.8. Вибір оптопари.....	77
4.1.9. Вибір ЦАП.....	78
4.2. Опис інтерфейсу SPI (Serial Peripheral Interface).....	79
4.3. Опис роботи системи керування.....	86
4.4. Висновки до розділу 4.....	89
 5. РОЗРОБКА АЛГОРИТМІЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ РОБОТИ МІКРОКОНТРОЛЕРА.....	 90
5.1.Алгоритми роботи мікроконтролера.....	90
5.2.Алгоритми передачі посилки між керуючою ЕОМ та модулями.....	95
5.3.Висновки за розділом 5.....	104
 ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	 105
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ ДЖЕРЕЛ.....	106
ДОДАТКИ.....	107

ВСТУП

Лакофарбова продукція, що використовується в різних галузях промисловості та повсякденного життя, є невід'ємною складовою, необхідною для захисту, оздоблення та забезпечення тривалої експлуатації різних поверхонь.

У будівельній галузі, лакофарбова продукція використовується для фарбування та лакування різних поверхонь, таких як метал, дерево, бетон та камінь. Це не лише надає їм естетичного вигляду, але й забезпечує захист від впливу негативних факторів навколишнього середовища.

У меблевій та деревообробній промисловості, лакофарбова продукція дозволяє створювати різноманітні відтінки та дизайн виробів з деревини, надаючи їм вишуканості та індивідуальності.

В автомобільній та аерокосмічній промисловості, лакофарбова продукція використовується для фарбування та захисту кузовів автомобілів та літаків від корозії, ультрафіолетового випромінювання та інших зовнішніх впливів.

У сфері мистецтва та ремесел, лакофарбова продукція використовується для створення різноманітних малюнків та оздоблення на різних матеріалах, таких як полотно, кераміка, скло та інші. Це допомагає художникам та ремісникам втілювати свої творчі ідеї та надати їм яскравість та виразність.

Актуальність лакофарбової продукції проявляється у її важливій ролі збереження якості та зовнішнього вигляду виробів на тривалий період часу, захисту їх від негативного впливу навколишнього середовища і забезпечення естетичної привабливості. Більш того, застосування сучасних технологій і матеріалів у виробництві лакофарбової продукції допомагає зменшити негативне навантаження на навколишнє середовище і підвищити екологічну безпеку виробничого процесу.

Необхідність лакофарбової продукції в ремонті та реставрації різних виробів і конструкцій також є важливим фактором. Вона дозволяє відновити зовнішній вигляд та забезпечити захист поверхонь від подальшого пошкодження.

Зважаючи на вищезазначені фактори, лакофарбова продукція залишається актуальною та важливою в сучасному світі. Розвиток технологій і матеріалів сприяє покращенню якості та екологічності виробів, що має позитивний вплив на здоров'я людей та навколишнє середовище.

Отже, можна зробити висновок, що лакофарбова продукція відіграє значну роль у різних галузях промисловості та повсякденному житті людей, оскільки вона допомагає захистити та зберегти вироби, створити їх естетичний вигляд та відновити їх у разі потреби.

1. АНАЛІЗ ОБ'ЄКТА АВТОМАТИЗАЦІЇ

1.1. Різновиди фарб, їх переваги та застосування

Фарби є загальним терміном, що описує групу кольорових речовин, призначених для використання у різних сферах життя. За своїм хімічним складом, фарби можуть бути класифіковані на мінеральні (неорганічні солі або оксиди металів) та органічні (складні сполуки рослинного або тваринного походження). Обидва типи фарб можуть бути природними (отриманими з природних джерел) або штучними (синтезованими шляхом хімічних процесів).

Фарби найчастіше представляють собою суспензії пігментів або їх суміші з наповнювачами, зв'язуючими компонентами, такими як ляна олія, ПВА-емульсії, латекси або інші плівкоутворюючі речовини. Фарби можуть бути нанесені безпосередньо на поверхню матеріалу або на попередньо нанесений шар ґрунту (у випадку живопису).

Для кожного типу фарби розробляється власна технологія виробництва, оскільки кожен тип має свої особливості. Лакофарбові матеріали охоплюють широкий спектр засобів, які застосовуються для покриття різних предметів та отримання шару з певними властивостями. Це включає самі фарби з їх різноманітністю, а також емалі, лаки, ґрунтовки та шпаклівки з антисептиками.

Існує багато різних типів фарб, які можна використовувати для різноманітних застосувань. Ось деякі з найпоширеніших типів фарб:

1. Акрилові фарби: виготовляються на основі полімерів і швидко висихають. Вони відмінно підходять для робіт з картоном, деревом, металом, склом та іншими матеріалами.

2. Олійні фарби: складаються з масел та пігментів. Вони дуже стійкі, але повільно висихають. Часто використовуються для малярних робіт з полотном, деревом та іншими матеріалами.

3. Водорозчинні фарби: вони засновані на воді та містять розчинники. Їх можна використовувати для малярних робіт в будинку, на металевих та дерев'яних поверхнях.

4. Емалі: це стійкі до зносу фарби, які часто використовуються для малярних робіт на металевих та дерев'яних поверхнях.

5. Текстильні фарби: використовуються для розфарбовування тканин та одягу.

6. Пігменти: це частки кольорових матеріалів, які можна додавати до різних розчинників, щоб створити власні фарби.

У виробництві порошкова фарба здавна перевищила рідку фарбу за популярністю серед виробників. Крім чарівного декоративного ефекту, вона має низку властивостей, які додатково забезпечують захист виробів від негативних впливів. Разом із зростанням вартості розчинників для рідких лакофарбових матеріалів (ЛФМ), це призвело до швидкого розвитку порошкового покриття. Тому порошкові покриття сьогодні вважаються не лише екологічно чистими системами, а й матеріалами, які успішно конкурують з ЛФМ за хімічними та механічними властивостями, а також вартістю на основі рідких розчинників. Кожен рік на ринку порошкових фарб відбувається зростання та розвиток. Додатково вводяться нові захоплюючі кольори та текстури.

Перевагами даної фарби є:

1) Повна готовність до нанесення - не потрібна ніяка підготовка чи розчинення;

- 2) Можливість легко виправити дефекти нанесення;
- 3) Вартість фарбування нижча, ніж у рідких фарб;
- 4) Екологічність та стійкість до зовнішнього впливу.

Недоліками порошкової фарби є:

- 1) Можливість обробки тільки термостійкі поверхні або вироби, які витримують високі температури від 160С;
- 2) Необхідність у спеціальному обладнанні для нанесення фарби;
- 3) Виріб, який потрібно пофарбувати, повинен вміщатися в печі.

1.2. Технологія виготовлення лакофарбової продукції

Виготовлення фарби - це складний технологічний процес, який включає в себе кілька етапів. Розглянемо порядок виконання технологічного процесу виготовлення порошкової фарби:

1. Підготовка сировинних матеріалів: Пігменти, наповнювачі та інші компоненти, такі як спеціальні добавки, мікрорелефні добавки, адгезиви та інші, зберігаються окремо. Їх потрібно підготувати до змішування відповідно до рецептури.

2. Змішування: Сировинні матеріали змішуються відповідно до рецептури. Змішування може здійснюватися вручну, але зазвичай використовуються спеціальні змішувачі, щоб забезпечити рівномірне розподілення всіх компонентів.

3. Гомогенізація в термостатних шнекових змішувачах (екструдерах) з видавлюванням і нарізкою так званих «чіпсів». Температура суміші досягає 80-120 °С;

4. Сушіння: Отримана суміш піддається сушінню, щоб вилучити вологу та забезпечити стійкість фарби до змочування.

5. Розмелювання: Змішані компоненти розмелюються, щоб отримати однорідну суміш. Розмелювання можна здійснювати різними способами, наприклад, механічно або за допомогою спеціальних млинів.

6. Сорткування та упаковання: Отриманий порошок сортується за розміром та упаковується відповідно до вимог замовника.

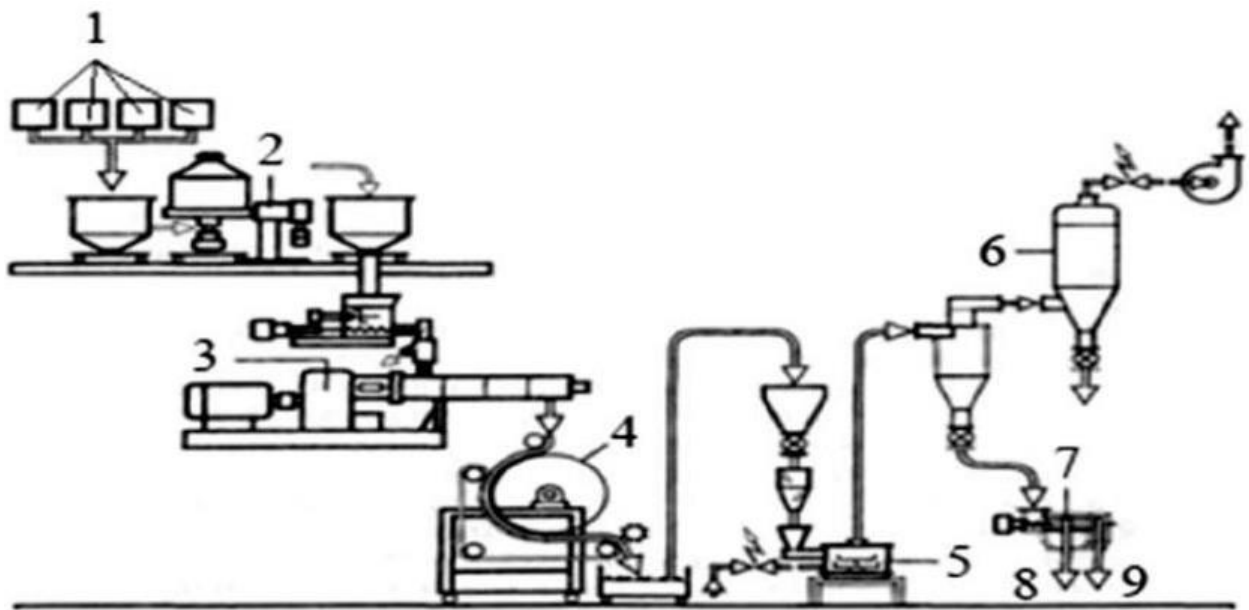


Рис.1.1. Загальна технологічна схема виробництва порошкових фарб

1 – бункери сировинних матеріалів (смола, пігменти, наповнювач та ін.), 2 – попередній змішувач, 3 – двухшнековий екструдер, 4 – барабани охолодження, 5 – молотковий млин, 6-пиловловлюючий фільтр, 7 – вібросито, 8 – вихід для порошку, виготовленого згідно специфікації, 9 – відсів (залишок).

Дозування

Дозування сировинних матеріалів виконується на ділянках складу 1, де всі складові компоненти дозуються відповідно до заданої рецептури та транспортується

до змішувального апарату роторного типу.

Змішування

Змішування виконується в міксері 2 за заданим режимом. Також для однорідності структури суміш подрібнюють. Для запобігання перегріву суміші на змішувальну головку міксера подається охолоджуюча вода.

Гомогенізація

Після цього, готову суміш (шихту) перевозять на ділянку 3 екструзії, де в екструдері, у безперервному режимі, відбувається підготовка розплаву фарби. Шихта поступово подається шнеком і проходить через зони нагріву з регульованою швидкістю, одночасно змішуючись шнеком екструдера до досягнення однорідного стану. Були проведені спроби використання іншого обладнання, але вони не дали очікуваних результатів.

Основна операція в екструдері - екструзія компонентів, яка відбувається при температурі 90-120 °C і в'язкості 103-105 Па·с протягом 50-160 секунд. Цей процес має чітко регульовану систему обігріву. Максимальна температура розплаву повинна бути на 30 °C нижче температури затвердіння порошкового матеріалу, а середній час перебування не повинен перевищувати часу, необхідного для гомогенізації. Використання цього методу виробництва порошкових матеріалів дозволяє поліпшити їх дисперсність, скоротити час змішування та зменшити ризик передчасного затвердіння порошку.

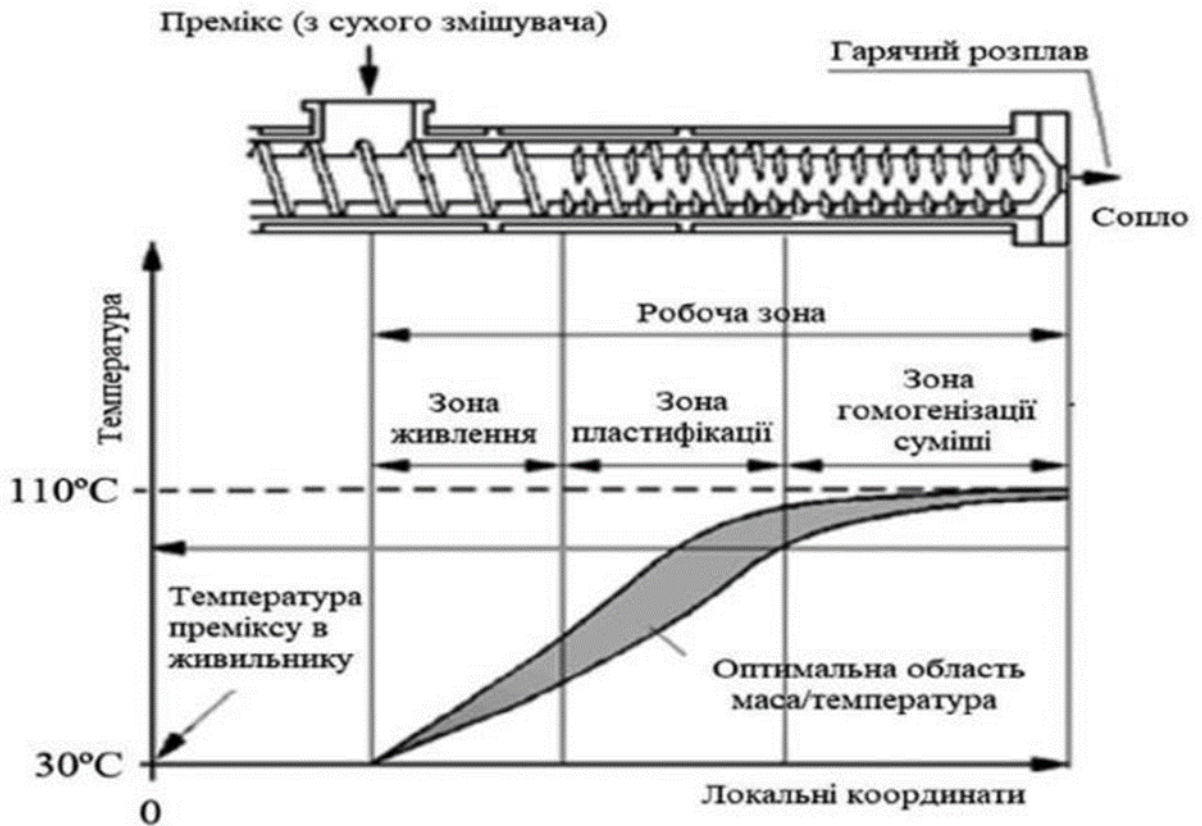


Рис. 1.2. Діаграма температур гомогенізації порошкового матеріалу в двухшнековому екструдері

Охолодження

Після гомогенізації компонентів, отриманий гарячий розплав виштовхується через розвантажувальний отвір екструдера і потрапляє на охолоджуючі циліндри 4, які забезпечують безперервне охолодження. Проходячи між двома циліндрами, розплав розтягується до форми тонкої стрічки товщиною 0,5-1,5 мм, поступово охолоджується і переходить у твердий стан.

Дробіння

Далі охолоджена стрічка через стрічковий транспортер подається на дробарку, де відбувається її подрібнення до стану лусочок (чіпсів) розміром 10x10 мм.

Прийняття остаточного розміру і виду порошкова фарба приймає в системі подрібнення. Оптимальний середній розмір частинок порошкової фарби після помелу зазвичай становить 30-50 мкм. При цьому 100 % виготовленої фарби повинна проходити через сито 100 мкм, більш 50 % через сито 45 мкм і крізь сито 10 мкм має йти не більше 10 %. Надлишковий помел не рекомендується. Тому в подрібненні використовуються ударні млини (молоткові, роторні і т.п.). Кульові та інші млини, що працюють за принципом роздавлювання і стирання не застосовуються.

Подрібнення чіпсів відбувається на установці, до складу якої входять:

- турбовентилятор;
- імпульсний млин-класифікатор;
- циклон з системою розвантажувальних шлюзів;
- система тонкого очищення

За допомогою турбовентилятора створюється регульований потік повітря, який використовується для переміщення чіпсів до млинкласифікатора, що працює на принципі ударно-відцентрового подрібнення. Розмелений продукт разом з потоком повітря направляється до циклону, а потім через систему розвантажувальних фільтрів і вібросито. У процесі роботи сита відсіюють великі фракції частинок, які повертаються для повторного подрібнення в млин, тоді як товарна фракція продукту направляється на фасування.

Повітря з циклону, яке містить порошковий пил, потрапляє в систему тонкого очищення. Ця система складається з декількох рукавних фільтрів, розташованих в одному корпусі. Під час проходження повітря через рукавні фільтри, порошковий пил осідає на їх поверхні, а очищене повітря викидається в атмосферу. Відокремлений пил накопичується в пиле-приймачі і збирається в поліетиленові мішки. Мішки замінюються по мірі наповнення. Накопичений пил використовується як наповнювач для наступних партій фарби, що забезпечує майже 100% утилізацію

відходів.

1.3. Вимоги до сировини

Виготовлення порошкової фарби включає безліч етапів та технологічних операцій. Давайте розглянемо всі деталі процесу виготовлення порошкової фарби.

Першим етапом є підготовка сировини. Для виготовлення порошкової фарби необхідно підготувати різні компоненти, такі як пігменти, наповнювачі, смоли, добавки та інші матеріали. Важливо правильно підібрати необхідний склад компонентів, визначити їх відсоткові співвідношення та фракційний склад.

Фарби класифікуються за хімічним складом, типом плівкоутворювача та призначенням покриття. На рис. 1.3. представлений приклад складу термореактивної порошкової фарби.

Ми розглянули перший етап виготовлення порошкової фарби, який включає підготовку сировини та класифікацію фарб за їх характеристиками.

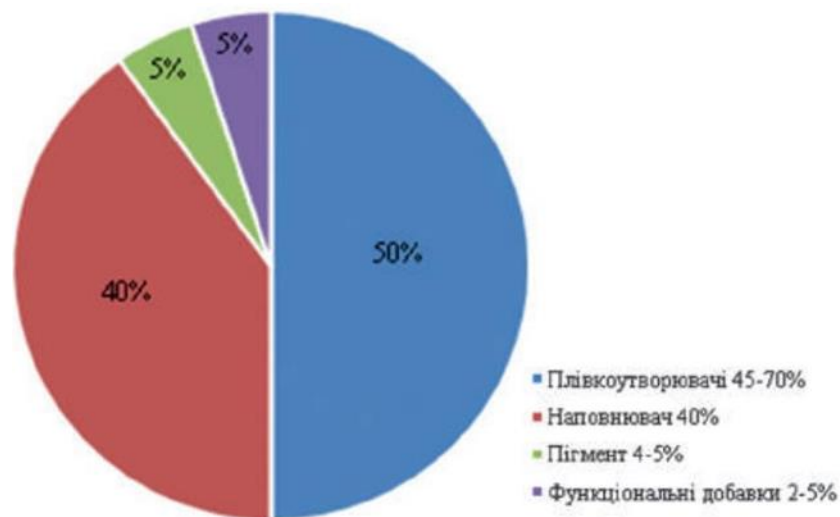


Рис. 1.3. Приклад складу термореактивної порошкової фарб

В порошкових покриттях використовуються термотвердіючі олігомери як **плівкоутворюючий компонент**. Ці олігомери можуть бути епоксидними,

поліуритановими, насиченими карбоксиловмісними поліефірними смолами або гібридними смолами з різною температурою склування, молекулярною масою та функціональними групами. У даній роботі використовуються поліефірні смоли як плівкоутворюючий компонент, оскільки вони допомагають отримати порошкове покриття з високими фізико-механічними та експлуатаційними властивостями.

Затверджувач у порошкових покриттях використовується для структурування смоли при певній температурі, але не реагує зі смолою при кімнатній температурі. Зазвичай в якості затверджувачів використовуються аміни, ангідриди та заблоковані ізоціанати. Деякі з популярних систем плівкоутворювачів і затверджувачів для порошкових фарб включають:

EP-SP (карбоксиловмісна поліефірна смола + епоксидна смола як затверджувач)

- SP-TGIC (карбоксиловмісна поліефірна смола + трігліцедилізоціанурат як затверджувач)
- SP-HAA (карбоксиловмісна поліефірна смола + гідроксіалкідаміди як затверджувач)
- ACPUR (гідроксиловмісна акрилова смола + ізоціанатний продукт як затверджувач)

У виробництві атмосферостійких порошкових покриттів протягом багатьох років успішно використовуються покриття, які містять вільні карбоксильні групи, зокрема поліефірні смоли у поєднанні з TGIC та HAA (системи SP-TGIC та SP-HAA).

Використання **наповнювача** в порошкових покриттях сприяє підвищенню різних фізико-механічних характеристик, таких як розплив, ударостійкість, міцність на згин, блиск, хімічна стійкість та покриваність. Кожен наповнювач має свої унікальні властивості, які надають порошковим покриттям їх характеристичні

особливості.

Для наповнювачів у порошкових покриттях встановлюються наступні вимоги:

- Високий рівень дисперсності: бажано, щоб частинки наповнювача були значно меншими за розмір зерен полімеру, з якого складається композиція.
- Термостійкість протягом процесу формування плівки за певної температури тривалості.
- Відносна інертність щодо полімеру: наповнювач не повинен суттєво збільшувати температуру плавлення та в'язкість розплавів.

У порошкових композиціях використовуються наповнювачі мінерального і органічного походження. Деякі з найбільш поширених наповнювачів для порошкових покриттів включають барит (BaSO_4), кальцит (CaCO_3), тальк $[\text{Mg}_3\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2]$, доломіт $[\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2]$ та мікрослюди $[\text{KAl}_2(\text{OH})_9\text{F}_2\text{AlSi}_3\text{O}_{10}]$.

При виборі пігментів для порошкових покриттів також важливо звернути належну увагу. Особливість полягає в тому, що у виробництві порошкових фарб, на відміну від рідких фарб, відсутні операції колорування і контролю диспергування пігментів. Хімічні методи диспергування (облік поверхневої активності плівкоутворювачів, використання диспергуючих агентів тощо) також є менш ефективними в цьому випадку. Тому для порошкових покриттів використовують неорганічні пігменти, які мають необхідну термостійкість при високих температурах затвердження. Проте, деякі з цих пігментів можуть зазнавати змін під дією високих температур, що може впливати на колір і морфологію частинок порошкової фарби.

Щоб запобігти цим небажаним явищам, часто поверхню пігментів в порошкових фарбах модифікують за допомогою неорганічних або органічних сполук. Це дозволяє поліпшити змочування пігменту плівкоутворювачем та забезпечити його стабільність під час процесу нагрівання та затвердження. Крім того, розмір часток

пігменту грає важливу роль. Дрібні пігменти можуть сильніше підвищувати в'язкість розплаву порівняно з великими частками. Розмір часток також впливає на блиск і хімічну стійкість порошкових покриттів. Важливою умовою є відповідність пігментів для порошкових фарб таким критеріям:

- Термічна стабільність при нагріванні під час процесу сушіння;
- Мінімальне збільшення в'язкості розплаву пігменту;
- Відсутність взаємодії з іншими компонентами фарби;
- Стійкість до зсувних сил, що виникають під час екструзії та помелу.

У якості неорганічних пігментів, що використовуються в порошкових фарбах, можна назвати такі: діоксид титану, оксид заліза, пігменти на основі хрому та свинцю, сажу тощо. Проте, за сучасних умов виробництва, європейське законодавство забороняє використання пігментів на основі хрому та свинцю у рецептурах порошкових фарб. Також варто зазначити, що температура затвердження порошкових покриттів зазвичай становить близько 200 °С, що вище, ніж для більшості рідких фарб. Тому для пігментації порошкових фарб використовуються неорганічні пігменти з підвищеною термостійкістю. Якщо неорганічні пігменти менш термостійкі та можуть розщеплюватись при високих температурах зі зміною кольору, їх поверхню можна модифікувати за допомогою неорганічних сполук. Наприклад, для жовтого оксиду заліза використовують фосфат алюмінію, що уповільнює процеси деструкції та конверсії, що може призвести лише до незначних змін кольору порошкових покриттів. Поверхнева модифікація неорганічних пігментів, крім підвищення термостійкості, також може впливати на ряд властивостей пігментів. Наприклад, для модифікації титанових пігментів часто використовують тріоксид алюмінію, діоксид кремнію та оксид цирконію. Це не тільки підвищує їх термостійкість, але й значно покращує світлостійкість та стійкість до впливу атмосферних факторів. Для поверхневої модифікації діоксиду титану органічними сполуками найчастіше використовують спирти, аліфатичні

аміноспирти та силоксанові масла. Ці сполуки впливають на диспергування пігменту, що призводить до кращого розподілу у відповідному середовищі, а також сприяють поліпшенню оптичних властивостей порошкових фарб, таких як покриваність, глянець, глибина кольору та розбілювальна здатність.

Для покращення якості порошкового покриття, у складі порошкових фарб використовуються **функціональні добавки**. Оскільки порошкові фарби не містять рідких розчинників, їх розплави мають високий поверхневий натяг, що може негативно впливати на якість покриття. Тому використовуються спеціальні добавки, які допомагають у досягненні бажаної консистенції та структури, а також зменшують утворення дефектів шляхом зменшення дегазації покриття.

Однією з таких добавок реологічної дії є агент ResiflowPV88, виробництва компанії Estronchemical. Цей агент використовується в кількості 1% від маси порошкових фарб і допомагає покращити реологічні властивості розплаву, забезпечуючи кращу розподільну здатність та стійкість.

Для зменшення дегазації покриття та запобігання утворенню дефектів використовується дегазатор, яким є бензоїн, також виробництва компанії Estronchemical. Цей дегазатор додається у кількості 0,6% від маси порошкових фарб і допомагає вивільняти та видалити гази, що можуть утворюватись під час процесу нагрівання та затвердження, забезпечуючи отримання якісного покриття.

Таким чином, використання функціональних добавок, таких як агент ResiflowPV88 та бензоїн, допомагає поліпшити якість порошкових покриттів, забезпечуючи кращу реологію розплаву та запобігаючи утворенню дефектів.

Відомі склади порошкових фарб

Рецептури порошкових поліефірних фарб кольору Ral 7040 були розроблені та випущені на сучасних технологічних лініях ТОВ «Лаковер».

Використано наступні склади порошкових фарб:

Склад №1:

- Плівкоутворювач (Crylcoat 2441-3T): 50-60 %
- Затверджувач TGIC: 4-5 %
- Наповнювач: 15-20 %
- Пігменти: 10-20 %
- Функціональні добавки: 1-2%

Склад №2:

- Плівкоутворювач (Crylcoat 2618-3): 60-65 %
- Затверджувач Primid XL 552: 3-4 %
- Наповнювач: 15-20 %
- Пігменти: 10-20 %
- Функціональні добавки: 1-2 %

1.4. Опис устаткування, що використовується на ділянці виготовлення порошкової фарби

Ділянка виготовлення порошкової фарби містить наступне устаткування:

1) Бункер сировинних матеріалів.

Це місце, де зберігаються пігменти, смола, наповнювач та інші компоненти необхідні для виготовлення фарби, а також дозуються в правильній кількості (рис. 1.4).



Рис.1.4. Дозуючий комплекс

2) Попередній змішувач

Змішування відбувається в міксері при заданій швидкості. Всі компоненти ретельно змішуються та перебиваються, утворюючи однорідну суміш (рис.1.5).



Рис. 1.5. Установка для змішування компонентів

3) Двухшнековий екструдер

Приготування розплаву суміші шляхом її нагріву та видавлювання при заданому режимі роботи (рис.1.6).



Рис. 1.6. Екструдер

4) Барабани охолодження

Після проходження процесу екструзії, гарячий розплав видавлюється з розвантажувального отвору і стікає на охолоджуючі циліндри безперервного охолодження. Проходячи крізь два циліндри суміш набуває форми стрічки (рис.1.7).



Рис. 1.7. Барабан-калібратор-охолоджувач

5) Молотковий млин

Подрібнення смужок на менші частинки. Тут обирають кінцевий розмір часточок фарби після помелу (рис.1.8).

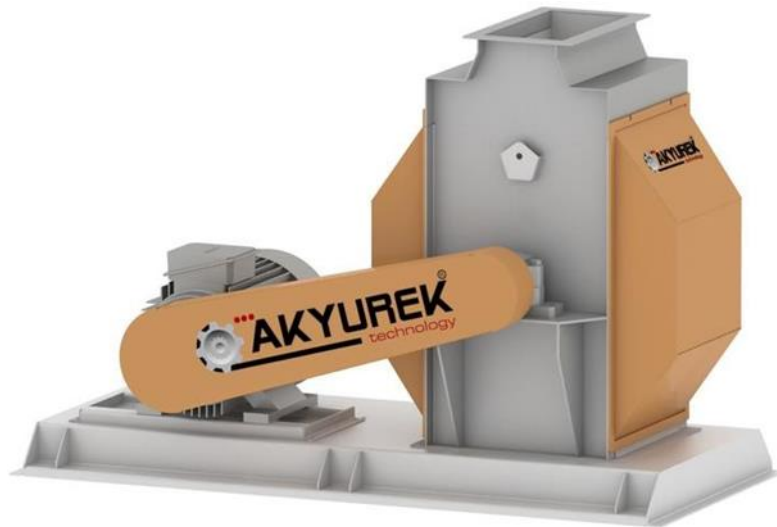


Рис. 1.8 Молотковий млин

6) Шнековий погрузчик

При завантаженні сировини в бункер використовують шнековий погрузчик.



Рис. 1.9. Шнековий погрузчик

1.5. АСУ ТП як основа автоматизації технологічних процесів

З проведеного аналізу технології виробництва видно, що процес виготовлення порошкових фарб вимагає великої кількості устаткування, розташованого на значній території. Керування таким процесом не може бути здійснене з одного локального контролера, оскільки воно потребує застосування інших підходів. У цьому випадку доцільно розподілити процес на окремі ділянки або зони, керування якими покладено на окремі контролери.

Однак використання окремих ізольованих локальних систем керування, заснованих на різних та часто несумісних апаратних рішеннях, не сприяє ефективному керуванню процесом через незгоду роботи окремих контролерів, і, отже, не дозволяє досягти максимального звільнення операторів від участі в процесі.

У таких умовах ефективним рішенням для автоматизації є побудова автоматизованих систем керування технологічними процесами (АСКТП), які забезпечують централізоване керування окремими вузлами - системами керування, контролерами, модулями тощо. Ці вузли, у свою чергу, керують локальними об'єктами - устаткуванням на відповідних етапах технологічного процесу.

Весь технологічний процес розбивається на окремі ділянки або зони відповідальності, кожною з яких керує окремий контролер. Ці контролери утворюють вузли системи, які зв'язані між собою за допомогою різних цифрових ліній зв'язку. Такий підхід дозволяє, по-перше, забезпечити узгоджену роботу окремих контролерів, а по-друге, забезпечити віддалене диспетчерське керування процесом.

Отже, побудова автоматизованих систем керування технологічними процесами (АСКТП), що реалізують централізоване керування окремими вузлами та віддалене диспетчерське керування, є ефективним підходом до автоматизації виробництва порошкових фарб.

Давайте розглянемо наявні підходи до створення, використання та функціонування автоматизованих систем управління (АСУ). На рис. 1.9 показано різновиди АСУ.

На сьогоднішній день автоматизовані системи управління (АСУ) широко використовуються у всіх галузях людської діяльності. Автоматизована система управління технологічним процесом (АСУТП) - це комплекс апаратних засобів та програмного забезпечення, які призначені для управління складними технологічними об'єктами. АСУТП забезпечує оптимальний рівень автоматизації збору, накопичення, переробки інформації про технологічний процес і формування керуючих впливів на виконавчі пристрої, що дозволяють працювати з технологічним об'єктом в оптимальному режимі. Розвиток інформаційних технологій призвів до появи нових прогресивних методів, засобів та технологій обробки та передавання інформації.

Зазвичай, під АСУТП розуміється комплексне рішення, що забезпечує автоматизацію основних операцій технологічного процесу на виробництві в цілому або на певній його ділянці. Термін "автоматизований", на відміну від "автоматичний", підкреслює необхідність участі людини в окремих операціях з метою збереження контролю над процесом, а також у зв'язку зі складністю або недоцільністю повної автоматизації окремих операцій.

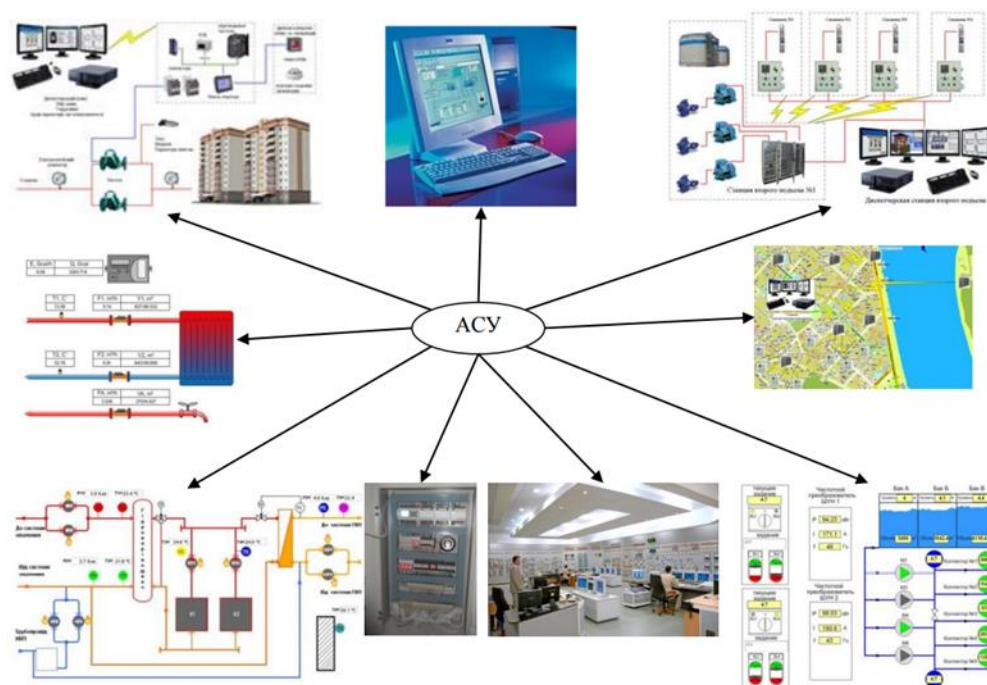


Рис. 1.9. Різновиди АСУ

АСУ ТП складається з різних компонентів, таких як системи автоматичного управління (САУ), автоматизовані пристрої та їх інтеграція в єдиний комплекс. Це можуть бути системи диспетчерського управління та збору даних (SCADA), розподілені системи управління (DCS), а також інші менші системи управління, наприклад, системи на програмованих логічних контролерах (PLC). Зазвичай, АСУ ТП має єдину систему операторського управління технологічним процесом, яка може складатися з одного або кількох пультів управління. Вона також включає засоби обробки та архівування інформації про хід процесу та типові елементи автоматики, такі як датчики, пристрої управління та виконавчі пристрої. Для забезпечення інформаційного зв'язку між всіма підсистемами використовуються промислові мережі.

1.5.1. Види АСУ ТП

Існує широкий спектр АСУ, які відрізняються за їх функціональним призначенням, розміщенням елементів, реакцією на обробку інформації, швидкістю вироблення рішень та технічними характеристиками. Ця різноманітність вимагає класифікації АСУ, яка дозволяє систематизувати їх для більш методологічного підходу до проектування АС. Класифікація допомагає вибрати відповідні технічні засоби, враховуючи клас, до якого належить АС. Класифікація АСУ може бути різноманітною і проводитися за різними ознаками, що є умовною. На рис. 1.10 наведені приклади різних класифікацій АСУ за різними ознаками.

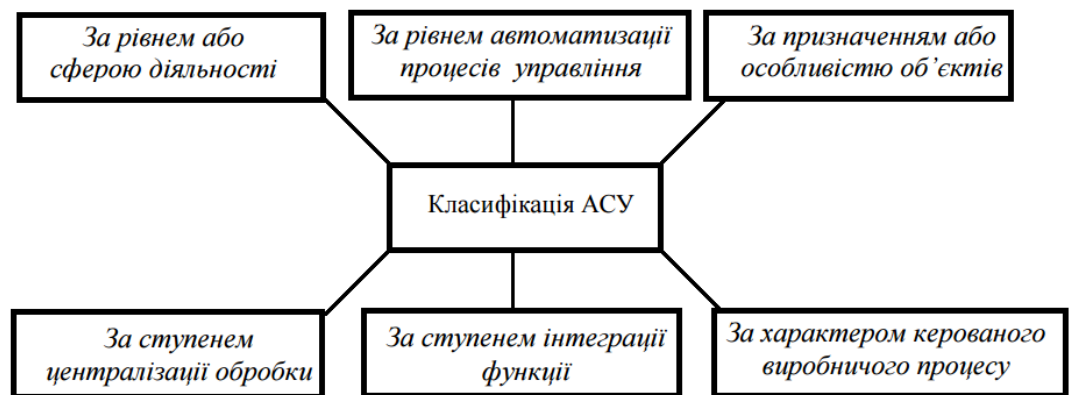


Рис.1.10. Класифікації АСУ за різними ознаками

1. За рівнем або сферою діяльності: державні, територіальні (регіональні), галузеві, підприємств або організацій, технологічних процесів.
2. За рівнем автоматизації процесів управління: інформаційно-пошукові, інформаційно-керівні, інформаційно-довідкові, СППР, інтелектуальні, експериментальні тощо.
3. За призначенням або особливістю об'єктів управління: адміністративні, виробничо-технічні, соціальні, транспортні тощо.

4. За ступенем централізації обробки інформації: централізовані, децентралізовані, колективного використання.

5. За характером керованого виробничого процесу: для виробництва з дискретним процесом (машинобудування, приладобудування); з неперервним процесом (хімічна, нафтопереробна і газова промисловість); з неперервно-дискретним процесом (металургійна, цементна, харчова промисловість).

6. За ступенем інтеграції функцій: багаторівневі з інтеграцією за рівнями планування, багаторівневі з інтеграцією за рівнями управління; комплексні (інтеграція з відмінними задачами).

1.5.2. Аналіз загальних підходів до структури розподіленої АСУ ТП

Розглянемо різні підходи до створення розподіленої системи керування технологічним процесом. Розподілена система управління (РСУ) представляє собою комплекс технічних і програмних рішень, який має децентралізовану обробку даних та використовує розподілені системи введення і виводу інформації.

РСУ складається з наступних рівнів:

Нижній рівень системи:

На цьому рівні розташовані апаратні засоби, які перетворюють фізичні величини на електричні сигнали. Він включає датчики, перетворювачі, мультиплексори, програмовані контролери, джерела живлення та інше необхідне обладнання. Також на цьому рівні знаходяться елементи керування технологічними процесами.

Середній рівень системи:

Цей рівень включає мікропроцесорні пристрої, які знаходяться на нижньому рівні. Завдання середнього рівня полягає у зборі даних з нижнього рівня, керуванні його роботою та зберіганні даних у енергонезалежній пам'яті для передачі на вищий

рівень системи. Передача даних з нижнього рівня на вищий відбувається за допомогою підтримуваних каналів зв'язку, таких як RS232, телефонна лінія з використанням модему, радіозв'язок, виділена телефонна лінія або локальна мережа. Якщо необхідно, на нижньому рівні можна відображати хід процесу збору даних та результати їх обробки на екрані монітора ПК. Крім того, на цьому рівні надається інформація про стан каналів зв'язку та дискового накопичувача, використовуваного для збереження даних.

Верхній рівень системи

Верхній рівень системи утворений поруч автоматизованих робочих місць, що об'єднані в локальну обчислювальну мережу. До задач верхнього рівня відносяться:

- одержання від нижнього рівня системи облікового даного і даного телеспостереження по наявних каналах зв'язку;
- одержання дані телеспостереження від інших локальних систем обліку відповідно до обговорених протоколів надання даних;
- вторинна обробка отриманих даних відповідно до заданого користувачем алгоритмами;
- ведення бази облікових даних і формування елементів захисту даних комерційного обліку;
- ведення вторинної бази даних для користувачів адміністративного рівня системи;
- формування і відправлення дані телеспостереження на адресу інших систем обліку відповідно до обговорених протоколів надання даних;
- надання користувачам системи дані телеспостереження;
- надання дані телеспостереження користувачам вилучених станцій спостереження;
- формування і підготовка команд керування, їхнє відправлення
- відповідному адресату нижнього рівня з наступним контролем виконання;

- ведення протоколів функціонування системи;
- проведення розрахунків з метою формування документів комерційного і технічного обліку;
- підтримка проведення робіт з перевірки системи, опису вимірювальних каналів системи, опису параметрів системи, у тому числі алгоритмів обробки даних, аналізу роботи каналів зв'язку, їхньої конфігурації і перепризначенню, забезпеченню вірогідності даних, їхньому відновленню, обслуговуванню баз даних;
- формування різних документів, що стосується описи системи, її вимірювальних каналів і параметрів.

Адміністративний рівень системи

Адміністративний рівень системи може включати локальну обчислювальну мережу підприємства, яка функціонує як частина цієї системи. Присутність такого рівня системи не є обов'язковою і залежить від наявної інфраструктури підприємства. Робочі станції в цій мережі можуть забезпечувати наступні можливості:

- Спостереження за станом об'єктів, які обслуговує система.
- Отримання інформації про стан устаткування системи.
- Розрахунок інтегральних характеристик роботи об'єктів, які обслуговує система.

Якщо на адміністративному рівні системи присутній комунікаційний або серверний обладнання, можливе використання мережевого обміну даними для телеспостереження та обліку. Цей обмін даними може здійснюватися у вигляді текстових файлів або за допомогою взаємопогоджуваних протоколів передачі даних.

1.5.3. Опис структури ієрархічної розподіленої АСУ ТП

Давайте розглянемо сучасні підходи до структури ієрархічних систем автоматизованого управління технологічними процесами (АСУ ТП). В таких системах використовуються розподілені АСУ, які ґрунтуються на принципах телемеханічних комплексів. В результаті будуються багаторівневі розподілені системи з ієрархічною (деревоподібною) структурою. Загальну структуру такої багаторівневої ієрархічної розподіленої АСУ ТП можна побачити на рис. 1.11.

У цій структурі використовуються два типи вузлів: "пункти управління" (ПУ) та "контрольовані пункти" (КП). Верхній рівень АСУ складається з пункту управління та автоматизованого робочого місця оператора (а при необхідності - диспетчерського щита). Нижні рівні представлені мережею контрольованих пунктів, які виконують функції передачі даних між вузлами (ретрансляція) та/або взаємодію з об'єктами керування.

Таким чином, в сучасній ієрархічній АСУ можна виділити 3 рівні:

1. На верхньому рівні, який називається рівнем керування, відбувається загальне керування технологічними процесами. Це включає визначення рецептів, керування етапами процесів, активацію або деактивацію ділянок або одиниць обладнання цеху, встановлення заданих значень керованих параметрів і т. д. Для цього формуються інформаційні пакети, які надсилаються до підлеглих вузлів, а також отримуються відповідні пакети-відповіді.

На рівні керуючої електронно-обчислювальної машини (ЕОМ) також виконуються завдання виведення алфавітно-цифрової та графічної інформації про стан об'єктів, архівація даних та інша обробка інформації. Зазвичай, у існуючих телемеханічних системах функції керування виконуються лише на верхньому рівні, до якого зводиться інформація про поточний стан об'єктів. Відповідно до цього, на верхній рівень надсилаються повідомлення про зміну стану виконавчих механізмів.

Для підвищення ефективності роботи АСУ і забезпечення більш оперативного реагування на зміни стану об'єктів, доцільно перенести деякі функції керування з

верхнього рівня на місцеві контролери. Це означає, що на місцеві контролери будуть надсилатися повідомлення про задані значення та отримуватися з них інформація про об'єкти, але лише з метою надання довідкової інформації оператору. Таке перерозподілення функцій дозволить покращити ефективність роботи АСУ, зменшити затримки та підвищити швидкість реагування на зміни стану системи.

2. Рівень передачі інформаційних посилок. На цьому рівні забезпечується передача інформаційних пакетів від вузлів верхніх рівнів до вузлів нижчих рівнів і навпаки. Ця передача може відбуватися широкосповіщувальним (широкомовним) способом, де всі підлеглі вузли отримують розмножену інформацію з верхнього вузла, поки пакет не досягне призначеного вузла.

Рівень взаємодії з об'єктами. На цьому рівні здійснюється видача керуючих впливів безпосередньо на виконавчі механізми об'єктів керування, а також збір (зняття) інформації з датчиків та вимірювальних систем. Крім того, на цьому рівні можлива інтеграція локальних систем автоматизації та контролю (САК) за допомогою інтерфейсів інформаційної взаємодії, наприклад RS-232, в централізовану АСУ.

У сучасних підходах до структури вузлів (ПУ та КП) використовується набір уніфікованих функціональних блоків або модулів. Кожен КП (і також ПУ) має модульну структуру, в якій функціональні модулі з'єднані внутрішньою шиною даних. Функціональність вузла залежить від комбінації необхідних функціональних модулів, яка визначається призначенням вузла.

Модулі використовуються в необхідній кількості для реалізації потрібної кількості каналів введення або виведення даних (каналів керування). В проміжних вузлах ретрансляції даних, які виконують роль ПУ та КП, використовуються відповідні модулі зв'язку. КП, які безпосередньо взаємодіють з технічними об'єктами, використовують модулі взаємодії з об'єктами, які можуть включати в себе введення/виведення аналогової та/або дискретної інформації, спряження з

пристроями за допомогою спеціальних інтерфейсів, датчиків тощо, а також один або кілька модулів зв'язку.

Таким чином, кожен КП може виконувати лише завдання передачі інформації до/від підлеглих вузлів (ретрансляція даних), лише завдання керування об'єктами або поєднувати обидва види завдань.

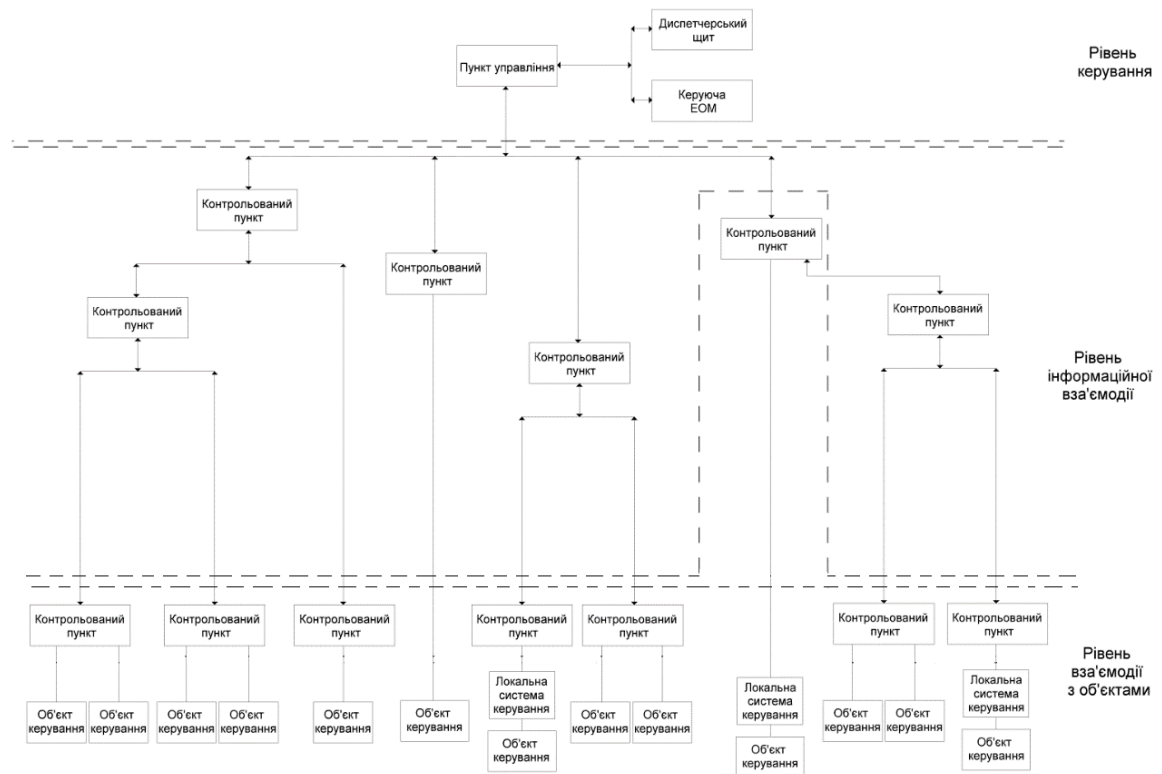


Рис. 1.11. Загальну структура розподіленої АСУ ТП

Контрольний пункт (КП), який є частиною системи АСУ, є модульним комплексом програмно-технічних засобів, призначених для роботи з технологічними об'єктами, вимірювальними вузлами та іншими об'єктами автоматизації. Використання модульного підходу при побудові КП дозволяє створювати системи керування об'єктами, які відповідають поставленим завданням. Це підвищує ефективність керування, оскільки для кожного технологічного об'єкта можна індивідуально вибрати функціонал відповідного КП, встановивши відповідні

функціональні модулі. Загальна модульна структура розподіленої АСУ показана на рис. 1.12.

Модульність кожного вузла досягається за допомогою шинної організації. Поширеними шинами даних можуть бути шини I2C або SPI та інші. Шинна організація вузлів спрощує збільшення їх кількості та додавання нових вузлів АСУ шляхом розширення кількості модулів зв'язку у вузлі, до якого потрібно підключити нові вузли. Таким чином, модифікація такої АСУ (додавання вузлів), що має модульну організацію вузлів, є простою і виконується на місці розташування найближчого вузла шляхом зміни кількості його модулів зв'язку.

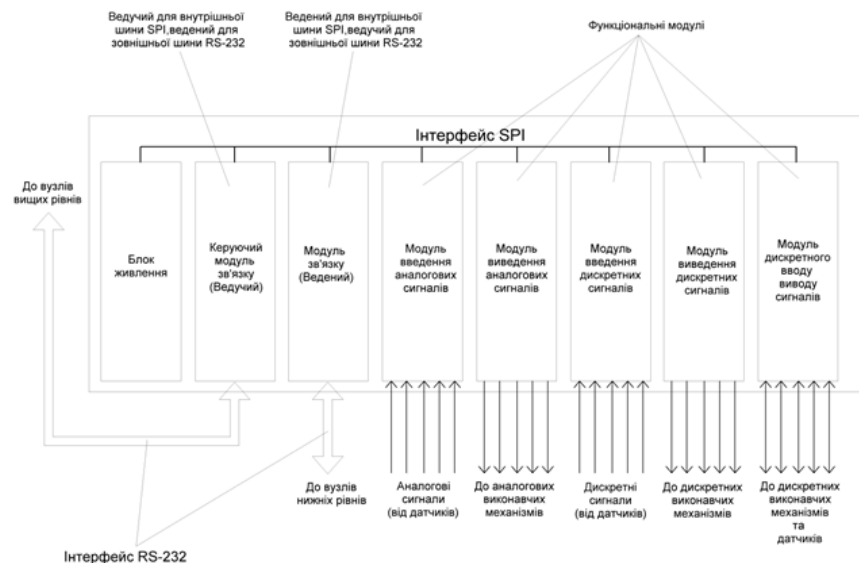


Рис. 1.12. Модульна структура вузла розподіленої АСУ

Контрольовані пункти можуть взаємодіяти між собою шляхом використання шини (дротового або безпроводового зв'язку) або за допомогою виділених ліній зв'язку. На рис. 1.13 показано додатковий спосіб обміну даними між вузлами АСУ, де окремий порт виділяється для зв'язку з іншим вузлом. Це забезпечує більшу швидкість передачі даних між вузлами нижчого рівня.

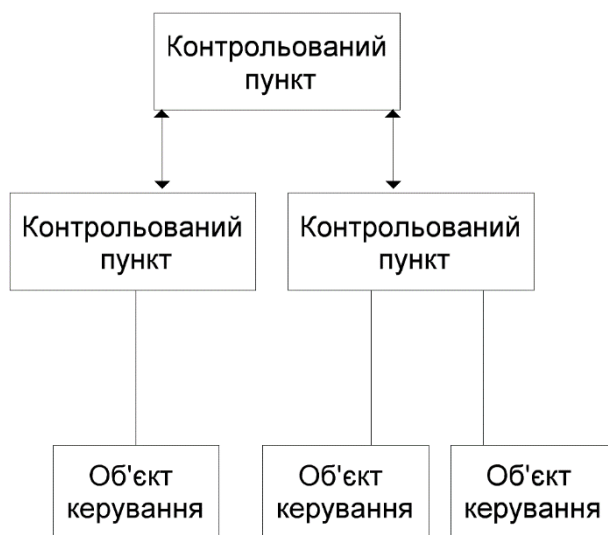


Рис. 1.13. З'єднання головного вузла із вузлами нижчих рівнів

Наприклад, одним з розповсюджених методів для реалізації виділених провідних ліній зв'язку є використання інтерфейсу RS-232. В цьому випадку кожен підлеглий вузол, що знаходиться на нижчому рівні ієрархії, підключається до вузла на вищому рівні за принципом "точка до точки". Тому верхній вузол потребує окремих портів для кожного підключеного вузла на нижньому рівні. Якщо використовується модуль зв'язку з одним портом, це означає, що потрібно встановити відповідну кількість модулів зв'язку, яка залежить від кількості підключених підлеглих контрольованих пунктів.

1.6. Мета, задачі, наукова новизна та практична цінність роботи

Аналізуючи описану вище технологічну схему виготовлення порошкової фарби, можна зробити висновок, що значна частина задач хоч і є механізована, але все ж таки потребує уваги оператора, а саме при зважуванні компонентів та їх дозуванні, а також транспортування преміксу до екструдера. Все це потребує безпосередньої участі операторів та характеризується низькою точністю процесів. Автоматизація дозволяє виготовляти порошкові фарби швидше і ефективніше. Роботизовані

системи можуть працювати без перерви, виконуючи задачі з високою швидкістю і точністю. Це дозволяє збільшити загальну продуктивність виробництва, а також можуть знизити витрати на виробництво порошкової фарби, ефективно використовувати сировинні матеріали, уникнути втрати через помилки операторів та зменшити кількість відходів, при цьому можна досягти високої якості продукції, забезпечити однакове дозування компонентів, точність змішування та гомогенізацію. Це допомагає уникнути варіацій і дефектів, забезпечуючи стабільну якість фінальної продукції. Тому задача автоматизації виготовлення порошкової фарби є актуальною, особливо на початкових етапах.

В даній дипломній роботі в якості об'єкту автоматизації обрано ділянки виготовлення розплавленої суміші, який виготовляється шляхом дозування, розмелювання та змішування складових компонентів, а також дисперегування цієї суміші. Для реалізації автоматичного дозування та змішування компонентів необхідно реалізувати за допомоги засобів автоматизації задач вимірювання та керування кількістю складових компонентів, встановивши датчики витрат для сухих сумішей.

Як видно з технологічної схеми, на етапі виготовлення розплавленої суміші можна виділити сім окремих складових (ділянок):

1) Заповнення бункерів відповідними складовими для виготовлення порошкової фарби. Реалізувати ввімкнення шнекового погрузчика при досягненні нижнього рівня сировини в бункері.

2) дозування (відмірювання кількості) наповнювача, пігмента, плівкоутворювача та добавок. Дані компоненти постачаються в мішках які засипаються в бункери 1, 2, 3 та 4. Для автоматизації процесу передбачається почергове пересипання речовин з бункеру в мірну ємність, звідки дані речовини будуть надходити в міксер. Таким чином на даній ділянці необхідно реалізувати керування кількістю насипання всіх компонентів до загальної мірної ємності Q5.

3) змішування (пересипання) дозованої суміші в міксер 7. Всі компоненти ретельно змішується та розмелюються до однорідної структури. При цьому необхідно додати певну кількість води насосом N1 в ємність для змішування. Таким чином на даній ділянці необхідно:

- реалізувати керування процесом пересипання компонентів із мірної ємності Q5 до міксера;
- реалізувати включення водонасосу та подачу необхідної кількості рідини в змішувальну ємність.
- реалізувати роботу самого міксера шляхом ввімкнення/вимкнення двигуна міксера.

5) переливання змішаної суміші з міксера до екструдера 10. Таким чином необхідно керувати ввімкнення/вимкненням насосу N2 для початку процесу диспергування.

6) екструзія (гомогенізація) суміші. Таким чином необхідно керувати двигуном двохшнекового екструдера так, щоб забезпечувалось утворення однорідної розплавленої суміші на виході та підтримка температури $t_{\text{зад}}$ у визначеному діапазоні.

7) Охолодження розплавленої суміші на барабані, тим самим надаючи їй плоску форму і подальшу погрузку в механічний млин для подріблення фарби на пластівці, забезпечуючи потрібно градацію обертами двигуна млина.

Для здійснення автоматизованого дозування (відміряння кількості) та подачі компонентів існуючу технологічну схему необхідно доповнити запірною апаратурою та насосами для перекачування речовин, а також необхідними датчиками (витратомірами та термопарою) для вимірювання поточних значень параметрів.

Представляється доцільним застосувати підхід для керування устаткуванням технологічного процесу виготовлення порошкової фарби. Таким чином, для

керування ділянкою виготовлення розплавленої суміші доцільною є розробка мікропроцесорного контролера (функціонального модуля для вузлів телемеханічної системи), який дозволяє локально керувати процесом дозування, змішування та екстругування компонентів.

Виходячи із усього розглянутого вище, загальний технологічний процес виготовлення порошкової фарби реалізується за допомогою великої кількості устаткування, розподіленого по значній території. В таких умовах керування технологічним процесом неможливе із одного локального контролера, тому необхідно використати інші підходи, а саме розподілу процесу (лінії) на окремі ділянки (зони), за керування якими відповідають окремі контролери. При використанні окремих ізольованих локальних систем керування, що базуються на різних, часто несумісних апаратних рішеннях, виникають дві основні проблеми: неефективне керування процесом через неузгодженість роботи окремих контролерів та неможливість максимально звільнити операторів від участі в процесі. У таких умовах ефективним підходом до автоматизації є створення автоматизованих систем керування технологічними процесами (АСКТП), які забезпечують централізоване керування вузлами системи, зокрема контролерами та модулями, що, у свою чергу, керують локальними об'єктами та устаткуванням на різних етапах технологічного процесу. Ідея застосування та побудови АСКТП полягає в наступному: весь технологічний процес розподіляється на окремі ділянки або зони відповідальності, які контролюють окремі контролери, що входять до вузлів системи та з'єднані між собою цифровими лініями зв'язку. Це дозволяє, по-перше, забезпечити узгоджену роботу окремих контролерів, а по-друге, реалізувати віддалене диспетчерське керування.

АСКТП розподіленими об'єктами мають також розподілену структуру відповідно до структури керованого об'єкта та забезпечують централізоване диспетчерське керування з робочого місця оператора.

При цьому розподілені АСКТП можуть реалізовуватися на основі різних

архітектурних підходів:

1) промислової автоматики блочно-модульного типу – програмованих логічних контролерів (ПЛК), в тому числі модульного типу, панелей візуалізації та спеціальних модулів (двигунів, клапанів, зважувальних систем тощо), зв'язаних промисловими мережами різних видів;

2) керуючих ЕОМ (робочих станцій оператора), зв'язаних промисловими мережами та інтерфейсами з об'єктами за допомогою стандартизованих моноблочних модулів-перетворювачів сигналів та інтерфейсів;

3) телемеханічних систем та комплексів.

Отже, одним із сучасних підходів до побудови розподілених АСУТП є їх впровадження як телемеханічних комплексів. Такі розподілені АСУ виконують завдання диспетчеризації, керування віддаленими об'єктами, а також збору і передачі інформації з/до віддалених об'єктів. У цьому випадку, АСУ будуються як багаторівневі системи з ієрархічною структурою. Ключовими вузлами є "пункти управління" (ПУ) та "контрольовані пункти" (КП). Верхній рівень АСУ складається з пункту управління та автоматизованого робочого місця оператора – керуючої ЕОМ, а при необхідності й диспетчерського щита. Нижні рівні утворені мережею контрольованих пунктів, що здійснюють передачу даних між вузлами та/або взаємодіють з об'єктами керування.

Таким чином, в сучасній ієрархічній АСУ можна виділити 3 рівні:

1) Рівень керування (верхній). На цьому рівні здійснюється загальне керування технологічними процесами, включаючи визначення рецептів, управління стадіями процесів, активацію/деактивацію різних ділянок або одиниць обладнання цеху, встановлення заданих значень контрольованих параметрів тощо. Це досягається шляхом формування інформаційних повідомлень, їх відправки до підлеглих вузлів і отримання зворотних повідомлень від них. Крім того, на рівні керуючої ЕОМ виконуються завдання виведення текстової та графічної інформації про стан об'єктів, архівування даних та інша обробка інформації.

2) Рівень реалізації інформаційної взаємодії. На цьому рівні забезпечується передачі інформаційних посилок (пакетів) від вузлів верхніх рівнів до вузлів нижчих рівнів та у зворотному напрямку.

3) Рівень взаємодії з об'єктами. На цьому рівні відбувається видача керуючих впливів безпосередньо на виконавчі механізми об'єктів керування, а також збір (зняття) інформації з датчиків та вимірювальних систем.

Зазвичай у сучасних телемеханічних системах функції керування виконуються тільки на верхньому рівні (в керуючій ЕОМ), куди надходить інформація від об'єктів про їх поточний стан. У відповідь з верхнього рівня надсилаються команди для зміни стану виконавчих механізмів. Цей принцип ефективний, коли керуючі дії з верхнього рівня на нижній передаються рідко, наприклад, при дистанційному керуванні дискретними об'єктами (ввімкнення/вимкнення вимикачів на електропідстанціях, насосів, світла, перемикання колій на залізничному транспорті тощо). Однак, при керуванні технологічними процесами, де необхідно регулювати неперервні параметри (порівнюючи задані та поточні значення параметрів), цей підхід створює значні проблеми. Регулювання параметрами віддалених об'єктів вимагає інтенсивного обміну даними між нижніми рівнями та верхнім, що призводить до значного збільшення інерційності реакції системи (затримок у формуванні керуючих впливів) на зміну стану об'єкта, оскільки цикл обміну даними з керуючою ЕОМ може займати значний час.

Підвищення ефективності роботи АСУ (оперативність реагування на зміни стану об'єктів) можна досягти шляхом перенесення частини функцій керування з верхнього рівня на місцеві контролери. Вони отримують команди із заданими значеннями і надають інформацію про об'єкти лише для довідкових цілей оператора. Функції регулювання (забезпечення необхідних значень параметрів) повинні повністю виконувати місцеві контролери, які можуть бути реалізовані як функціональні модулі вузлів АСУ. Це дозволить легко створювати та модифікувати АСУ для різноманітних розподілених промислових об'єктів.

Сучасний підхід до побудови вузлів (ПУ та КП) полягає у використанні уніфікованих функціональних блоків або модулів. Це означає, що кожен КП та ПУ мають модульну структуру, сформовану функціональними модулями, з'єднаними внутрішньою шиною даних. Функціональність вузла досягається шляхом комбінації потрібних типів модулів, що визначається їх призначенням. Кількість модулів залежить від необхідної кількості каналів введення або виведення даних (каналів керування). У ПУ та КП, що виконують роль проміжних вузлів ретрансляції даних, використовуються відповідні модулі зв'язку. У КП, які безпосередньо взаємодіють з технічними об'єктами, застосовуються модулі взаємодії з об'єктами (введення/виведення аналогової та/або дискретної інформації, спряження зі спеціальними інтерфейсами з пристроями, датчиками тощо) та один або кілька модулів зв'язку. Таким чином, будь-який КП може виконувати завдання передачі інформації до/з підлеглих вузлів (ретрансляції даних) або завдання керування об'єктами, або поєднувати обидві функції. Як поширені шини даних можуть використовуватися I2C або SPI тощо.

Представляється доцільним застосувати викладений вище підхід зокрема для керування устаткуванням технологічного процесу виготовлення лакофарбової продукції. Таким чином, для керування ділянкою виготовлення порошкової фарби є доцільним розробка мікропроцесорного контролера (функціонального модуля для вузлів телемеханічної системи), який дозволяє локально керувати процесом дозування, змішування компонентів та гомогенізації сировини, а з іншої сторони – інтегруватися як один з модулів в контрольованих пунктах за допомогою інтерфейсу SPI.

Отже, **метою** даної роботи є автоматизація технологічного процесу виготовлення порошкової фарби на етапі приготування суміші шляхом розробки мікропроцесорного контролеру (автоматизованої системи керування), що реалізує задачі локального керування – автоматизованого дозування, подачі компонентів, їх перемішування із додаванням необхідної кількості води впродовж визначеного часу,

подачу суміші до екструдера та сам процес гомогенізації і чітко визначеною температурою вихідної суміші, а з іншої сторони – має можливості інтеграції з іншими контролерами інших ділянок технологічного процесу в єдиній системі керування.

Для досягнення заданої мети необхідно реалізувати наступні **задачі**:

1. Проаналізувати технологію виробництва порошкової фарби та визначити об'єкт автоматизації.
2. Проаналізувати склад обладнання, необхідне для виробничого процесу.
3. Обрати підхід для реалізації задачі автоматизації технологічного процесу із великою кількістю устаткування, розподіленого на території.
4. Проаналізувати відомі принципи побудови розподілених АСУТП та зокрема телемеханічних систем та комплексів.
5. Визначити підхід до будови модульної АСУТП виготовлення лакофарбової продукції.
6. Визначити керовані параметри в об'єкті автоматизації, при необхідності доповнивши технологічну схему необхідним обладнанням. Розробити функціональну схему автоматизації обраною ділянкою.
7. Обрати елементи автоматики – датчики, виконавчі механізми тощо.
8. Розробити структурну схему мікропроцесорного контролера (модуля керування).
9. Розробити інтерфейс оператора для локального керування об'єктом.
10. Обрати елементну базу мікропроцесорного контролера, розробити схему електричну принципову контролера.
11. Розробити алгоритмічне забезпечення роботи мікроконтролера.
12. Визначити напрямки подальших досліджень.

Об'єктом дослідження є: процес виготовлення порошкової фарби.

Предметом дослідження: автоматизація процесу виготовлення порошкової фарби шляхом побудови розподілених АСКТП, що мають архітектуру модульних ТМС.

Наукова новизна полягає в тому, що *набув подальшого розвитку* (зокрема для задачі автоматизації технологічного процесу виготовлення порошкової фарби) новий підхід до побудови розподілених АСКТП у вигляді модульних ТМС, в яких функції оперативного регулювання об'єктом перенесено з верхнього рівня на нижні рівні керування до місцевих контролерів (функціональних модулів ТМС), що забезпечує збільшення ефективності роботи АСКТП (зменшення інерційності у формуванні керуючих впливів та збільшення оперативності реагування на зміни стану об'єкта). При цьому зберігаються переваги модульної структури та централізованого диспетчерського керування розподіленими системами автоматизації технологічних процесів.

Практична цінність цієї роботи полягає в розробці технічного та алгоритмічного забезпечення мікропроцесорного контролера для ділянки виготовлення розплавленої суміші та технологічного процесу виготовлення порошкової фарби. Цей контролер реалізований у вигляді функціонального модуля телемеханічної системи, використовуючи новий підхід до побудови розподілених систем автоматизованого керування технологічними процесами. В цьому підході функції оперативного регулювання фазовими координатами об'єкту перенесені з верхнього рівня керування на нижчі рівні, до місцевих контролерів, що сприяє підвищенню ефективності роботи системи автоматизації технологічного процесу.

2. РОЗРОБКА ФУНКЦІОНАЛЬНОЇ СХЕМИ ВИГОТОВЛЕННЯ РОЗПЛАВЛЕНОЇ СУМІШІ

2.1. Вдосконалення існуючої схеми технологічного процесу

В даній дипломній роботі в якості об'єкту автоматизації обрано ділянку виготовлення порошкової фарби, який готується шляхом дозування, змішування, гомогенізації складових компонентів, охолодження сировина придаючи їй плоску форму та подрібнення її на дрібні пластівці. Детальне представлення технологічної схеми даної ділянки наведено на рис. 2.1. Зокрема для здійснення автоматизованого дозування (відмірювання кількості) та подачі компонентів дана схема доповнена ємностями запасу компонентів, з яких є можливою автоматизована подача речовин шнеками, а також необхідною запірною апаратурою та насосами для перекачування речовин.

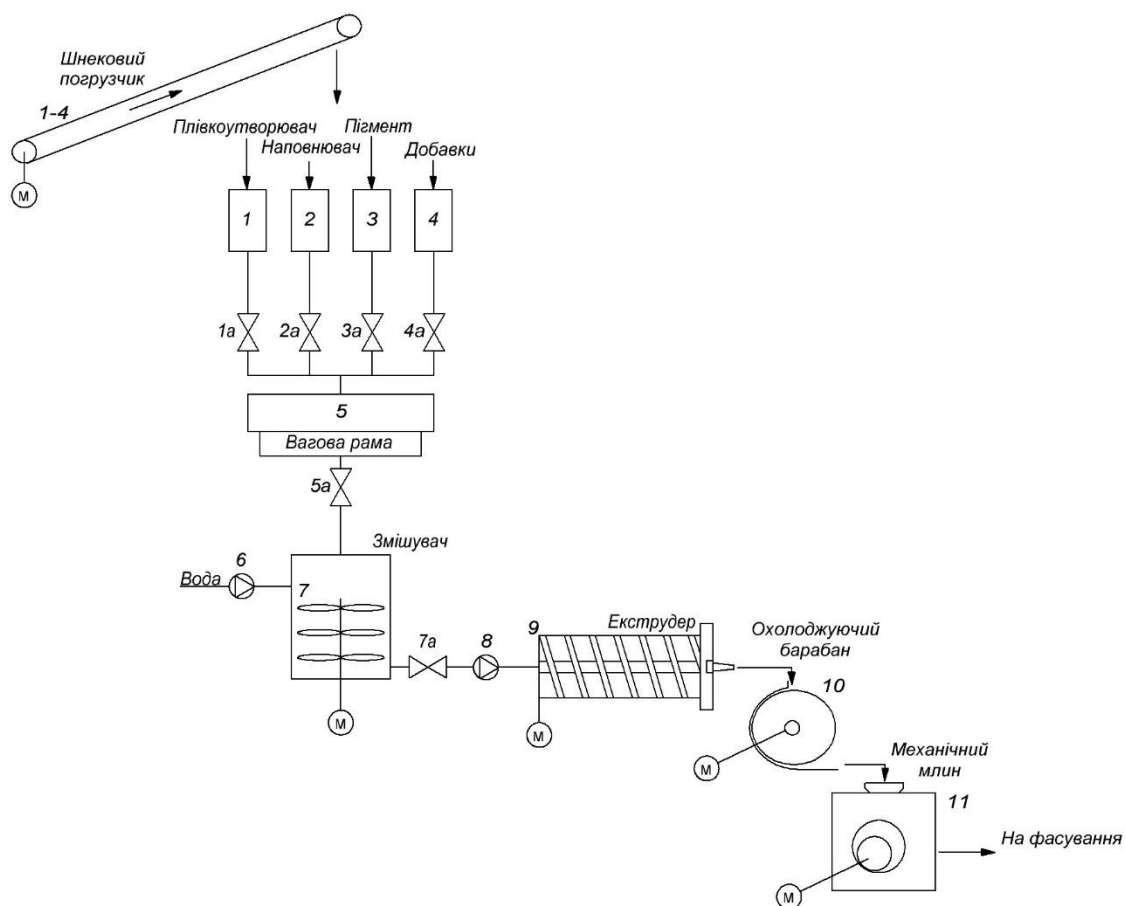


Рис.2.1. Технологічна схема ділянок виготовлення розплавленої суміші

Розглянемо детальніше послідовність процесів. Для початку насипаємо необхідні компоненти по відповідним бункерам 1-4 за допомоги шнекового погрузчика. Для здійснення автоматизованого дозування ряд сировинних компонентів по чергово засипають у мірну ємність.

Таким чином, складові преміксу мають зберігатись в наступних ємностях (згідно позначень, які для зручності відповідають позначенням на загальній технологічній схемі): плівкоутворювач – в ємності 1, наповнювач – в ємності 2, пігмент – в ємності 3, добавки – в ємності 4.

Технологічний процес дозування складових преміксу буде відбуватися наступним чином.

Для приготування певної порції (об'єму) суміші спочатку необхідно відміряти

потрібні кількості його складових. Відкриваються заслінки 1а, 2а, 3а, 4а і відбувається наповнення мірної ємності 5. При досягненні необхідної кількості заслінки повертаються в закриті положення.

Коли всі компоненти в мірній ємності, відкривається заслінка 5а і вся суміш пересипається в змішувальну ємність 7. Як тільки вся суміш опиняється в міксері, заслінка повертається в початкове положення.

Вмикається двигун міксера та починається процес змішування та подріблення компонентів до однорідної структури. Через деякий проміжок часу вмикається водонасос 6 та подає рідину в середину змішувального пристрою. При досягненні потрібної кількості насос вимикається. При утворенні готової суміші (преміксу) двигун міксера вимикається.

Після закінчення процесу змішування вмикається насос суміші 8, який перекачується премікс до екструдера 9. Вмикається двигун екструдера та починається процес гомогенізації суміші.

Розплавлена суміш, отримавши однорідну структуру, видавлюється через сопло екструдера на охолоджуючий барабан 10, надаючи сировині форму і з нього вона потрапляє в механічний млин 11, де фарба подрібнюється потрібним розміром і отримані пластівці готові до фасування або до безпосереднього нанесення на металеві конструкції.

2.2. Функціональна схема виготовлення розплавленої суміші

Для визначення складу керованих параметрів, логіки контурів керування, чіткого представлення принципу роботи системи керування необхідно розробити функціональну схему автоматизації.

При модифікації існуючої технологічної схеми взято до уваги необхідність автоматизованої реалізації даного процесу. При створенні функціональної схеми необхідно обрати технічні засоби автоматизації: датчики кількості компонентів в

бункері, регулюючі клапани, шнеки подачі компонентів, вагова рама, насоси для перекачування води та сировини, змішувальний механізм та екструдер для надання суміші однорідної консистенції, датчик температури, охолоджуючий барабан та сам млин. Таким чином, на функціональній схемі відтворені зв'язки відповідних елементів автоматики, що реалізують необхідні контури керування.

Проаналізувавши всі недоліки існуючої системи, було визначено завдання, вирішення яких призвело до створення системи, що задовольняє вимогам технічного завдання. Розроблена схема забезпечує зручне керування для обраної частини виготовлення порошкової фарби, яке максимально враховує специфіку використовуваного обладнання. Всі інші недоліки існуючої системи усунулися при заміні окремого обладнання з автономними системами керування на апаратне устаткування.

Розроблену функціональну схему виготовлення порошкової фарби представлено на рис. 2.2. Дана схема реалізує локальне управління насипання, змішування основних компонентів для приготування преміксу, дисперегування суміші, охолодження та дробіння на основі або даних локального пульта керування, або команд з віддаленого місця оператора.

Схема побудована за стандартами. Прибори і засоби автоматизації накреслені у відповідності з ГОСТ 21.404-85. Умовні позначення трубопроводів виконані у відповідності з ГОСТ 2.784-96.

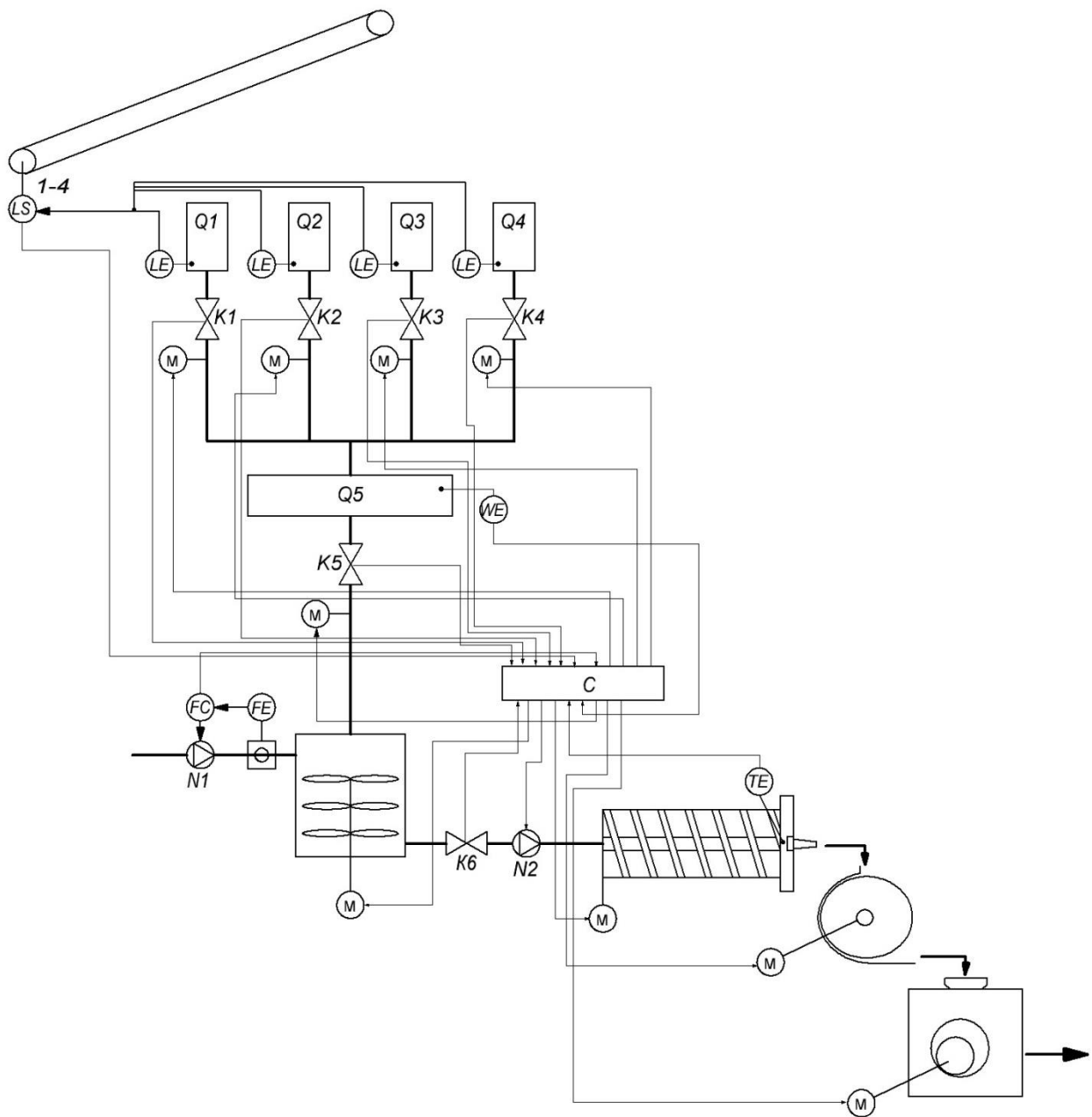


Рис. 2.2. Функціональна схема контролера процесів виготовлення розпавленої суміші

На даній лінії виготовлення фарби виділено шість ділянок, а саме ділянка завантаження компонентів, дозування сировини, змішування та подрібнення, екстрагування, охолодження та придання сировині плоскої форми, а також подрібнення пластівців у дрібну фракцію.

Перша ділянка – завантаження бункерів необхідними сипучими матеріалами

через шнекові погрузчики 1-4. Погрузчики спрацьовують датчиками нижнього рівня сировини в бункері, тим самим приводячи в рух мотору шнека.

Друга ділянка – дозування кількості компонентів суміші: плівкоутворювача Q1, наповнювача Q2, пігмента Q3, добавок Q4. Компоненти Q пересипаються в мірну ємність Q5. Для того, щоб насипати необхідну кількість компонентів було використано шнеки подачі компонентів, які по чергово вмикаються і кількість насипання визначається за допомоги датчика ваги, що передають інформацію на контролер. Верхній рівень керування подає сигнал в певний момент часу для відкриття заслінок K1, K2, K3, K4 та вмикання відповідного шнеку і коли певна кількість компоненту буде пересипана до мірної ємності, подається сигнал для закриття заслінок та вимкнення двигуна шнеку.

Третя ділянка – змішування та подрібнення попередньо продозованої сировини. Для того, щоб пересипати компоненти з мірної ємності до змішувального пристрою подається сигнал на заслінку K5, після чого вона відкривається і вмикається шнек та всі компоненти потрапляють до змішувача. Як тільки вся суміш пересипалась, заслінка закривається і вимикається двигун шнека. Вмикається двигун міксера і починається попередній процес змішування. В момент, коли потрібно додавати воду верхній рівень керування в свою чергу подає сигнал на ввімкнення насосу N1, а при досягненні заданої кількості подається сигнал на вимкнення насосу N1. Після змішування двигун міксера вимикається і премікс готовий до транспортування до іншої ділянки.

Четверта ділянка – екстрагування вихідної суміші. Подається сигнал на ввімкнення насосу N2 для перекачування суміші із змішувального пристрою до камери екструдера. Вмикається двигун екструдера і розпочинається процес гомогенізації суміші. В залежності від швидкості подачі суміші, яка надійшла до екструдера, подається сигнал і регулюється швидкість обертів двигуна екструдера. Це необхідно для того, щоб забезпечувалась задана температура процесу

гомогенізації і розплавлена суміш отримала всі необхідні властивості. Тому на виході встановлена термопара, яка фіксує поточну температуру та передає на контролер, а він в свою чергу регулює співвідношення маси/температури.

П'ята ділянка – охолодження та придання плоскої форми суміші, яка надходить із екструдера.

Шоста ділянка – подрібнення суміші в механічному млині на пластівці необхідного розміру. В залежності від швидкості млина змінюється градація порошкової фарби на виході, тим самим забезпечуючи різну якість та властивості покриття в подальшому застосуванні.

2.3. Висновки до розділу 2

У цьому розділі було проведено аналіз та вдосконалення існуючої технологічної схеми, що слугує основою для розробки функціональної схеми дозування, змішування та екстрагування основних компонентів для виготовлення розплавленої суміші порошкової фарби. Нова схема дозволяє здійснювати локальне управління процесом змішування компонентів для створення преміксу та виготовлення розплавленої суміші шляхом використання локального пульта керування або команд з віддаленого місця оператора. В результаті аналізу недоліків існуючої системи були визначені завдання, розв'язання яких призвело до створення системи, що відповідає вимогам технічного завдання.

3. РОЗРОБКА СТРУКТУРНОЇ СХЕМИ МІКРОПРОЦЕСОРНОГО МОДУЛЯ КЕРУВАННЯ

3.1. Вибір закону керування

З огляду на поставлені задачі проекту необхідно забезпечити контроль параметрів та управління об'єктами на етапах дозування, змішування та дисперегування.

В даній системі необхідно керувати такими пристроями, як насоси, клапани, двигун міксеру та двигун екструдера. Проаналізувавши ці задачі та обмеження на систему керування було прийнято рішення використовувати релейний закон керування для клапанів дозатора, насосів та двигуна міксеру. Даний вибір аргументований тим, що регульовані параметри не потребують більш точного регулювання і більші затримки по часу на обробку вимірюваних параметрів та прийняття рішень про керування. Наша задача полягає в тому, що в певний момент часу потрібно відкрити клапан, ввімкнути шнек, насипати відраховану кількість речовини, закрити клапан і вимкнути шнек, аналогічна задача поставлена для роботи насосів та для міксеру. Тому для даного типу задач найбільш підходить релейний закон керування.

Для клапану на вході та сам двигун екструдера прийнято застосувати неперервний закон керування (ПІ – закон керування). В залежності від обертів двигуна насосу суміші змінюється кількість подачі суміші, що подається безпосередньо в камеру екструдера, необхідного змінювати швидкість обертання черв'яка, тим самим регулювати співвідношення вага/температура суміші на виході.

3.2. Вибір датчиків та виконавчих механізмів

3.2.1. Вибір датчиків

Ємнісний датчик рівня

Принцип роботи: Ємнісний датчик рівня вимірює зміну електричної ємності, яка відбувається, коли матеріал заповнює бункер. Ці зміни електричної ємності переводяться в аналоговий сигнал, пропорційний рівню матеріалу в бункері.



Рис. 3.1. Ультразвукового рівнеміра серії ULM-70

Датчики цієї серії випромінюють безліч ультразвукових імпульсів у напрямку до поверхні контролюваного середовища. Після відображення від поверхні акустичну хвилю приймає перетворювач, а потім здійснюється її обробка електронним модулем.

Технічні параметри:

- Дисплей з високою контрастністю і чіткістю зображення
- Відображення отриманих даних виконується максимально швидко
- Обробка сигналу виконується сучасною електронікою
- Версія датчика Xi призначена для контролю рівня вибухонебезпечних речовин
- Струмний вихід: від 4 до 20 мА (протокол HART)

Датчик температури. Принцип роботи базується на вимірюванні каліброваного опору мідного або платинового провідника. Найточнішими та стабільними в часі є

термометри опору, які використовують платиновий дріт або платинове напилення на кераміку. Найпоширенішими в західних країнах є термометри PT100 (див. рис. 3.2). Залежність опору від температури майже лінійна, опір становить 100 Ом при 0°C, а температурний діапазон становить від -200°C до +600°C.

Основні технічні особливості датчика PT100:

- температурний коефіцієнт: 0,00385 відповідно до DIN 43760;
- клас механічного захисту: IP67;
- клас точності: клас A;
- головка підключення: алюмінієвий сплав, литий під тиском;
- шток: AISI 316 нержавіюча сталь – стандартний діаметр 12 мм;
- з'єднання: стальна гайка AISI 304 + бронзовий патрубок;

- температурний діапазон від -200 оC до +600 оC;
- максимальна температура на вводі +70 оC;
- провід живлення – 1,5 м;
- електричні параметри: робоча напруга $U_{\text{max}}=60\text{В}$, максимальні виміриструму менше 10 мА.



Рис. 3.2. Датчик температури PT100

Витратомір. FLOMID (див. рис. 3.3) - це електромагнітний витратомір. Електромагнітний витратомір може бути встановлений у будь-якому положенні, за умови, що труба завжди заповнена. Його споживання енергії є низьким, і він не залежить від щільності, температури, в'язкості та тиску рідини. Завдяки відсутності перешкод у витратомірі відсутня втрата тиску, що дозволяє вимірювати навіть сухі речовини. Серія електромагнітних витратомірів FLOMID не має рухомих деталей, тому не потребує регулярного технічного обслуговування. Цей витратомір здатний вимірювати потік незалежно від профілю потоку.



Рис. 3.3. Електромагнітний витратомір FLOMID

Технічні характеристики:

- 10л / год...7000м3 / год, вода
- Фланцы: DN3...DN500, інші - запитом
- Точність: $\pm 0,5\%$
- Корпус: EN 1.4404 (AISI 316L)
- Трубка: PP, PVDF, Ebonite, PTFE
- Електроди: Hastelloy C, EN 1.4404, Zr, Ti, Tantalum
- Виходи: 4-20 мА/0...1000Гц, індикатор протоки функція дозування об'єму
- Протокол HART® запитом

Датчик потоку. Датчик-реле потоку Careffi 315 (рис. 3.4.) призначений для визначення потоку рідини, з мінімальним потоком 2,5 літра в хвилину. Унікальне реле потоку простежує наявність або відсутність потоку води або іншого рідкого розчину в трубопроводі, активує, або навпаки, ігнорує дію електричного контакту.

Основне його призначення полягає в активації функції гарячого водопостачання опалювальних котлів, запуск в роботу циркуляційного насосу і управління комбінованими системами для приготування гарячої сантехнічної води. За допомоги магнітокеруємого контакту вмикає або вимикає функцію гвп, насос, перемикаючий клапан.

Технічні характеристики

- Матеріал: латунний корпус з приєднувальним ізоляційними кабелями
- Робоча середа: вода або інші розчини
- Клас захисту: IP 65
- Максимальний робочий тиск: 6 бар
- Діапазон робочої температури: 15 +/-100 C
- Напруга: 230 В змінного струму
- Максимальна сила струму: 0,02 А
- Контакти замикаються при потоці на збільшення при 156 літрів на годину
- Контакти розмикаються при потоці на зменшення при 108 літрів на годину



Рис. 3.4. Датчик-реле потоку Careffi 315

3.2.2. Вибір виконавчих механізмів

Опис вибраних клапанів

У системі використовуються багато електромагнітних клапанів ASCO серії 353 (див. рис. 3.5). Ці клапани мають компактні розміри і придатні для використання з різними типами сипучих матеріалів, таких як порошки, зерна і інші. Вони виготовлені зі спеціальних матеріалів, які забезпечують їхню міцність і стійкість до зносу.

Крім того, клапан ASCO 353 має широкий діапазон робочого тиску і швидко реагує на керуючі сигнали, що дозволяє ефективно використовувати його в автоматизованих системах контролю потоку сухих сумішей.



Рис. 3.5. Електромагнітний клапан ASCO серії 353 Технічні характеристики

Принцип спрацьовування: Електромагнітний, електромагнітний - пневматичне управління

Матеріал корпусу: Алюміній

Тип з'єднання: Різьба NPTF

Функція: 2-ходовий - 2/2 нормально закритий

Напруга: 110 AC, 115 AC, 120 AC, 208 AC, 220 AC, 230 AC, 24 AC, 240 AC, 440 AC, 480 AC | 50, 60 Гц

Робочі умови: У небезпечних зонах, у приміщенні, на відкритому повітрі

Особливості

Великий термін експлуатації та швидке відкриття/закриття, висока пропускна здатність до 140 м³/год, швидке монтажне з'єднання, не потрібне нарізування різьблення та окреме ущільнення, вбудований привід, що управляє, оснащений обмотками в пресованій епоксидній смолі, і має різні додаткові опції, клапан може монтуватись у будь-якому положенні.

Вагова платформа

Вагова платформа тензометрична — це вантажоприймальна платформа ваг. Конструктивно платформа розташовується на рамі або корпусі ваг. Під ваговою платформою знаходяться тензодатчики.

Вагова платформа може мати різний вигляд: від кола діаметром 15 сантиметрів на лабораторних вагах, до двох поздовжніх платформ по 18 метрів у автомобільних ваг. Все це називається **ваговими платформами для зважування**, які виготовляються за різними технологіями та з різного матеріалу. У лабораторних та торгових ваг — це харчова нержавіюча сталь, у товарних ваг — нержавіюча сталь, платформні та палетні ваги — пофарбована сталь, а в автомобільних ваг може бути сталь або сталева рама з залізобетонними вставками (проїжджа частина).



Рис. 3.6. Вагова рама

Опис вибраних насосів

Один із доступних моделей насосів для перекачування води та сумішей є Grundfos MQ3-35 (див. рис. 3.6). Цей насос є самовсмоктуючим та придатним для роботи з різними типами рідин, таких як вода, нафта, оливи і інші. Він виготовлений зі спеціальних матеріалів, які забезпечують його міцність та стійкість до зносу.

Крім того, насос Grundfos MQ3-35 має вбудований захист від перевантаження та може працювати в автоматичному режимі, що дозволяє ефективно

використовувати його в системах водопостачання та опалення. Він також має низький рівень шуму та енергоспоживання, що робить його економічним та екологічно чистим варіантом для перекачування рідин та сумішей.



Рис. 3.6 Насос Grundfos MQ3-35 Технічні характеристики:

Номер у каталозі: Grundfos 96515412 Макс. гідростатичний натиск: 35 м
Номінальний тиск: 18 м

Номінальна витрата: 3 м³/год Тиск запуску: 1.8 бар

Діапазон температури навколишнього середовища: 0...45 °С Макс. робочий тиск:
7.5 бар

Щільність: 983.2 кг/м³

Температура рідини, що перекачується: 0 ... 35 °С Потужність - P1: 850 Вт

Напруга мережі: 1 x 220-240 В

Частота мережі: 50 Гц

Сила струму: 4 А Кабель живлення: 2 м Вага нетто: 13.1 кг Повна вага: 15.3 кг

Країна-виробник товару: Італія

Насосна станція MQ Grundfos має ергономічний дизайн. Переваг у даної моделі достатньо:

- низький рівень шуму та вібрації;

- тривалий експлуатаційний період;
- висока продуктивність;
- мінімальні витрати енергії (гідна енергоефективність);
- простий монтаж;

3.3. Побудова загальної структурної схеми

Структурна схема обраної системи керування складається з функціональних блоків, які представляють конструктивно відособлені частини автоматичних систем, виконуючи певні функції. Функціональні блоки на схемі позначаються прямокутниками, в яких зазначають їх назви відповідно до виконуваних функцій. Зв'язки між функціональними блоками (внутрішні впливи) позначаються стрілками, що вказують напрям впливу.

Ця структурна схема включає такі елементи:

- Блок аналогових датчиків (датчики кількості речовини в бункері, тензодатчик, датчик вимірювання температури, датчик потоку води).
- Блок виконавчих механізмів (шнеки, насоси, клапани та двигуни).
- Знімний пульт керування, що містить блок індикації та блок клавіатури.
- Інтерфейс SPI.
- Мікроконтролер.
- АЦП (аналого-цифровий перетворювач).
- Комп'ютеризована автоматизована система управління (КАС).

Структурна схема системи керування етапами виготовлення порошкової фарби зображена в Додаток А.

Дана система автоматичного керування працює наступним чином: для контролю кількості компонентів в бункерах використовуються датчики рівня сипучих речовин, тензодатчик, датчик потоку води та датчик температури які підключаються

до комутатора аналогових сигналів, який подає відповідний сигнал на аналогово-цифровий перетворювач, що перетворює сигнал з датчика у цифровий і посилає його на ніжку мікроконтролера. Зйомний пульт керування приєднується до мікроконтролера через роз'єм пульта та дешифратор. Мікроконтролер опрацьовує сигнали з датчиків і посилає сигнали на виконавчі механізми та індикацію. Сигнали з АЦП надходять до порту P2 мікроконтролера, а шина керування АЦП надходить на порт P3 мікроконтролера. Управління двигуном міксера та екструдера відбувається через сигнал з мікроконтролера який подається на оптопару, а до неї під'єднується магнітний пускач, що і вмикає двигун. Аналогічно підключаються насоси для подачі води та суміші.

Швидкість обертів двигуна насосу для подачі суміші та керування обертами двигуна екструдера виконується за допомогою частотного перетворювача, до якого підключається сигнал з мікроконтролера. Підключається сигнал через регістр, перетворюється на аналоговий за допомогою ЦАП та підсилюється, після чого подається на аналоговий вхід частотного перетворювача.

Двигуни підключені до фаз через автоматичний вимикач для забезпечення захисту від перегрівання та короткого замикання. Індикація заданої та поточної кількості компонентів та температури виконується за допомогою трьох семи сегментних індикаторів, підключених через регістри до шини даних. Управління регістрами здійснюється за допомогою дешифратора, до якого підключені входи запису та скидання відповідних регістрів. Сигнали з дешифратора надсилаються до порту P0 мікроконтроллера.

3.4 Розробка інтерфейсу оператора

Інтерфейс оператора АСУ ТП (Автоматизованої системи управління технологічними процесами) є комплексом технічних і програмних засобів, а також спеціальним приміщенням, яке містить технічні засоби для контролю технологічного процесу на підприємствах, де застосовується АСУ ТП. Цей

інтерфейс забезпечує оператора засобами спостереження за технологічним процесом і можливістю втручання в нього. Крім того, він виконує функції реєстрації та протоколювання даних технологічного процесу, автоматичного зв'язку з автоматизованою системою управління підприємством, а також телефонного і радіозв'язку з керівництвом підприємства і аварійно-рятувальними службами.

Сучасні інтерфейси АСУ ТП широко використовують комп'ютерну технологію, типові засоби взаємодії людина-машину, такі як операторські панелі та монітори ПК, які пов'язані через єдину промислову мережу з технологічним обладнанням. Пульт може обслуговувати як одного, так і декількох операторів. Крім обчислювальної техніки, пульт також містить окремі елементи управління (кнопки, важелі) та індикатори на основі ламп, які використовуються для дублювання управління з використанням комп'ютерної технології.

Рис. 3.7 демонструє інтерфейс оператора АСУ ТП (у даному випадку - опціональний пульт), призначений для керування даними на виробництві порошкової фарби. На цьому інтерфейсі розміщені індикатори, що відображають поточні дані, а також забезпечують можливість встановлення значень для кількості сировини та температури. Інтерфейс також містить індикатори, що відображають поточні параметри. Додатково присутній світлодіодний індикатор, який показує стан системи. Також на пульті зображено вісім кнопок управління:

- «Старт» – ввімкнення системи та перехід до режиму роботи;
- «Стоп» – зупинка роботи системи та її вимкнення;
- «MODE» - перехід до режиму налаштувань та вибір параметрів;
- «ОК» – підтвердження введених даних;
- «+» – збільшення заданих даних;
- «-» – зменшення заданих даних;
- «<» – перехід до попередніх даних вводу;
- «>» – перехід до наступних даних вводу.

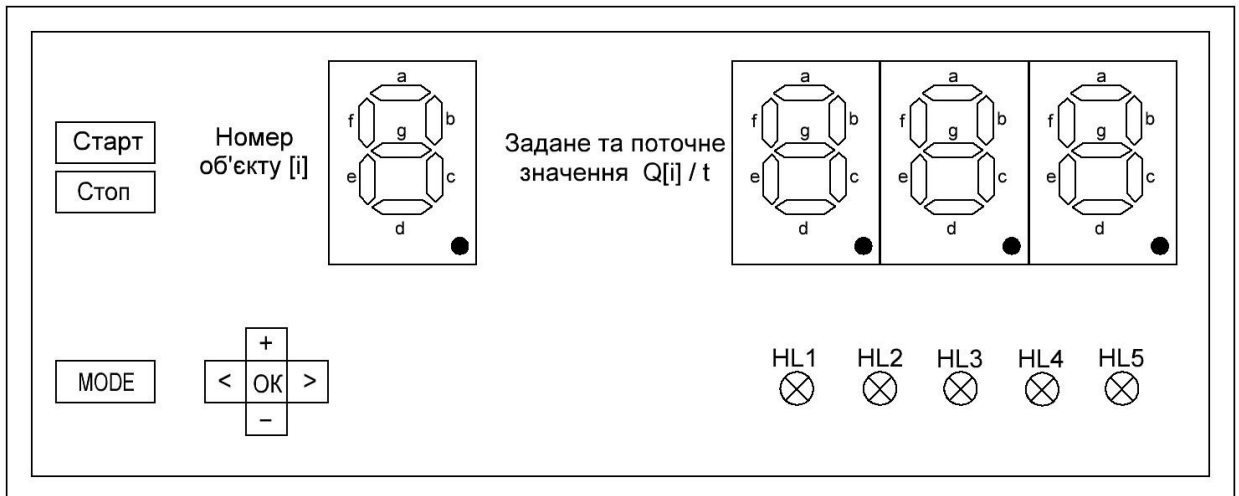


Рис. 3.7. Пульт керування

3.5. Висновки до розділу 3

У цьому розділі представлена структурна схема керування, яка була аналізована. Під час аналізу було вибрано закон керування для виконавчих механізмів, а також визначено типи датчиків та виконавчих механізмів, що використовуються. Для полегшення керування був розроблений інтерфейс оператора у вигляді пульта керування.

4. РОЗРОБКА ЕЛЕКТРИЧНОЇ ПРИНЦИПОВОЇ СХЕМИ

Виходячи з поставлених завдань та вибраного підходу до реалізації системи керування технологічним процесом виготовлення порошкової фарби, було розроблено електричну принципову схему мікропроцесорного модуля керування змішуванням компонентів, процес гомогенізації, та подрібнення фарби на ділянках виготовлення порошкової фарби.

4.1. Вибір елементної бази для побудови електричної принципової схеми

4.1.1. Опис вибраного мікроконтролера

Мікроконтролер, або однокристальна мікроЕОМ — виконана у вигляді мікросхеми спеціалізована мікропроцесорна система, що включає мікропроцесор, блоки пам'яті для збереження коду програми даних, порти вводу-виводу і блоки зі спеціальними функціями (лічильники, компаратори, АЦП та інші).

У якості керуючого пристрою використовується мікроконтролер AT89S8253 (рис. 4.1).

AT89S8253 — малопотужний, високопродуктивний КМОП 8-розрядний мікроконтролер з внутрішньосистемною програмованою флеш-пам'яттю програм розміром 12 кбайт і ЕСППЗП пам'яті даних розміром 2 кбайт. Мікроконтролер випускається на основі технології енергонезалежної пам'яті високої щільності, розробленої Atmel, і сумісний по розміщенню виводів і набору інструкцій зі стандартними промисловими мікроконтролерами MCS-51. Вбудована флеш-пам'ять перепрограмовується внутрішньосистемно через послідовний інтерфейс SPI або за допомогою програматора звичайної енергонезалежній пам'яті. За рахунок поєднання гнучкого 8-розрядного ЦПУ з завантажуючою флеш-пам'яттю в одному кристалі

мікроконтролер AT89S8253 є потужним інструментом для створення високогнучких та ефективних за вартістю рішень для багатьох програм вбудованого управління.

AT89S8253 містить 12 кбайт внутрішньосистемної програмованої флеш-пам'яті,

2 кбайт ЕСППЗП, 256 байт ОЗП, 32 лінії введення-виведення, програмований сторожовий таймер, два показчика даних, три 16-розрядних таймера-лічильника, шестивекторний контролер переривань з чотирма рівнями пріоритетів, повнодуплексний послідовний порт, вбудований генератор, а також схему синхронізації. Крім того, AT89S8253 розроблений з використанням статичної логіки для роботи аж до нульової частоти синхронізації і підтримує два програмно обираємих економічних режими роботи. У режимі холостого ходу зупиняється ЦПУ, при цьому продовжують роботу ОЗП, таймер-лічильники, послідовний порт і система переривань. У режимі вимкнута (Power-down) зберігається вміст ОЗП, але зупиняється генератор, відключаються всі інші функції мікроконтролера до наступного зовнішнього переривання або апаратного скидання.

На рис.4.1 зображено схему мікроконтролера AT89S8253

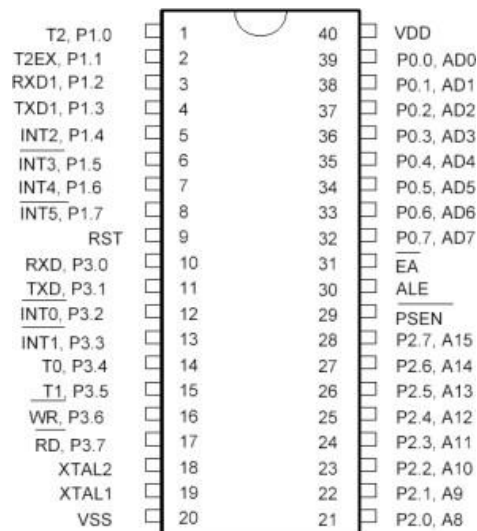


Рис. 4.1. Схема виводів мікроконтролера AT89S8253

Доступ до вбудованої флеш-пам'яті і ЕСППЗП організований через послідовний

інтерфейс SPI. При переводі входу скидання в активний стан інтерфейс SPI переходить в режим послідовного програмування і дозволяє рахувати або

Відмінні особливості мікроконтролера AT89S8253:

- сумісність з сімейством MCS-51;
- 12 Кбайт внутрішньосистемної програмованої флеш-пам'яті програм;
- завантаження програмного коду через послідовний інтерфейс SPI;
- зносостійкість: 10 тисяч циклів запису/стирання;
- 2 Кбайт ЕСППЗУ пам'яті даних;
- 64-байтний масив сигнатури користувача;
- напруга живлення 2,7 В ... 5,5 В;
- повністю статична робота в діапазоні частот 0 Гц ... 24 МГц;
- трирівневий захист пам'яті програм;
- внутрішнє ОЗП з організацією пам'яті 256x8 біт;
- 32 програмовані лінії введення/виведення;
- три 16-розрядних таймера-лічильника;
- дев'ять джерел переривань;
- розширений послідовний порт УАПП з детектуванням помилки кадру і автоматичним розпізнаванням адреси;
- розширений послідовний інтерфейс SPI (подвійна буферизація читання/запису);
- малопотужні режими холостого ходу (Idle) і виключення (Power-down);
- відновлення роботи в режимі вимкнута (Power-down) при виникненні переривання;
- програмований сторожовий таймер;
- два показчика даних;
- прапор зняття живлення;
- гнучке внутрішньосистемне програмування (байтний і сторінковий

режими)сторінковий режим: 64 байт/сторінку для пам'яті програм, 32 байт/сторінку дляпам'яті даних;

- чотирьохрівневий розширений контролер переривань;
- опціональне подвоєння швидкодії;
- внутрішня схема скидання при подачі живлення;
- 42-вивідний корпус PDIP для зниження електромагнітних випромінювань;
- доступність екологічно безпечних корпусів (без вмісту свинцю і галоїдних сполук).

4.1.2. Вибір АЦП

АЦП, що означає Аналого-цифровий перетворювач (англ. analog-to-digital converter, скорочено ADC), - це пристрій, який здійснює перетворення вхідного аналогового сигналу на дискретний код (цифровий сигнал). Зазвичай АЦП є електронним пристроєм, який перетворює електричну напругу на двійковий цифровий код. Також деякі неелектронні пристрої, наприклад, перетворювачі кут-коду, також можуть відноситися до АЦП.

Для забезпечення роботи автоматизованої системи управління (АСУ) я вибираю аналого-цифровий перетворювач AD7892-3, який виробляється компанією Analog Devices. AD7892 є швидкодіючим та енергоефективним 12-розрядним АЦП, який працює з однополярною напругою живлення +5 В.

Цей компонент включає в себе АЦП послідовного наближення з часом перетворення 1.47 мкс, вбудований підсилювач для вибірки та збереження сигналу, внутрішнє джерело опорної напруги +2.5 В та інтегровану інтерфейсну логіку, яка підтримує послідовне або паралельне підключення до мікропроцесора. AD7892 приймає аналогові сигнали на вхід в діапазоні ± 10 В і ± 5 В (AD7892-1), 0 В - 2.5 В (AD7892-2) або ± 2.5 В (AD7892-3).

Крім того, в AD7892-1 і AD7892-3 є внутрішній захист від перевантаження по напрузі на аналогових входах, що дозволяє витримувати вхідні напруги до ± 17 В або ± 7 В відповідно, не пошкоджуючи компонент.

На рис.4.2. зображена функціональна блок-схема AD7892.

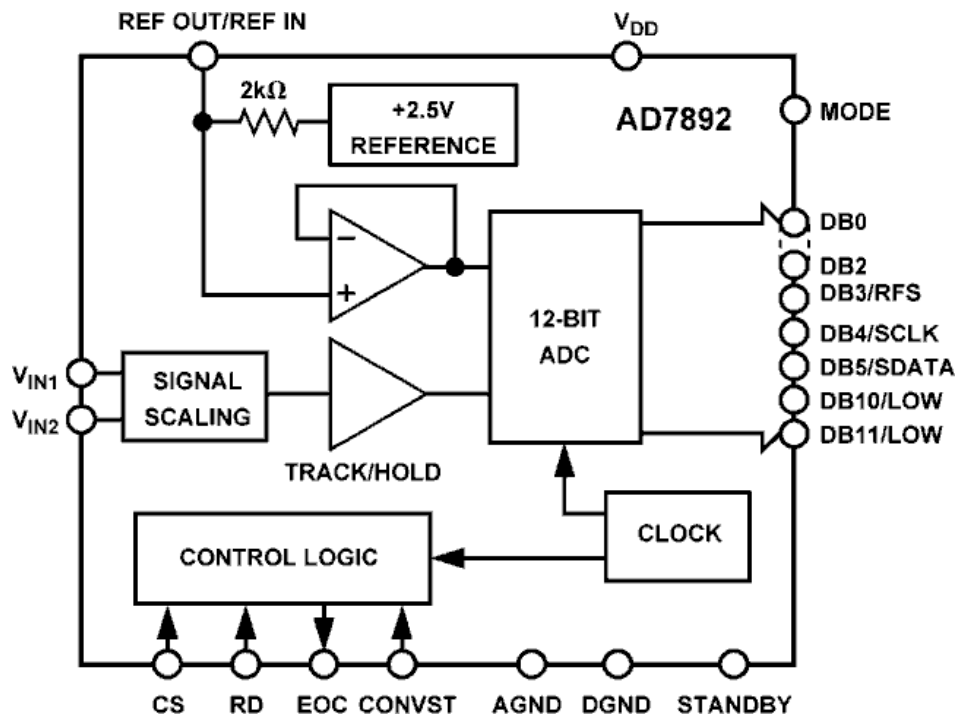


Рис. 4.2. Функціональна блок-схема AD7892

4.1.3. Вибір регістрів

Регістр - пристрій, що використовується для зберігання n -розрядних двійкових даних і виконання перетворень над ними.

Регістр є упорядкованим набором тригерів, зазвичай D-тригерів, число n яких відповідає числу розрядів в коді. З кожним регістром зазвичай пов'язане комбінаційний цифровий пристрій, за допомогою якого забезпечується виконання деяких операцій над даними.

Основою побудови регістрів є: D-тригери, RS-тригери, JK-тригери.

Для забезпечення роботи АСУ необхідно обрати 11 регістрів марки 74AC245DC

(рис. 4.3).



Рис 4.3. Регістр 74AC245DC

Регістр забезпечує можливість контролювати 8 виходів, використовуючи лише кілька виходів на контролері. Кілька таких регістрів можна послідовно об'єднувати для каскадування.

Модель 74AC245DC може передавати сигнали як паралельно, так і послідовно. Це стає необхідним при об'єднанні кількох регістрів для отримання 16 або більше виходів. У такому випадку перші 8 бітів сигналу передаються на наступний регістр для паралельного виводу.

Коли логічна одиниця подається на тактовий вхід SH_CP, регістр зчитує біт з входу даних DS і записує його у наймолодший розряд. При наступному тактовому імпульсі все повторюється, але раніше записаний біт зсувається на один розряд вправо, а на його місце знову записується новий біт. Коли всі вісім бітів заповнилися і приходить дев'ятий тактовий імпульс, регістр знову починає заповнюватись з наймолодшого розряду, і процес повторюється знову. Щоб дані з'явилися на виходах Q0 ... Q7, їх потрібно "заклацнути". Для цього на вхід ST_CP потрібно подати логічну одиницю.

4.1.4. Вибір частотного перетворювача

Частотний асинхронний перетворювач використовується для зміни частоти змінного струму з мережі, яка має частоту 50 (або 60) Гц, на трифазний або однофазний струм з частотою від 1 Гц до 800 Гц.

У промисловості доступні два типи частотних перетворювачів: електроіндукційний тип, який включає асинхронний двигун з фазним ротором, що працює як генератор-перетворювач, та електронний тип.

Часто електронні частотні перетворювачі використовуються для плавного регулювання швидкості асинхронних або синхронних електродвигунів шляхом створення на виході перетворювача електричної напруги з заданою частотою.

У простих випадках регулювання частоти і напруги здійснюється відповідно до характеристики V / f , а у більш складних перетворювачах застосовується векторне управління, яке забезпечує більш точне регулювання.

На рис.4.4. зображено зовнішній вид частотного перетворювача Lenze ESMD222X2SFA:



Рис. 4.4. Зовнішній вигляд частотного перетворювача LenzeESMD222X2SFA

Для забезпечення роботи АСУ я обираю частотний перетворювач ESMD222X2SFA виробництва компанії Lenze, що

мають наступні параметри:

Потужність – 2.2 kWt; Напруга живлення – 220 V; Вихідна частота – 1 – 240 Hz;
Ступінь захисту – IP20;

Входи дискретні - 3 DI + 1 Start/Stop; Входи аналогові - 1 (VDC / mA).

Входи дискретні - 3 DI + 1 Start/Stop; Входи аналогові - 1 (VDC / mA).

4.1.5. Опис вибраного комутатора аналогових сигналів

Для комутації вхідних сигналів з датчиків використовується мультиплексор типу CD4051A, який базується на мікросхемі K561КП2 (див. рис. 4.5).

Мультиплексор (комутатор) призначений для перемикання одного з m вхідних каналів на вихід. Кількість входів мультиплексора складає m інформаційних входів та k керуючих входів, де виконується співвідношення $m=2^k$. Зазвичай мультиплексор має один вихід, який може бути прямим або інверсним. Однак, у деяких випадках передбачені обидва виходи для подання парафазного сигналу.

Мультиплексор, який використовується, є мікросхемою K561КП2 з загальними входами даних, адресними входами для вибору даних та одним вихідним сигналом (див. рис. 4.6).

Восьмиканальний мультиплексор K561КП2 (CD4051A) керується трьохрозрядним вхідним кодом (A, B, C). Мультиплексор має також вхід дозволу EI. Якщо на цьому вході присутній високий рівень напруги, то всі канали розмикаються. Номер включеного каналу відповідає коду входу. Опір включеного каналу при вхідній напрузі $C=5$ В знаходиться в діапазоні 0,5 ... 2,5 кОм, а при вхідній напрузі $C=15$ В опір істотно зменшується (0,13 ... 0,28 кОм). Адресні та логічні сигнали повинні мати низький рівень напруги в якості нуля.



Рис. 4.5. Зовнішній вигляд мультиплексора

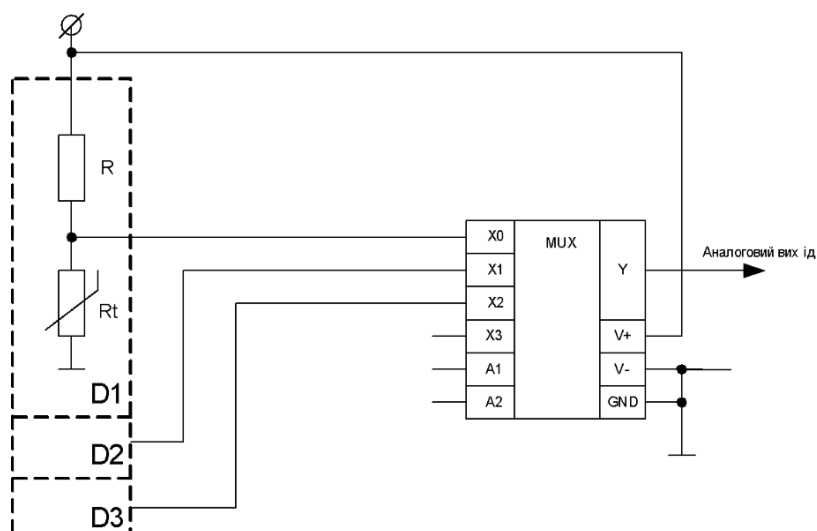


Рис. 4.6. Схема підключення мультиплексора та датчика

4.1.6. Вибір елементів індикації

В системі нам необхідно візуально задати значення кількості використання компонентів. Для цього будемо використовувати семисегментні індикатори. Для візуалізації поточних параметрів обираємо семисегментні індикатори SA10-11 фірми KingBrigh (рис 4.7).

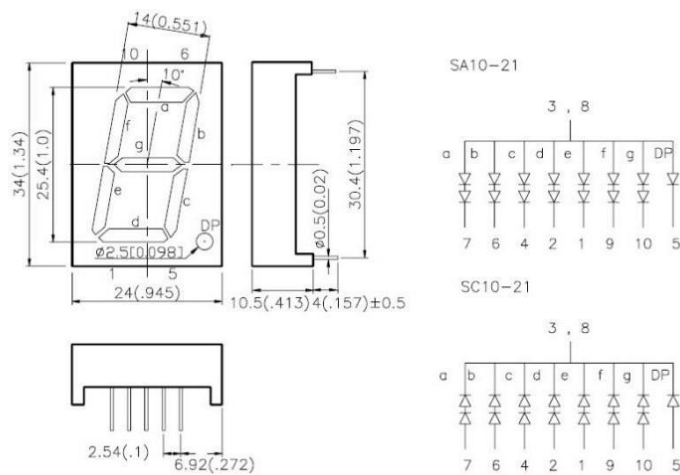


Рис 4.7. Семисегментний індикатор SA10-11

Технічні характеристики:

- Макс. пряма напруга (при струмі 20 мА) 2,5 В
- Максимальний прямий струм 25-30 мА
- Максимальна зворотна напруга 5В
- Зворотний струм (при напрузі 5В) 10 мкА
- Потужність розсіювання 150 мВт
- Максимальний імпульсний прямий струм 140-160 мА
- Діапазон робочих температур -40 ... +85 ° С

4.1.7. Вибір дешифратора/демультиплексора

Для цієї схеми було вирішено використати 4 до 16-лінійний декодер / демультиплексор марки 74HC154 (див. рис. 4.8).

Даний дешифратор виготовлений з кремнію і використовує технологію воріт C2MOS. Він поєднує високу швидкість та продуктивність LSTTL з енергоефективністю істинного CMOS. Двійковий код застосовується до чотирьох входів (від А до D) для вибору одного з шістнадцяти виходів, при цьому інші п'ятнадцять виходів знаходяться в низькому стані, якщо обидва стробуючі входи G1 і

G2 мають низький рівень. Підвищення вхідного сигналу призводить до зниження функції декодування, що забезпечує високий рівень на всіх виходах. Функція стробоскопа спрощує розширення ліній декодування через каскадування і спрощує процес декодування адреси схеми в системах управління пам'яттю. Всі входи мають схеми захисту від статичних розрядів і переходів до перевищених напруг.

Електричні параметри приведені в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1

Параметр	Значення
Номінальна напруга живлення	5В plus minus5%
Вихідна напруга низького рівня небільш	0,4 В
Вихідна напруга високого рівня неменш	2,4 В
Вхідний струм низького рівня не більше	-1,6 мА
Вхідний струм високого рівня не більше	0,04 мА
Струм споживання не більше	56 мА
Час затримки поширення при включенні: по входах 20 – 23 по входах 18, 19	не більше 33 нс не більш 27 нс

Час затримки поширення при виключенні: по входах 20 - 23 по входах 18, 19	не більше 36 нс не більш 30 нс
Час дешифрації	не більше 35 нс
Споживана потужність не більше	294 мВт

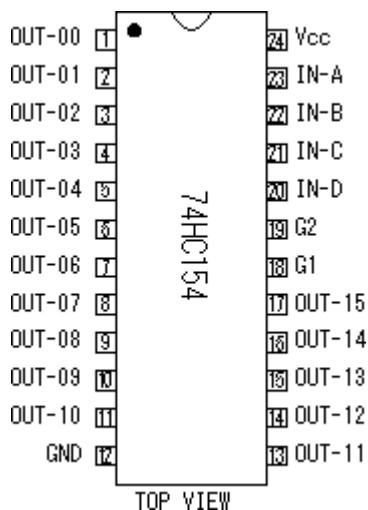


Рис. 4.8. Дешифратор марки 74HC154

4.1.8. Вибір оптопар

Для підсилення сигналу використовується оптопара. Вибираємо оптопару комутації електромагніту з електронної бази. По рекомендаціям з експлуатації мікроконтролера вибираємо оптопару МОС3010 (рис.4.9).

Технічні характеристики:

- Кількість каналів - 1
- Коефіцієнт передачі струму CTR, %, макс. - 600
- Час наростання вихідного сигналу t_{nr} , Мкс - 5

- Час спаду вихідного сигналу $t_{сп.}$, Мкс - 4
- Максимальна напруга ізоляції, В - 5000
- Діапазон робочих температур, оС - -30...100

Виробник: COSMO Electronics Corporation

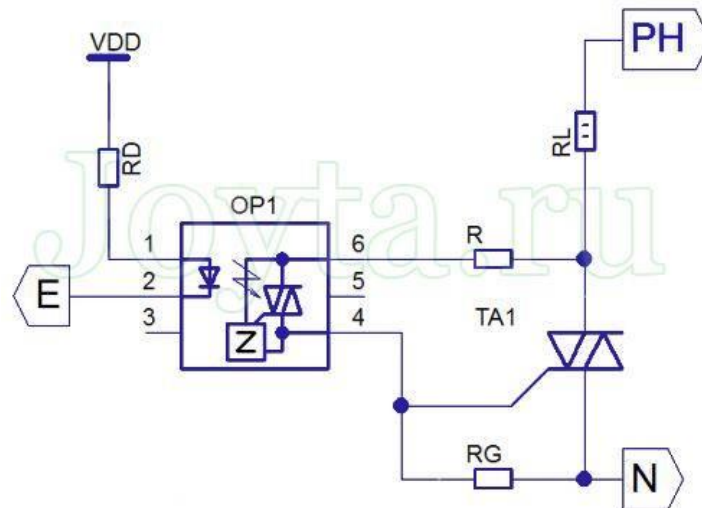


Рис.4.9. Схема підключення оптопара МОС 3010

4.1.9. Вибір ЦАП

Цифро-аналоговий перетворювач — пристрій для перетворення цифрового (як правило двійкового) сигналу на аналоговий. Як правило ЦАП отримує на вхід цифровий сигнал в імпульсно-кодової модуляції (англ. PCM—pulse-code modulation).

Перетворення різних стиснутих форматів в PCM виконується відповідними кодеками.

Для забезпечення роботи АСУ я обираю ЦАП АТмега8 виробництва компанії АТмега і має наступні параметри:

- Кількість виводів – 32;
- Енергонезалежна пам'ять – 512 біт;
- Діапазон напруги живлення (V_{cc}) – 2.7 – 5.5 V;
- Кількість каналів ЦАП – 8;

- Точність ЦАП – 10 біт;
- Швидкість ЦАП – 15 ksps.

Магнітний пускач — електромеханічний комутаційний апарат, призначений для керування живленням електро двигунів, їх пуску, розгону, забезпечення неперервної роботи, відключення живлення та захисту електродвигунів від перенавантажень. Для забезпечення роботи АСУ я обираю магнітний пускач 11BG0610A220, що має наступні характеристики:

- Напруга живлення – 220 V AC;
- Номінальний струм – 10 A;
- Потужність пускача – 2200 Wt.

4.2. Опис інтерфейсу SPI (Serial Peripheral Interface)

Для забезпечення зв'язку між модулями АСКТП всередині вузлів використовується інтерфейс SPI (Serial Peripheral Interface), також відомий як Microwire. Цей трьохпровідний синхронний інтерфейс має окремі лінії для вхідних та вихідних даних. Інтерфейс SPI застосовується для зв'язку між мікроконтролером, периферійними мікросхемами та мікросхемами пам'яті. Він забезпечує високу швидкість передачі даних, досягаючи частоти синхронізації до 5 МГц. За кожен такт синхронізації відбувається передача або отримання наступного біта даних. Інтерфейс SPI може бути використаний для обміну даними між декількома мікроконтролерами, дозволяючи підключення кількох ведених пристроїв до шини. Проте протокол доступу до шини не є стандартизованим.

Інтерфейс SPI використовує три обов'язкових сигнали:

- SCK (Serial Clock) - синхросигнал, який використовується ведучим пристроєм для стробування кожного біта даних.

MOSI (Master Output Slave Input) - вихідні дані ведучого пристрою і вхідні дані веденого пристрою.

- MISO (Master Input Slave Output) - вхідні дані ведучого пристрою і вихідні дані веденого пристрою.

Також може використовуватись сигнал вибору веденого пристрою SS (Slave Select або Chip Select). Ведений пристрій реагує на сигнали інтерфейсу та генерує вихідні дані на лінії MISO лише при низькому рівні сигналу SS. При високому рівні сигналу SS, вихід MISO переходить у високоомний стан. За допомогою сигналу SS, який керується ведучим пристроєм для кожного веденого пристрою, можна обирати партнера для комунікації. Таким чином, утворюється гібридна топологія з'єднання, де для сигналів SCK, MOSI і MISO використовується шинна топологія, а для SS - зіркова топологія з ведучим пристроєм у центрі.

Існує також інший спосіб комунікації між ведучим пристроєм та декількома веденими пристроями, використовуючи чисто шинну топологію. В цьому випадку сигнал SS для вибору пристроїв не використовується, але ведені пристрої постійно прослуховують шину, очікуючи спеціального адресного пакета на початку транзакції. Коли пристрій розпізнає свою адресу, він обробляє подальші протокольні повідомлення і може виводити дані на лінію MISO до завершення поточної транзакції. Проте цей підхід вимагає складної логіки поведінки веденого пристрою.

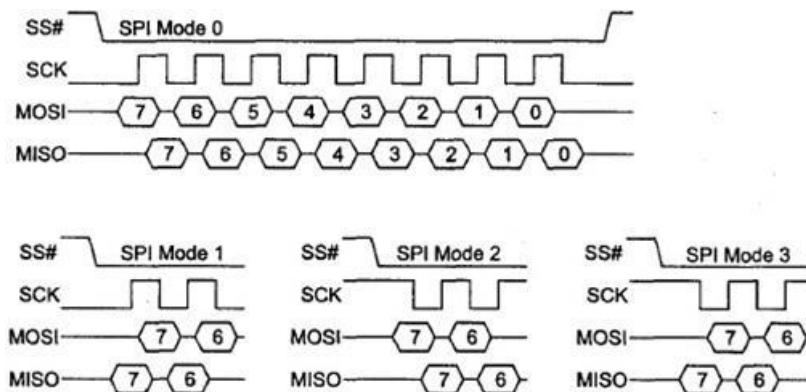


Рис. 4.10. Формання передачі по інтерфейсу SPI

При передачі даних через SPI (Serial Peripheral Interface), старший біт передається першим. Різні виробники пристроїв можуть використовувати різні режими обміну (SPI Mode 0 ... SPI Mode 3), які відрізняються фазою і полярністю синхросигналів. На рисунку 4.10 показана передача та отримання байта в різних режимах. Варто відзначити, що незалежно від режиму, вхідні та вихідні дані стробіруються за різними перепадами синхроімпульсів.

Також існує варіант використання сигналу SS (Slave Select або Chip Select). У першому варіанті (який зображений на рисунку), спад сигналу SS є ознакою початку транзакції для веденого пристрою, а його підйом - ознакою завершення. У другому варіанті - початок транзакції визначається першим фронтом (спадом) SCK, а сигнал SS може залишатися на низькому рівні постійно. Другий варіант іноді використовується для простіших двохпровідних інтерфейсів з одним ведучим та одним веденим пристроєм, коли немає необхідності у синхронізації.

Мікроконтролери з апаратним SPI-портом, як правило, мають можливість програмного вибору режиму. Формати транзакцій залежать від пристроїв, але загальна ідея полягає в тому, що ведучий пристрій передає код операції та адресну інформацію до пристрою по лінії MOSI, а потім передає дані. У випадку запису дані передаються ведучим пристроєм по тій самій лінії, а у випадку читання пристрій відправляє їх по лінії MISO. Протягом всієї транзакції ведучий пристрій зберігає активний стан лінії SS, а кількість синхроімпульсів залежить від формату команди.

З'єднання між ведучим та веденим процесором, що використовують SPI інтерфейс, показані на рис. 4.11.

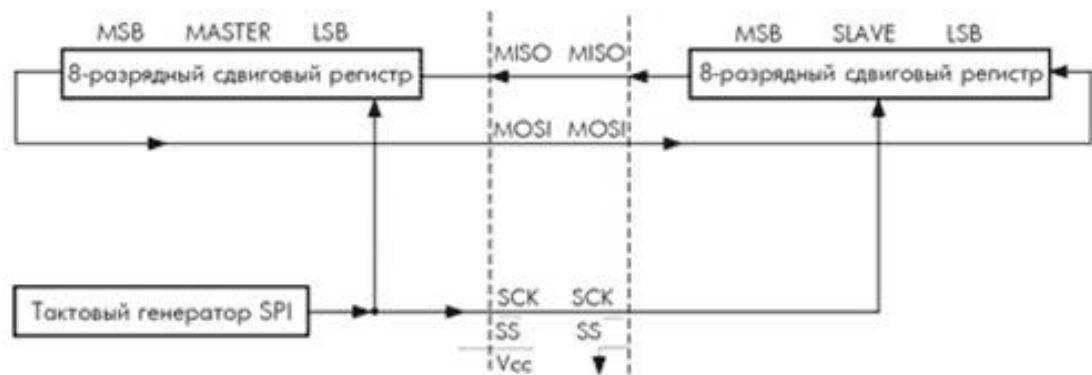


Рис. 4.11. З'єднання ведучого та веденого SPI

Апаратна частина інтерфейсу SPI (Serial Peripheral Interface) фактично представляє собою зсувний регістр, який послідовно передає біти даних в інші аналогічні інтерфейси інших пристроїв. Під час процесу передачі один пристрій виступає як ведучий, контролюючи потік даних, тоді як інші пристрої виступають в якості ведених, отримуючи або передаючи дані за командою ведучого. Функції ведучого пристрою можуть бути передані від одного процесора до іншого (це називається мультимастерний протокол, порівняно з одномастерним, коли тільки один процесор завжди виступає в якості ведучого, а решта - в якості ведених). Ведучий пристрій також може передавати одні й ті ж дані декільком веденим пристроям одночасно. Проте, у будь-який момент часу тільки один ведений пристрій може передавати дані ведучому.

Ведений пристрій вибирається, коли ведучий генерує сигнал NSS (Slave Select). Якщо присутні кілька ведених пристроїв, ведучий створює розподільні сигнали вибору для кожного з них (NPSC).

Два зсувних регістри ведучого і веденого мікроконтролерів можна розглядати як один розподілений 16-розрядний циклічний зсувний регістр (див. рис. 4.12). Під час зсуву даних з ведучого мікроконтролера до веденого відбувається одночасний зсув даних з веденого мікроконтролера до ведучого, тобто протягом одного циклу зсуву відбувається обмін даними між ведучим і веденим мікроконтролерами.

В системі передавальна сторона має одиничну буферизацію, а приймальна сторона має подвійну буферизацію. Це означає, що передані символи не можуть бути записані в регістр даних SPI, поки не буде повністю завершений цикл зсуву.

З іншого боку, при прийманні даних символ, що приймається, повинен бути прочитаний з регістра даних SPI перед завершенням прийому наступного символу, інакше символ, що передував, буде втрачений.

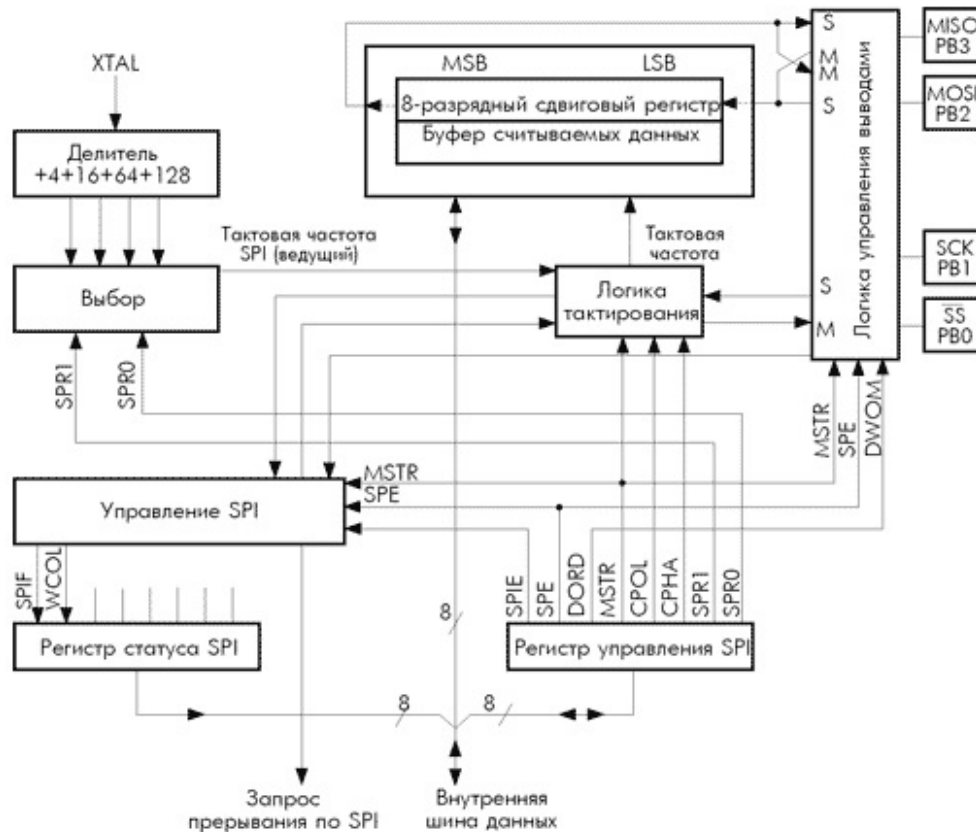


Рис. 4.12. Блок-схема SPI

Регістр даних SPI (див. рис. 4.13) є регістром, який можна читати та записувати, і використовується для передачі даних між регістровим файлом та зсувним регістром SPI. Запис у регістр SPDR ініціює передачу даних, а зчитування регістра викликає читання зсувного регістра прийому.

Регістр статусу SPI показано біт за бітом на рис. 4.14.

Біт 7 – SPIF: SPI Interrupt Flag – це прапор переривання SPI. Після завершення обміну послідовними даними біт SPIF встановлюється в 1. Якщо біт SPIF в регістрі SPCR встановлений, а глобальні переривання дозволені, генерується сигнал переривання. Біт SPIF автоматично скидається при обробці відповідного вектора переривання. Також його можна скинути шляхом зчитування стану регістра статусу SPI, коли біт SPIF встановлений, і наступного звернення до регістра даних SPI (SPDR).

Біт 6 – WCOL: Write Collision Flag – це прапор помилки при записі. Біт WCOL встановлюється в 1, якщо під час передачі даних відбулася колізія запису. Зчитування або запис в регістр даних (SPDR) під час передачі даних може призвести до некоректного результату. Біт WCOL (і біт SPIF) автоматично скидаються при зчитуванні регістра статусу SPI, коли біт WCOL встановлений, і наступного звернення до регістра даних SPI (SPDR).

Біти 5 ... 0 – Res: Reserved bits – це зарезервовані біти. У мікроконтролерах ці біти завжди мають значення 0 при зчитуванні.

Біти	7	6	5	4	3	2	1	0	
\$0F (\$2F)	MSB							LSB	SPDR
Читання/запис	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	
Початковий стан	0	0	0	0	0	0	0	0	

Рис. 4.13. Регістр даних SPI – SPDR (SPI Data Register)

Біти	7	6	5	4	3	2	1	0	
\$0F (\$2F)	SPIF	WCOL	-	-	-	-	-	-	SPSR
Читання/запис	R	R	R	R	R	R	R	R	
Початковий стан	0	0	0	0	0	0	0	0	

Рис.4.14. Регістр статусу SPI – SPSR (Status Register)

Регістр управління SPI показано біт за бітом на рис. 4.15.

Біт 7 – SPIE: SPI Interrupt Enable – дозвіл переривань SPI. Встановлення біта SPIE в 1 призводить до встановлення біта SPIF в регістрі SPSR. Якщо глобальні переривання дозволені, виконується переривання SPI.

Біт 6 – SPE: SPI Enable – дозвіл SPI. Встановлення біта SPE в 1 дозволяє підключати SS, MOSI, MISO і SCK до виводів PB4, PB5, PB6 і PB7.

Біт 5 – DORD: Data Order – порядок даних. При встановленні біта DORD в 1 передача слова даних відбувається з менш значущого біту (LSB) вперед. При очищенні біта DORD передається найбільш значущий біт (MSB) слова даних першим.

Біт MSTR: Master/Slave Select – вибір режиму ведучого/веденого. При встановленні біта MSTR в 1 SPI працює у режимі ведучого, а при очищенні біта - у режимі веденого. Якщо SS налаштований як вхід і має низький рівень при встановленому біті MSTR, то MSTR буде скинуто, а біт SPIF в регістрі SPSR буде встановлено. Щоб знову дозволити режим ведучого в SPI, користувач повинен встановити біт MSTR.

Біт 3 – CPOL: Clock Polarity – полярність тактового сигналу. В затримці режиму SCK знаходиться на високому рівні при встановленому біті CPOL і на низькому рівні при очищеному біті CPOL.

Біт 2 – CPHA: Clock Phase – фаза тактового сигналу.

Біти 1, 0 – SPR1, SPR0: SPI Clock Rate Select 1 and 0 – вибір частоти тактового сигналу, біти 1 та 0. Ці два біти керують частотою тактового сигналу у режимі ведучого. У режимі веденого стан бітів не має впливу.

Біти	7	6	5	4	3	2	1	0	
\$0F (\$2F)	SPIE	SPE	DORD	MSTR	CPOL	CPHA	SPR1	SPR0	SPCR
Читання/запис	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	
Початковий стан	0	0	0	0	0	0	0	0	

Рис. 4.15. Регістр управління SPI – SPCR (Control Register)

4.3. Опис роботи системи керування

На основі розробленої структурної схеми виконаємо розробку схеми електричної принципової з урахуванням обраної елементної бази мікропроцесорної системи та інтерфейсів підключення датчиків та виконавчих механізмів. Схема електрична принципова (ГОСТ 2.702-75) є видом електричної схеми виробу, що дає найповніше уявлення про склад і принцип його роботи. При виконанні схем цифрової обчислювальної техніки керуються ГОСТ 2.708-81.

Основну керуючу функцію в автоматизованій системі управління покладено на мікроконтролер. Розглянемо призначення портів P0, P1, P2 та P3 мікроконтролера. Дані порти призначені для інформаційного обміну між АРМ диспетчера та мікросхемою контролера. В табл. 4.2 наведений розподіл всіх ліній портів мікроконтролера.

Приймання даних здійснюється наступним чином. Сигнали з датчиків через роз'єми AD0 ... AD6 надходять на мультиплексор DA1. Для вибору датчика на адресні входи мультиплексора DA1 з ліній портів P2.0 ... P2.2 мікроконтролера DD1 надходить адреса комутованого датчика. Після цього низьким рівнем з лінії порту P2 запускається АЦП DA2. Після отримання сигналу готовності на P2 з АЦП, мікроконтролер подає на АЦП сигнал низького рівня, що дозволяє видачу перетворених даних на шину даних.

Порт P3 використовується для управління інтерфейсом SPI. Відбувається передача та прийом сигналів у вигляді посилок від модуля зв'язку та навпаки.

Клавіатура та індикація приєднується до мікроконтролера через регістри DD7...DD15 та роз'єм пульта XT2.1, XT2.2. Мікроконтролер опрацьовує сигнали з датчиків та клавіатури і посилає сигнали на виконавчі механізми BM1...BM10 та індикацію Seg1. Сигнали з АЦП та шина керування АЦП надходять до порту P3 мікроконтролера. Індикація заданих та поточних даних виконується за допомогою шести семи сегментних індикаторів, підключених через регістри до шини даних та до роз'єма пульта.

Виконавчі механізми (клапани, шнеки, насоси, двигун міксера та двигун екструдера) приєднуються до мікроконтролера порту P1 через регістри та ЦАП. Управління виконавчими механізмами здійснюється через регістри DD3...DD4.

Сигнали з мікроконтролера надсилаються до дешифратора через порт P3. Вибір певного виконавчого механізму здійснюється через адресні дані регістра, на які подається сигнал з дешифратора DD16, до якого підключені входи запису та скидання відповідних регістрів.

Схема електрична принципова системи керування виготовленням розпавленої суміші зображена в додатку Б та перелік вибраної бази елементів зображено в додатку В.

Таблиця

Розподіл виводів мікроконтролера за призначенням в схемі

P0.0	1	Блоки управління насосом та двигуном
P0.1	2	
P1.0	D0	Шина даних (підключення виконавчих механізмів)
P1.1	D1	

P1.2	D2	Шина даних (підключення клавіатури, елементів індикації через роз'єм пульта)
P1.3	D3	
P1.4	D4	
P1.5	D5	
P1.6	D6	
P1.7	D7	
P2.0	pA0	Підключення оптопар
P2.1	pA1	
P2.2	pA2	
P2.3	AD	Підключення АЦП
P2.4	ADC-ST	
P2.5	pREAD	Підключення сигналів АЦП pREAD, pCLK та pDATA
P2.6	pCLK	
P2.7	pDATA	
P3.0	SS	Підключення інтерфейсу SPI
P3.1	MOSI	
P3.2	SCLK	
P3.3	SPI-DIR	
P3.4	S0	Адресна шина – керування дешифратором шини даних
P3.5	S1	
P3.6	S2	
P3.7	S3	
RST		Підключення схеми скидання мікроконтролера
XT1		Підключення кварцевого резонатора
XT2		
Vcc		Живлення МК
GND		Заземлення МК

4.4. Висновки до розділу 4

У цьому розділі розроблено електричну принципову схему, в якій використана відповідна елементна база, що відповідає розробленій структурній схемі. Був проведений опис інтерфейсу Serial Peripheral Interface (SPI) та надано пояснення щодо роботи системи керування дозуванням, змішуванням та екструдуюванням компонентів для виготовлення розплавленої суміші.

5. РОЗРОБКА АЛГОРИТМІЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ РОБОТИ МІКРОКОНТРОЛЕРА

5.1. Алгоритми роботи мікроконтролера

У системі управління автоматизованої системи виконується алгоритмічне забезпечення, яке представлено у вигляді послідовності логічних операцій, виконуваних мікроконтролером. Цей алгоритм складається з декількох багаторівневих складових алгоритмів, зокрема основного циклу роботи мікроконтролера, ініціалізації даних, алгоритму роботи з пультом, задання параметрів на пульті, алгоритму задачі керування та алгоритму роботи з пультом при виведенні параметрів на пульт та опитуванні клавіатури.

Початковим кроком роботи мікропроцесорної системи є ініціалізація даних, після чого встановлюються параметри, що підлягають керуванню. Якщо значення bWORK дорівнює 1, система починає вимірювати та виводити параметри на екран. У випадку, коли значення bWORK дорівнює 0, контролер віддає команду на зупинку процесу виготовлення розплавленої суміші.

Після ініціалізації виконується задання параметрів з пульта та перевірка натискання кнопок. Потім відбувається зчитування даних з датчиків та видача керуючих дій на виконавчі механізми. Основними завданнями керування мікроконтролером є дозування по черзі всіх компонентів у мірну ємність, далі відбувається пересипання продозованих речовин до змішувальної ємності, ввімкнення міксера та насосу для подачі рідини. Після завершення процесу змішування вмикається насос та відкачує диспереговану суміш до камери екструдера, де відбувається екструзія суміші до однорідної структури. Після цих кроків відбувається виведення параметрів на пульт та опитування клавіатури.

Розроблені алгоритми представлені на рис. 5.1-5.4.

Цикл роботи контролера

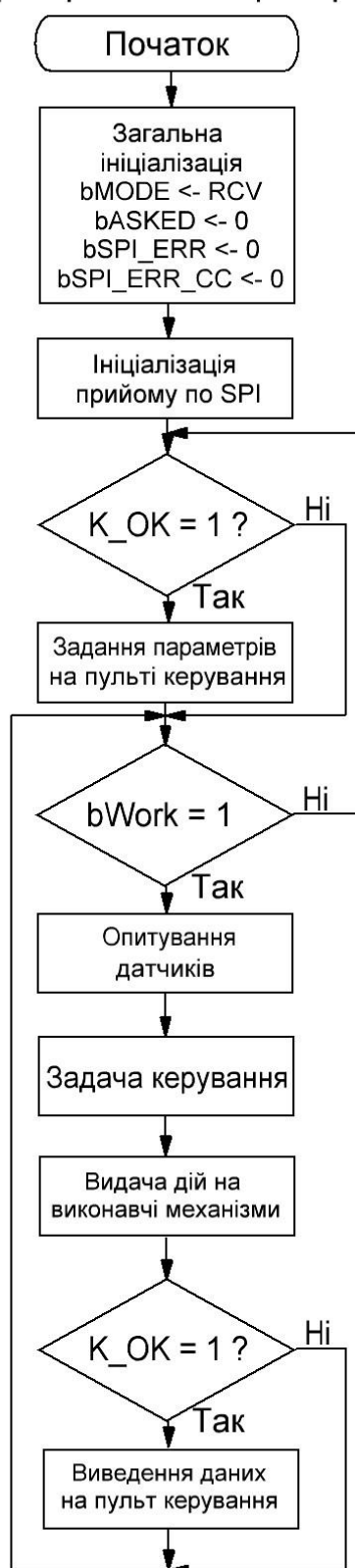


Рис. 5.1. Алгоритм основного циклу роботи мікроконтролера

У даному алгоритмі спочатку виконується загальна ініціалізація даних, де значення змінних встановлюються на 0. Після цього проводиться перевірка наявності підключення пульта керування. Якщо пульт підключений, відбувається задання параметрів за допомогою пульта. У випадку відсутності пульта, цей процес пропускається.

Далі перевіряється стан процесу виготовлення розплавленої суміші. Якщо процес увімкнений, здійснюється опитування датчиків, виконується основне завдання керування та регулювання виконавчими механізмами. Якщо був підключений пульт керування, параметри виводяться на пульт, а також знову проводиться опитування клавіатури.

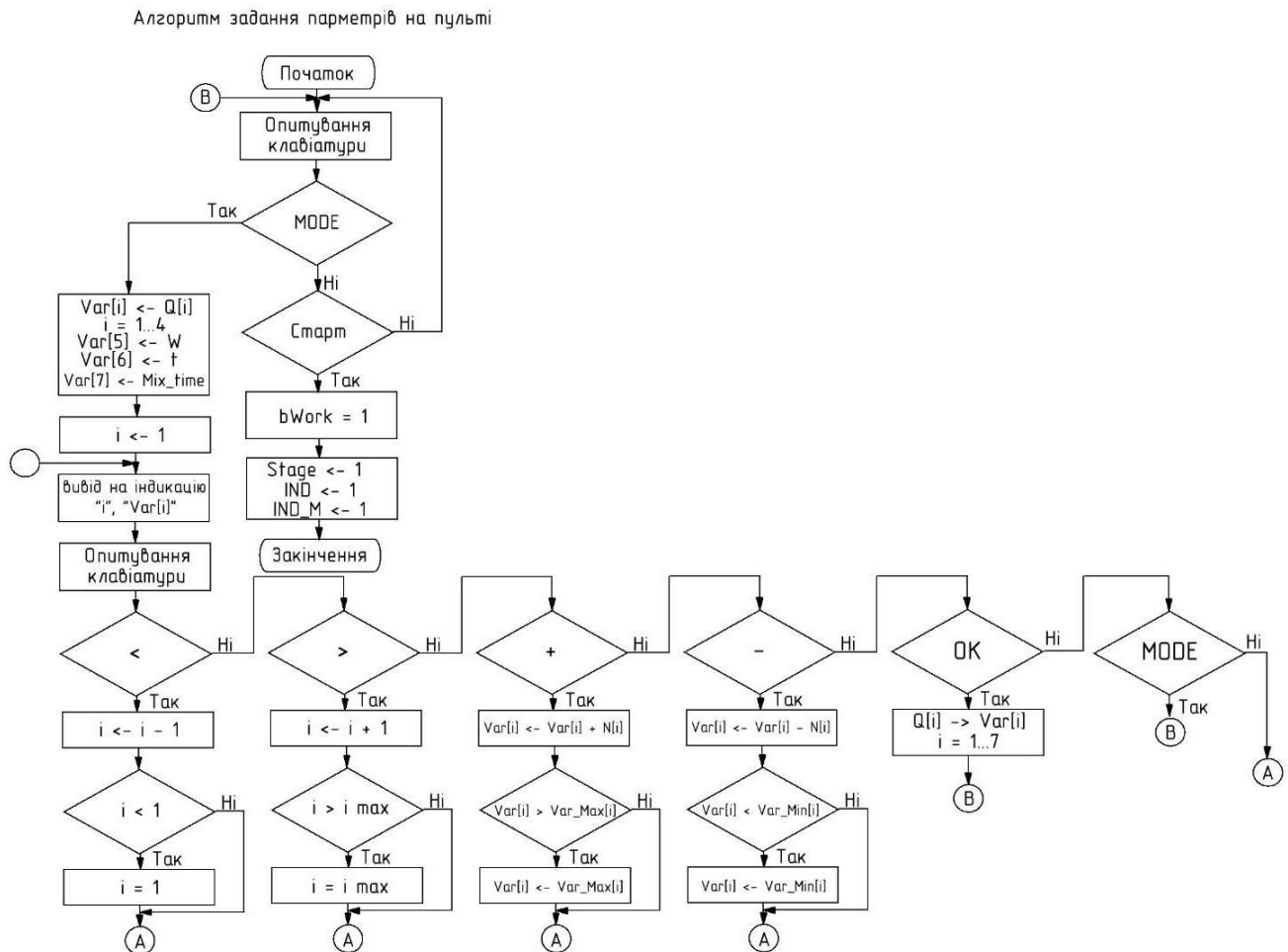


Рис. 5.2. Алгоритм роботи з пультом та задання параметрів

У даному алгоритмі спочатку здійснюється апаратне опитування клавіатури та перевірка натиснення кожної кнопки на пульті керування. Після цього розглядається основна задача керування (рис. 5.3). Процес виготовлення порошкової фарби поділяється на шість стадій, і кожна стадія перевіряється на правильну роботу.

У першій стадії перевіряється завантаження сировини по бункерам.

У другій стадії перевіряється наявність компонентів та пересипання їх у мірну ємність із заданою кількістю кожного компоненту.

Третя стадія включає пересипання продозованих компонентів до змішувальної ємності та вмикання міксера після надходження суміші. Також керування водонасосом для подачі рідини в потрібний момент.

У четвертій стадії вимикається міксер і вмикається насос для відкачування змішаної суміші до камери екструдера, де відбувається кінцеве прокачування суміші в гарячий розплав.

П'ята стадія відповідає за прокачування сировини по охолоджуючому барабану, де суміш застигає і готова до подрібнення.

Шоста стадія є кінцевим етапом, в якому фарбу подрібнюють до певного розміру в залежності від швидкості двигуна млина, щоб забезпечити можливість рівного нанесення фарби на об'єкт та забезпечення певних фізичних властивостей.

В цьому алгоритмі реалізовано задачу виведення на індикацію поточних та заданих значень та опитування клавіатури на рахунок натискання певних кнопок, а саме кнопки перебору параметрів, підтвердження «ОК» та натиснення кнопки «STOP».

Алгоритм роботи з пультом під час виконання основної задачі

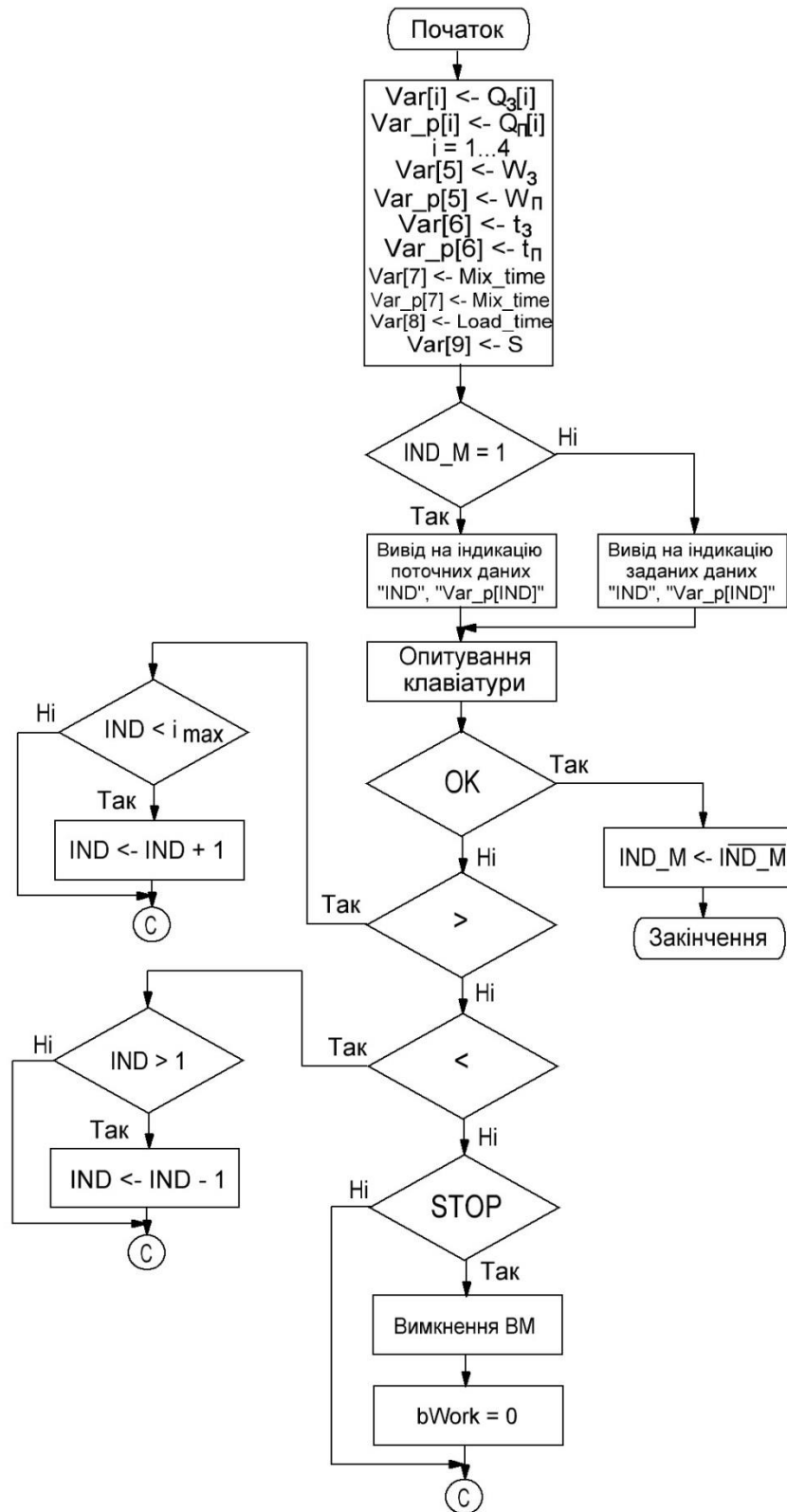


Рис. 5.3 Алгоритм роботи з пультом під час виконання основної задачі

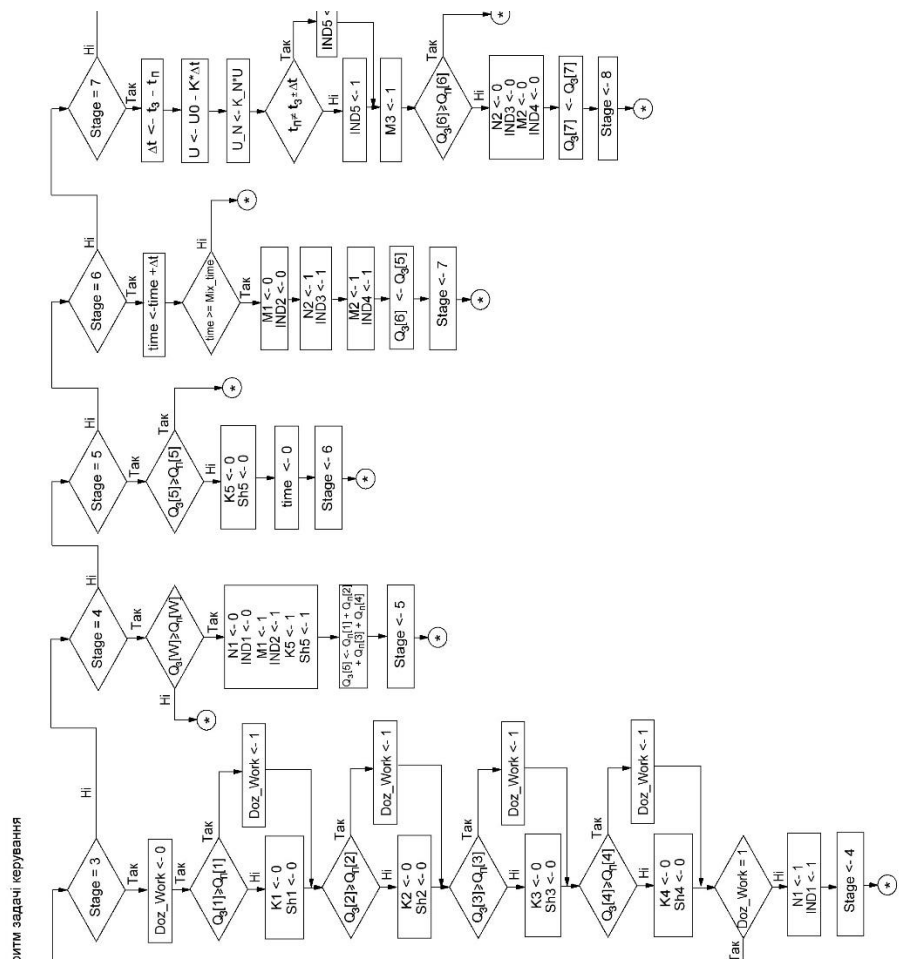


Рис. 5.4. Алгоритм задачі керування

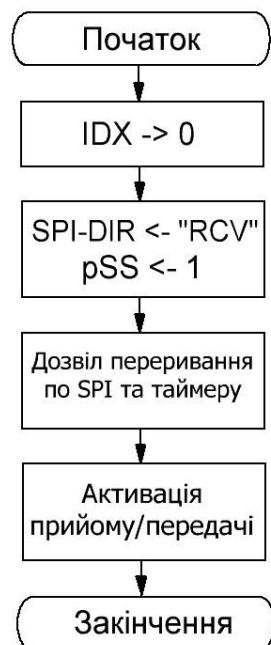
5.2. Алгоритми передачі посилки між керуючою ЕОМ та модулями

У сучасних телемеханічних системах функції керування здійснюються на верхньому рівні, де накопичується інформація про поточний стан об'єктів та розраховуються керуючі впливи, які передаються на нижній рівень у вигляді інформаційних повідомлень. Цей підхід може бути проблематичним для задач регулювання швидкозмінних неперервних параметрів через значну інерційність реакції системи на зміни стану об'єкта. Доцільно підвищити ефективність роботи АСУ, перенісши деякі функції керування з верхнього рівня на місцеві контролери. Наприклад, модуль керування змішуванням компонентів (МКЗК) може слугувати таким контролером для ділянки виготовлення розплавленої суміші. Це зменшить обсяг інформаційних посилки та прискорить реакцію системи на зміни параметрів об'єкта керування.

Для передачі інформаційних повідомлень обрано інтерфейс SPI (Serial Peripheral Interface), також відомий як Microwire, що є трьохпровідним синхронним інтерфейсом з окремими лініями для вхідних і вихідних даних. Інтерфейс SPI використовується для зв'язку мікроконтролера з периферійними мікросхемами та мікросхемами пам'яті, забезпечуючи високу швидкість передачі даних. Частота синхронізації може досягати 5 МГц, що дозволяє одночасну передачу та прийом біта даних за кожен такт. При використанні цього інтерфейсу передбачається з'єднання одного провідного пристрою з одним або кількома веденими пристроями.

Детальні алгоритми передачі посилки по обраному інтерфейсі зображені на рис. 5.5-5.10.

Ініціалізація прийому по SPI



Ініціалізація передачі по SPI

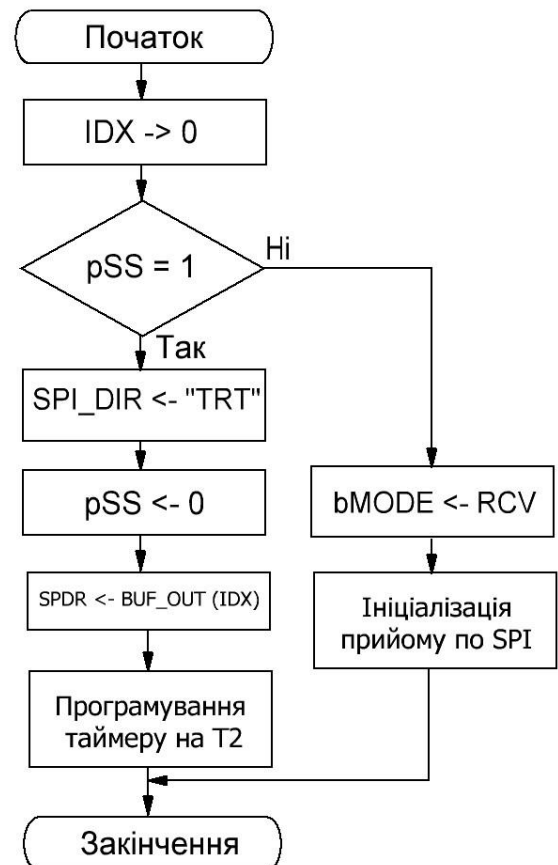


Рис. 5.5-5.6. Алгоритми прийому та передачі даних по SPI

Обробка переривань по таймеру SPI

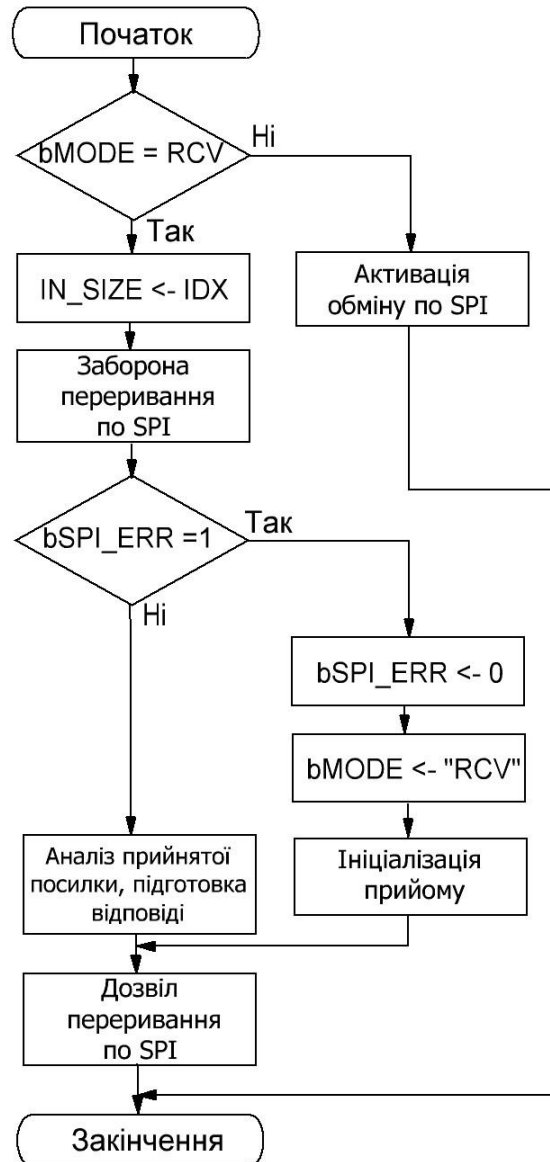


Рис. 5.7. Алгоритм обробки переривань по таймеру SPI

Обробка переривань по SPI

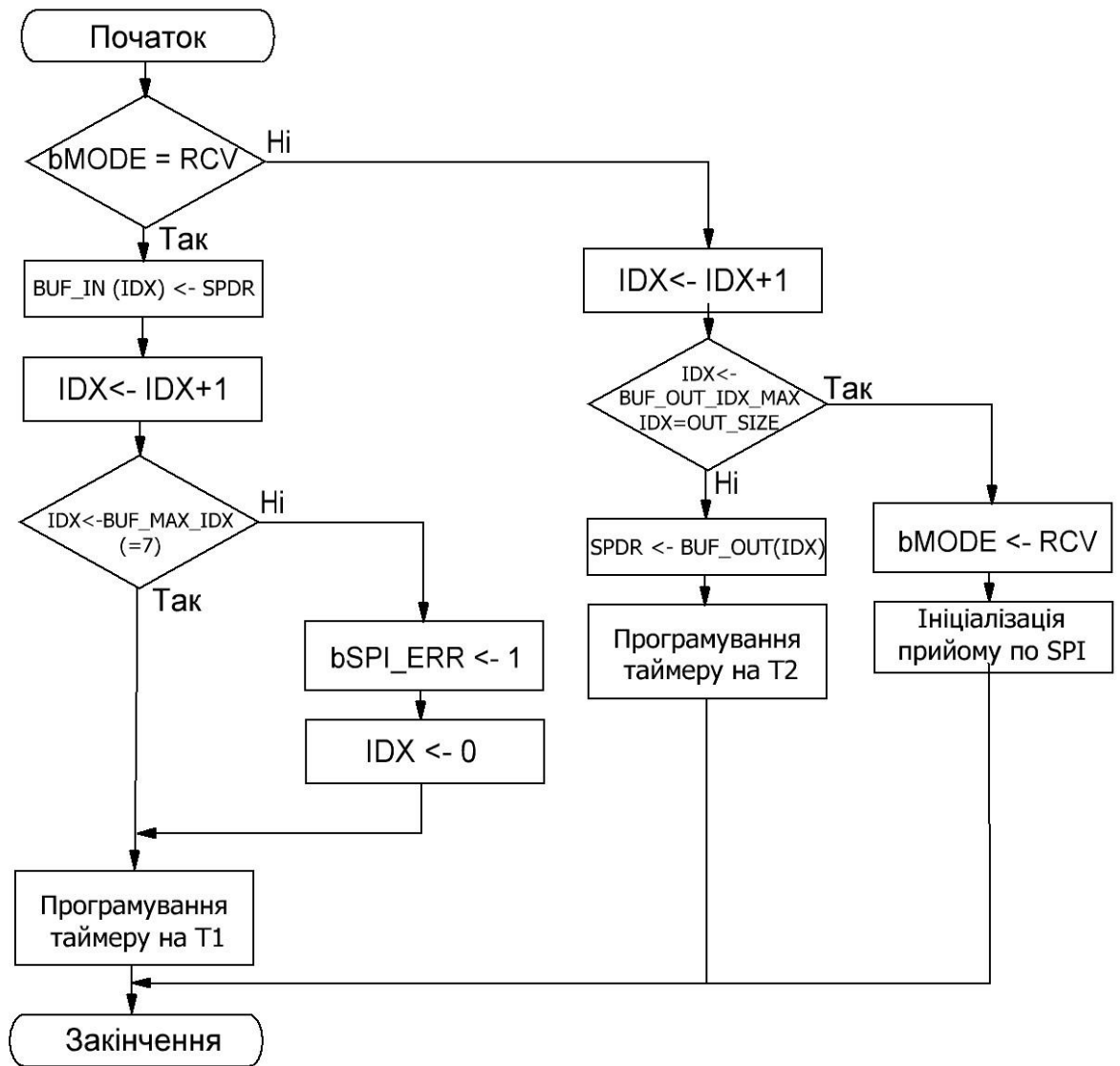
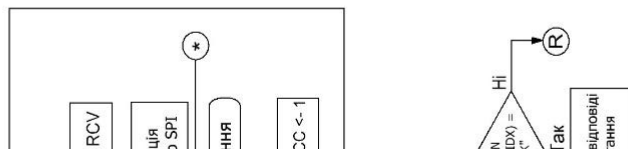
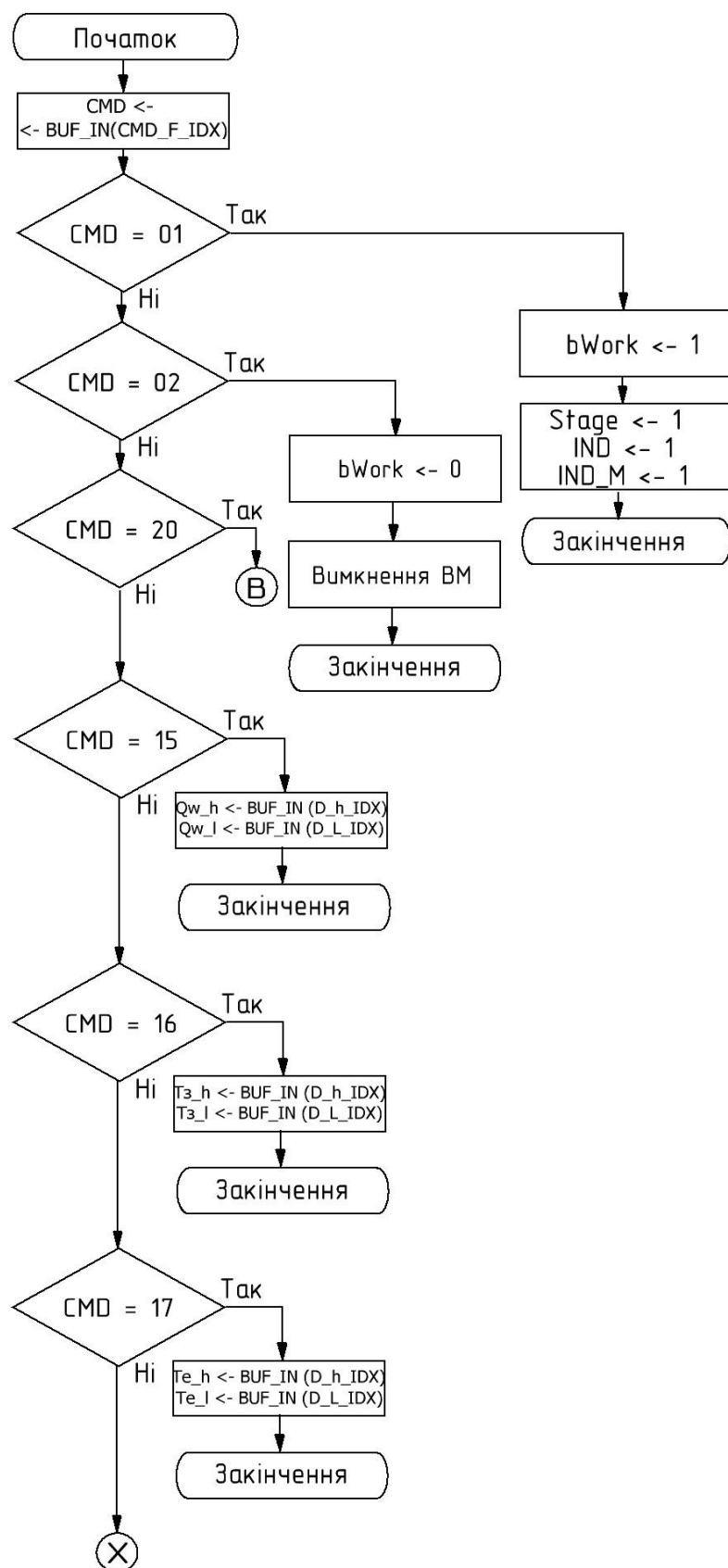


Рис. 5.8. Алгоритм обробки переривань по SPI



даних для КП

Аналіз посиліок для контролера



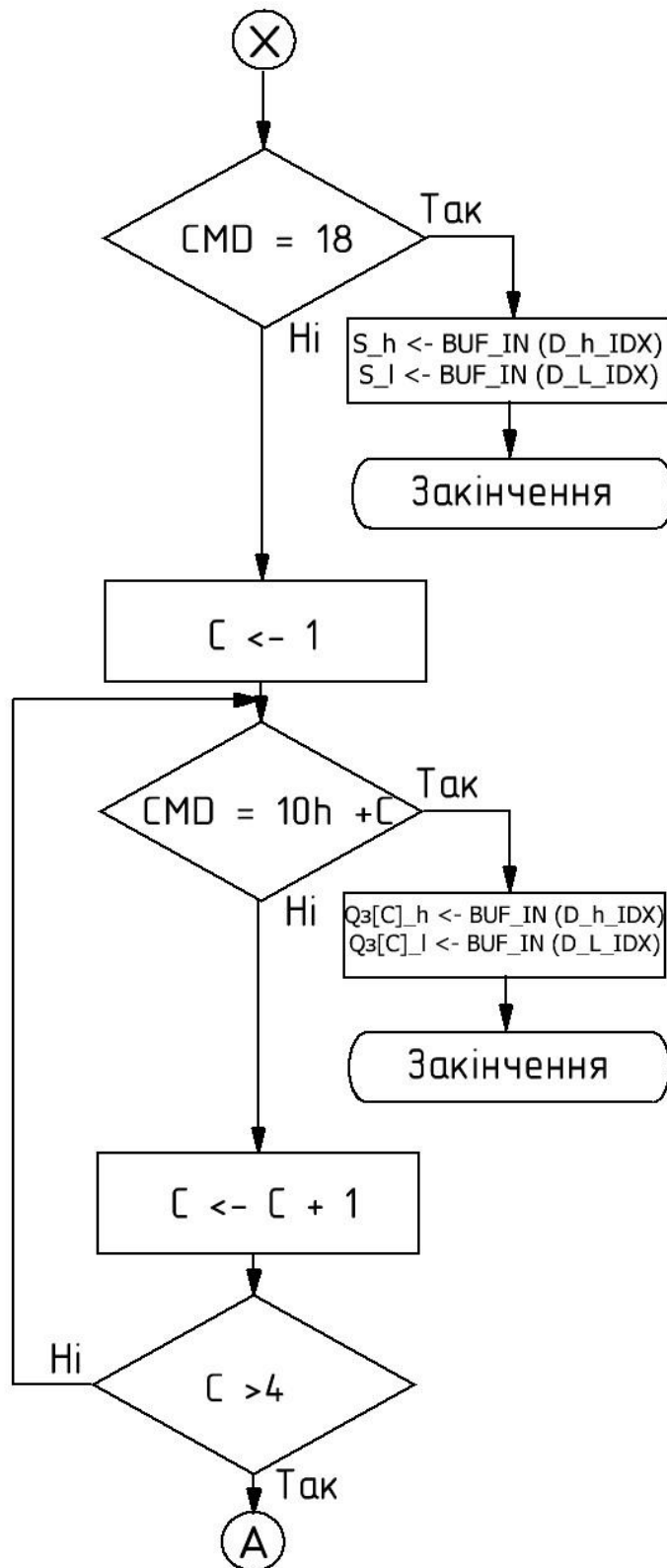
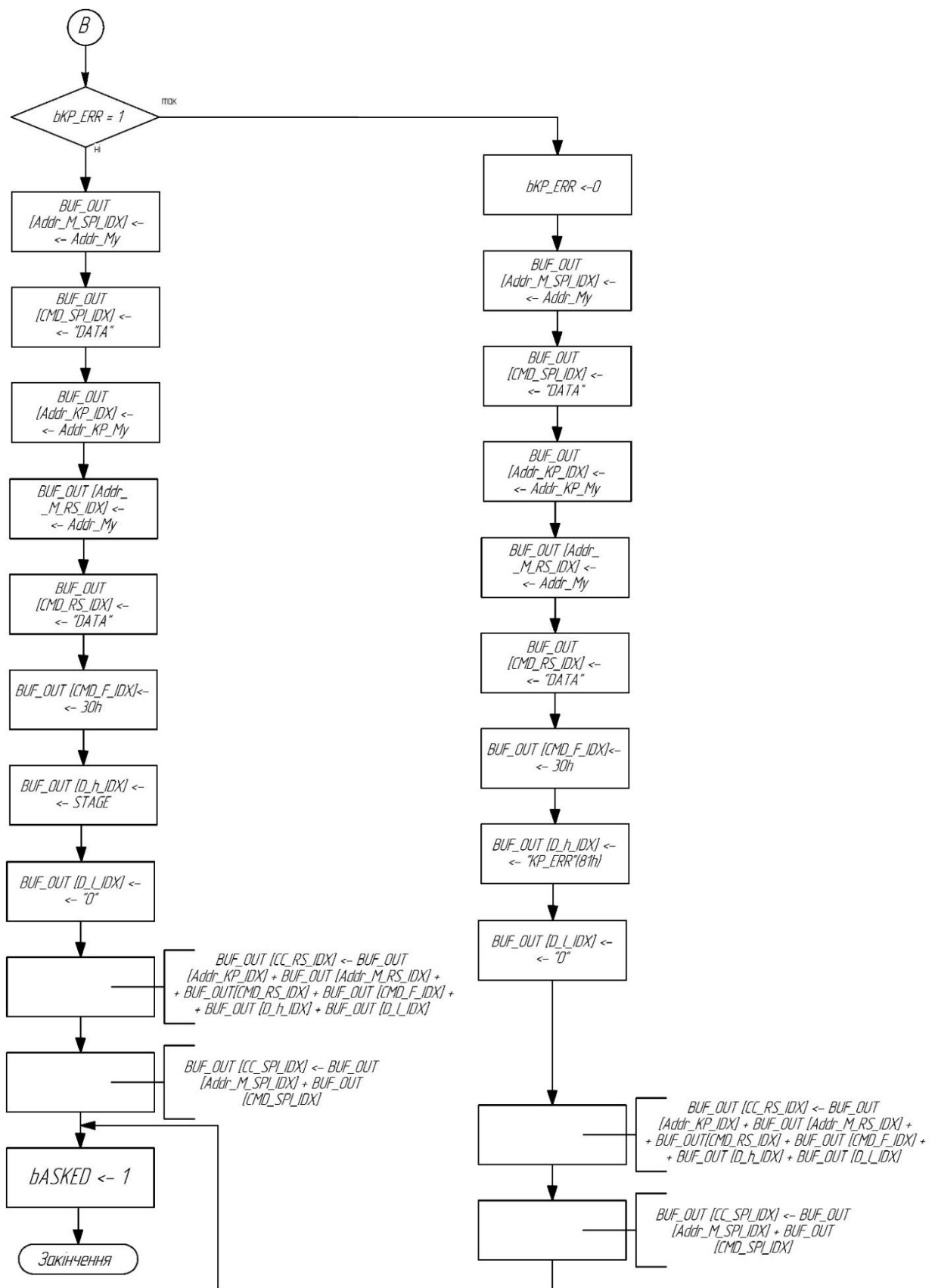
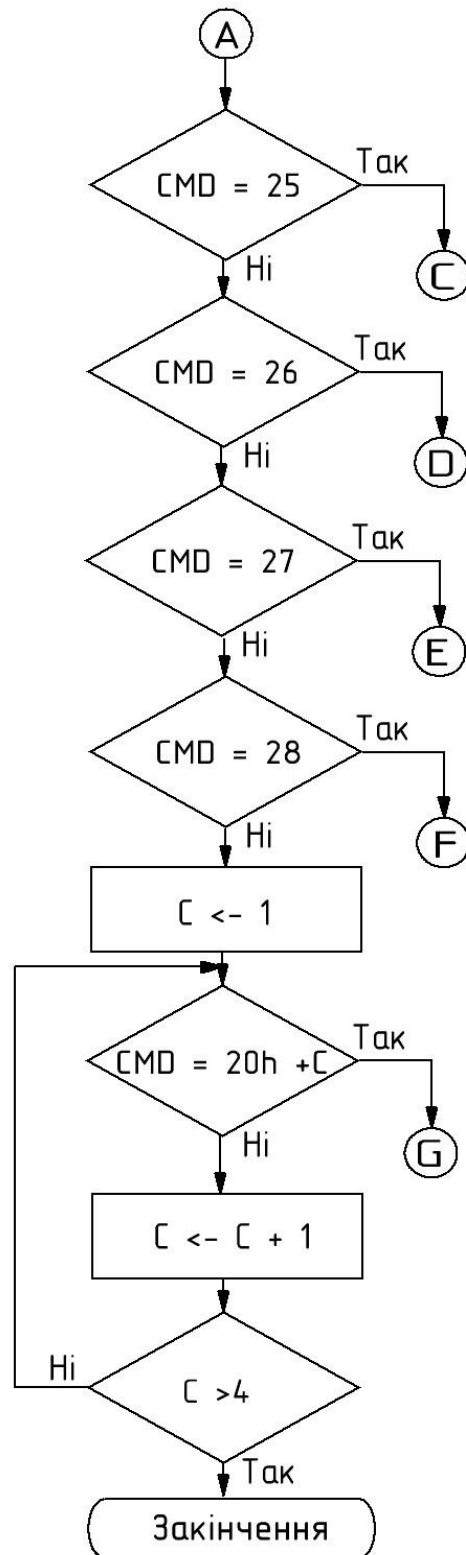
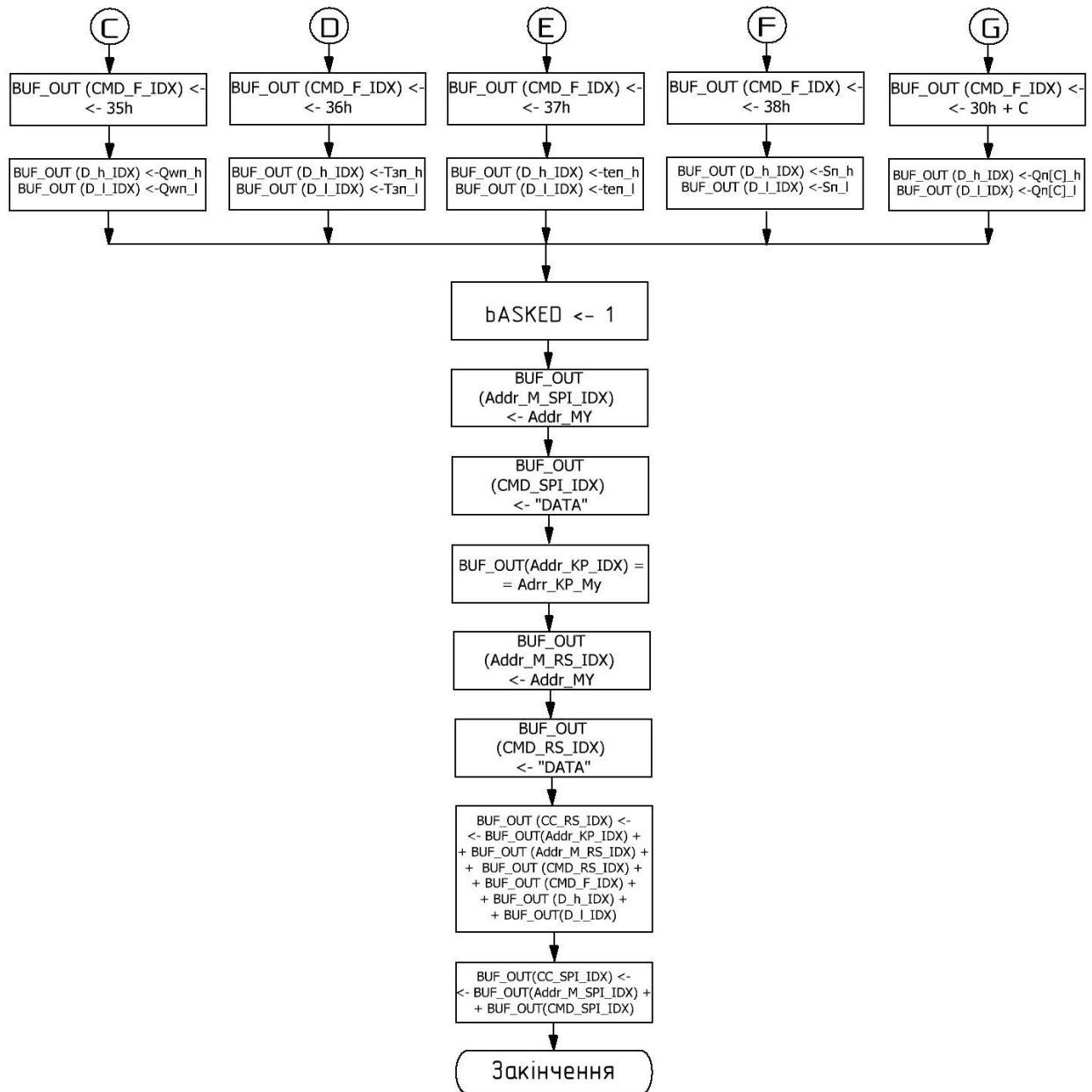


Рис. 5.10. Алгоритм аналізу посилок для основної роботи контролера



Продовження рис. 5.10





Продовження рис. 5.10

5.3. Висновки за розділом 5

В цьому розділі було розроблено та представлено опис посилок передачі даних по обраному інтерфейсі, алгоритми роботи мікроконтролера та алгоритми передачі посилок між керуючою ЕОМ та модулями.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

В результаті виконання даної дипломної роботи була розроблена автоматизована система керування обладнанням для розподіленої системи процесу змішування компонентів та гомогенізацію суміші для виготовлення порошкової фарби. Ділянки дозування, змішування та екструзії були обрані як об'єкт автоматизації.

Розроблені функціональні модулі керування мають високі технічні показники якості роботи. Вони забезпечують моніторинг та індикацію заданих значень об'єму основних компонентів відповідно до заданого рецепту. Керування процесом змішування здійснюється за релейним законом, а гомогенізації – ПІ законом. Розроблені модулі дозволяють зручне управління технологічним процесом виготовлення розплавленої суміші у в режимі реального часу без необхідності зупинки обладнання для перенастроювання. Керування здійснюється з використанням розробленого пульта керування.

При розробці використовувався мікроконтролер AT89S53, який дозволяє в майбутньому додавати різноманітні датчики з аналоговими або цифровими виходами для поліпшення технологічного процесу. При розширенні функціональності системи час обробки інформації контролером та час на виконання керуючих впливів залишатимуться практично незмінними. Це забезпечує точний контроль над регульованими параметрами, швидку реакцію системи на будь-які зміни, можливість в будь-який момент змінити задані параметри та відстежувати поточні значення.

Елементна база була підібрана з метою забезпечення якнайточнішого та швидшого вимірювання та керування обраними параметрами. Була розроблена електрична принципова схема, а також детальний алгоритм роботи мікроконтролера. Описано також протокол передачі даних через обраний інтерфейс.

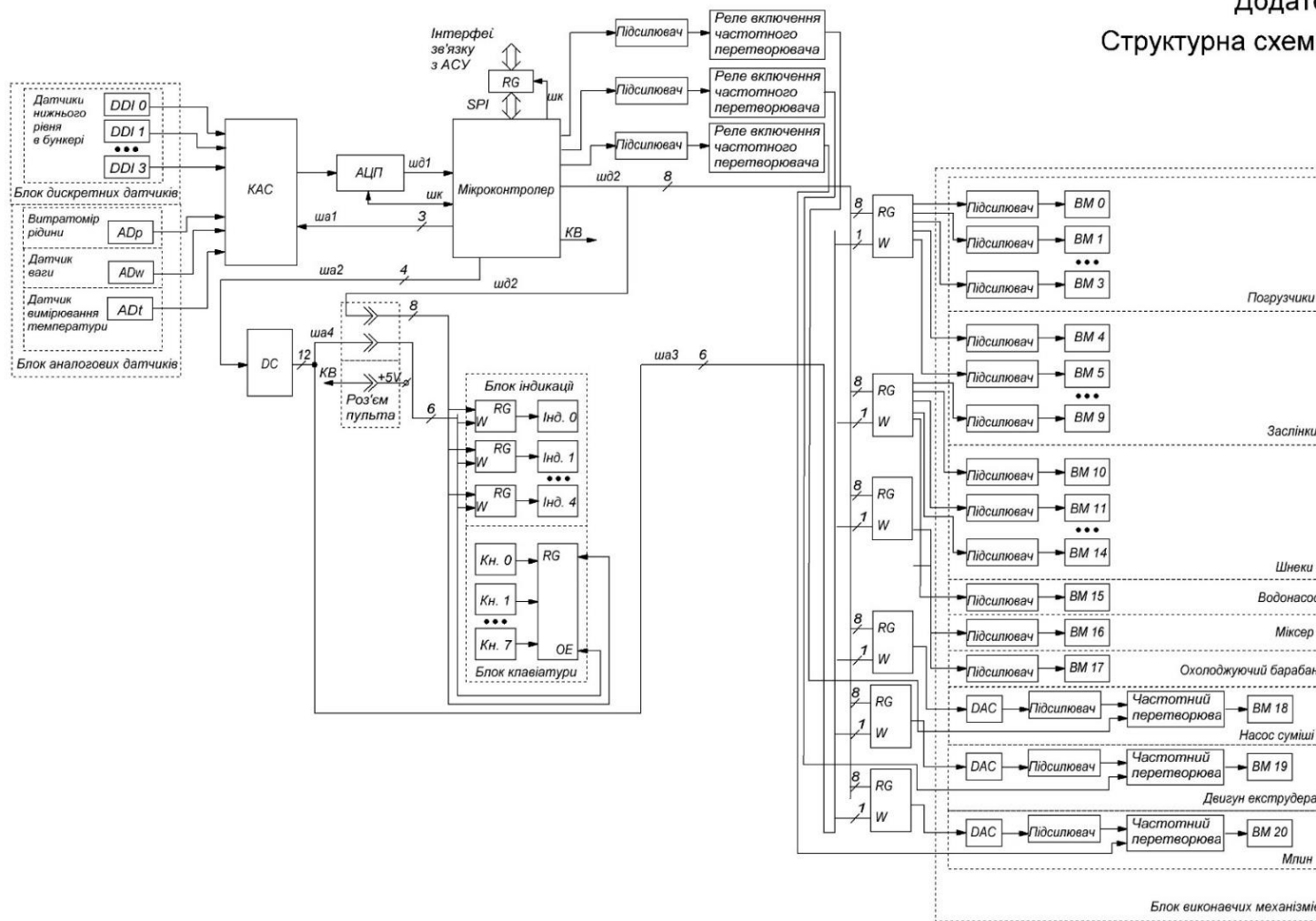
ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Кривенко П.В. Будівельне матеріалознавство: підручник / П.В. Кривенко, К.К. Пушкарьова, В.Б. Барановський та ін. – К.: ТОВ УВПК “ЕксОб”, 2004. – 704 с.
2. Свидерский В.А. Состояние, структура и перспективы развития рынка лакокрасочной продукции в Украине / В.А. Свидерский, Т.А. Караваев. – Киев, 2010. – Вип. № 9. – С. 8 – 16.
3. De Lange, P. A. History of Powder Coating / P. De Lange. – Paint & Coatings Industry Magazine Available, 2004. – Vol.2. – pp.16 – 24.
4. Виробництво фарби, технологія та обладнання: [Електрон. ресурс]. – Режим доступу: <https://jak.koshachek.com/articles/virobnictvo-farbi-obladnannja-ta-tehnologija.html>
5. Види фарб і лаків, особливості виробництва: [Електрон. ресурс]. – Режим доступу: <https://www.systopt.com.ua/article-kak-delayut-krasky-y-laky>
6. Технічна документація мікроконтролер AT89S53 – технічні характеристики, особливості архітектури побудови, програмування контролера: [Електрон. ресурс]. – Режим доступу: www.gaw.ru > Atmel > Микроконтроллеры > S53.
7. Каталог вимірювальних пристроїв - опис та технічні характеристики пристроїв: [Електрон. ресурс]. – Режим доступу: <http://ecountit.com.ua/>.
8. Построение автоматизированных систем управления на базе микроконтроллеров: [Електрон. ресурс]. – Режим доступу: www.microchip.com.controller_avr.
9. Брок Т. Европейское руководство по лакокрасочным материалам и покрытиям / Т. Брок, М. Гротеклаус, ПэйнтМедиа, Москва, 2007. – 548 с.
10. Misev, T.A. Powder Coatings Technology: New Developments at the Turn of the Century / T.A Misev, R. Van der Linde, Progress in Organic Coatings, 1998. – Vol. 34. – pp. 160 – 168.

ДОДАТКИ

Додаток А

Структурна схема автоматизації



						МКАТ.480 005.062 - Е1			
						Модуль керування змішуванням компонентів розподіленої автоматизованої системи керування виготовлення лакофарбової продукції Структурна схема	Лист	Масса	Масштаб
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата					
Разраб.		Лівінський М.М.							
Провер.		Підтиченко О.В.							
Т. контр.									
Реценз.						Лист	Листов		
Н. контр.									
Утверд.									
						"Житомирська політехніка", гр. АТ-28м			

МКАТ.480 005.062 - ЕЗ

Додаток Б

Схема електрична принципова

Додаток Б
Схема електрична принципова

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
Разраб.		Лівінський М.М.		
Провер.		Підтченко О.В.		
Т. контр.				
Реценз.				
Н. контр.				
Утверд.				

МКАТ.480 005.062 - ЕЗ

Модуль керування змішуванням компонентів розподіленої автоматизованої системи керування виготовлення лакофарбової продукції

Схема електрична принципова

Лит

Масса

Масштаб

Лист

Листов

"Житомирська політехніка",
гр. АТ-28м

Копировал

Формат

Пере. примен.

Справа. №

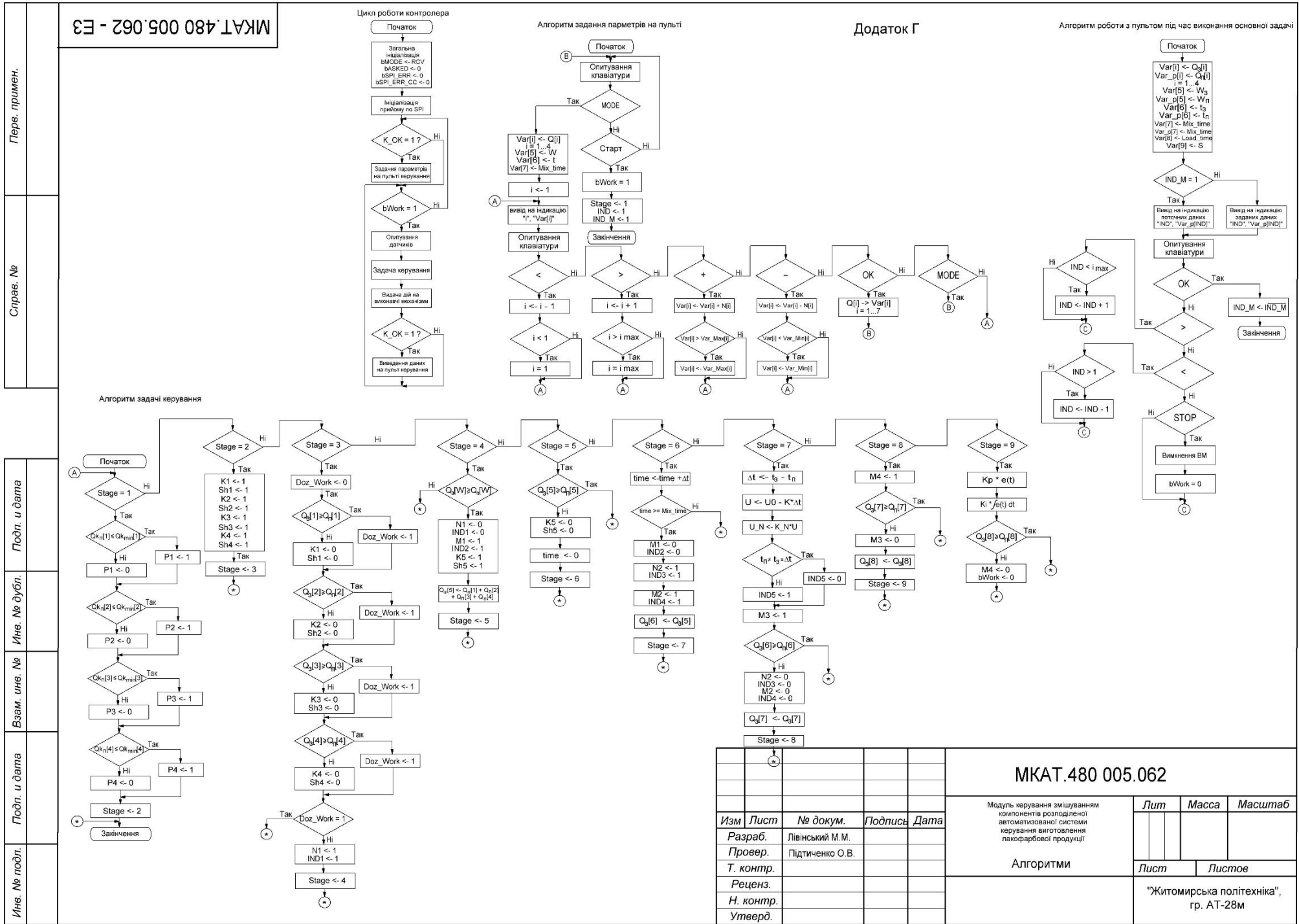
Полн. и дата

Име. № дубл.

Взам. инв. №

Полн. и дата

Име. № подл.



МКАТ.480 005.062

Додаток Г

Алгоритм работы с пультом под час выполнения основной задачи

Цикл работы контролера

Алгоритм задания параметров на пульт

Алгоритм задачи управления

МКАТ.480 005.062

Додаток Г

Алгоритм работы с пультом под час выполнения основной задачи

Цикл работы контролера

Алгоритм задания параметров на пульт

Алгоритм задачи управления

МКАТ.480 005.062

Додаток Г

Алгоритм работы с пультом под час выполнения основной задачи

Цикл работы контролера

Алгоритм задания параметров на пульт

Алгоритм задачи управления

МКАТ.480 005.062

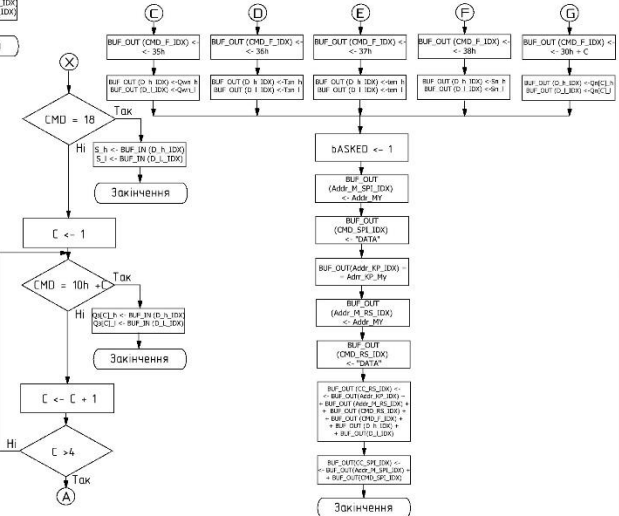
Додаток Г

Алгоритм работы с пультом под час выполнения основной задачи

Цикл работы контролера

Алгоритм задания параметров на пульт

Алгоритм задачи управления



						МКАТ.480 005.062					
						Модуль керування змішуванням компонентів розподіленої автоматизованої системи керування виготовлення лакофарбової продукції	Лист		Маса	Масштаб	
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата							
Разраб.		Лівінський М.М.									
Провер.		Підпиченко О.В.									
Т. контр.											
Реценз.						Алгоритми	Лист		Листов		
Н. контр.							"Житомирська політехніка", гр. АТ-28м				
Утверд.											