

Міністерство освіти і науки України  
Західноукраїнський національний університет  
Факультет комп'ютерних інформаційних технологій  
Кафедра спеціалізованих комп'ютерних систем

ГОЛОВАЦЬКИЙ Петро Степанович

СИСТЕМА АВТОМАТИЗОВАНОГО УПРАВЛІННЯ ЛІНІЄЮ  
РОЗЛИВУ КРАСКИ. / AUTOMATED CONTROL SYSTEM OF  
THE PAINT FILLING LINE.

спеціальність: 151 – Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології  
освітньо-професійна програма – Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані  
технології

Випускна кваліфікаційна робота  
здобувача першого (бакалаврського) рівня освіти

Виконав: студент групи АКІТ–41  
П. С. Головацький

---

Науковий керівник:  
к.т.н., доцент А. І. Сегін

---

Випускну кваліфікаційну роботу  
допущено до захисту:  
" \_\_\_\_ " \_\_\_\_\_ 2024 р.

Завідувач кафедри СКС  
\_\_\_\_\_ А. І. Сегін

Тернопіль 2024

Факультет комп'ютерних інформаційних технологій  
Кафедра спеціалізованих комп'ютерних систем  
Освітній ступінь "бакалавр"  
спеціальність: 151 – Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології  
освітньо-професійна програма – Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

**ЗАТВЕРДЖУЮ:**

зав. кафедри СКС

\_\_\_\_\_ А. І. Сегін  
" \_\_\_\_ ". \_\_\_\_\_ 2023р.

**З А В Д А Н Н Я**  
**НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ**  
**ГОЛОВАЦЬКОМУ Петру Степановичу**  
(прізвище, ім'я по-батькові)

**1. Тема кваліфікаційної роботи**

Система автоматизованого управління лінією розливу краски. / Automated control system of the paint filling line.  
керівник роботи к.т.н., доцент Сегін А. І.

затверджено наказом по університету від « 12 » грудня 2023 р. № 753

**2. Строк подання студентом закінченої кваліфікаційної роботи**

10 травня 2024р.

**3. Вихідні дані до кваліфікаційної роботи:**

1. Технічні характеристики та режими роботи автоматизованої системи дозованого наливу лако-фарбових матеріалів.
2. Вимоги до системи автоматичного управління дозованого наливу лако-фарбових матеріалів.
3. Забезпечення відповідних комунікаційних каналів із заданою завадозахищеністю.

**4. Основні питання, які потрібно розробити**

1. Розробити структурні схеми системи автоматизованого управління дозованого розливу лакофарбових матеріалів.
2. Розробити функціональну схему автоматизованої системи управління дозованого розливу фарби.
3. Розробити алгоритми функціонування розроблюваної системи автоматизованого управління в цілому та її компонентів.
4. Розрахунок частотних і часових характеристик ліній зв'язку, а також визначення їх завадостійкості.

## 5. Перелік графічного матеріалу у роботі

1. Структурна схема системи автоматизованого управління дозованого розливу лако-фарбових матеріалів.

2. Функціональна схема системи автоматизованого управління дозованого розливу лако-фарбових матеріалів.

3. Принципова схема вимірювальної частини системи автоматизованого управління.

4. Принципова електрична схема АСУ дозованого розливу рідин.

5. Принципова електрична схема пункту управління дозованого розливу.

## 6. Консультанти розділів кваліфікаційної роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
1	Сегін А. І.		
2	Сегін А. І.		
3	Сегін А. І.		

## 7. Дата видачі завдання 12 грудня 2023р.

### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назви етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналіз технологічного процесу та автоматизованих систем управління насосними станціями подачі крижаної води існуючих на молокопереробних підприємствах	15.12.2023р. – 31.01.2024р.	виконано
2	Силове обладнання установки подачі крижаної води	01.02. 2024р.– 15.03.2024р.	виконано
3	Розробка автоматизованої системи управління насосною станцією подачі льодяної води	16.03.2024р. – 30.04.2024р.	виконано
4	Остаточне оформлення та подача кваліфікаційної роботи на перевірку щодо плагіату	1.05.2024р. – 10.05.2024	виконано

Студент \_\_\_\_\_

(підпис)

Головацький П. С..

Керівник роботи \_\_\_\_\_

(підпис)

к.т.н.. доц. Сегін А. І.

## АНОТАЦІЯ

ГОЛОВАЦЬКИЙ П. С. Система автоматизованого управління лінією розливу краски.

Дослідження на здобуття освітнього ступеня «бакалавр» за спеціальністю 151 – Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології, освітньо-професійною програмою – Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології. – Західноукраїнський національний університет, Тернопіль. 2024.

У кваліфікаційній роботі проведено аналіз існуючих систем автоматизованого управління наливу рідин в тару, а також досліджено науково-інформаційні джерела в цій сфері.

На основі цього було розроблено автоматизовану систему управління дозованого розливу лако-фарбових матеріалів у підготовлену тару, яка характеризується високою точністю дозування та відносно невеликою вартістю у порівнянні з відомими аналогами.

Використання розробленої автоматизованої системи управління дозованим розливом лако-фарбових матеріалів у тару, яка налаштована під специфіку даної задачі, забезпечує підвищення продуктивності виробництва та зниження кінцевої собівартості продукції.

## ANNOTATION

HOLOVATSKY P. S. System of automated control of the paint filling line.

Research for obtaining a bachelor's degree in the specialty 151 - Automation and computer-integrated technologies, educational and professional program - Automation and computer-integrated technologies. – Western Ukrainian National University, Ternopil. 2024.

In the qualification work, an analysis of the existing systems of automated control of pouring liquids into containers was carried out, and scientific and informational sources in this field were also investigated.

On the basis of this, an automated control system for dosed filling of varnish and paint materials into prepared containers was developed, which is characterized by high dosing accuracy and relatively low cost in comparison with known analogues.

The use of the developed automated control system for dosed pouring of paint and varnish materials into containers, which is adjusted to the specifics of this task, ensures an increase in production productivity and a decrease in the final cost of products.

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
1 СУЧАСНІ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ДОЗОВАНОГО РОЗЛИВУ ЛФМ.....	10
1.1 Застосування автоматизованих систем управління в системі дозованого розливу.....	10
1.2 Системи фасування фарби, дозування рідинної сировини та вимоги до них.....	13
2 РОЗРОБКА КА СТРУКТУРНИХ І ФУНКЦІОНАЛЬНИХ СХЕМ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ....	25
2.1 Розробка структурних схем системи автоматизованого управління лініями розливу лако-фарбових матеріалів.....	27
2.2 Розробка функціональної схеми автоматизації .....	29
2.3 Розрахунок параметрів характеристики електроприводу.....	35
2.4 Розрахунок параметрів частотного регулювання навантаження на насос та налаштування перетворювача частоти.....	37
3 ВИБІР АППАРАТНИХ ЗАСОБІВ ТА РОЗРОБКА АЛГОРИТМІВ РОБОТИ СИСТЕМИ АВТОМАТИЗОВАНОГО УПРАВЛІННЯ РОЗЛИВОМ ФАРБ .....	32
3.1 Вибір програмованого логічного контролера та інших апаратних засобів .....	32
3.2 Розробка принципів електричних схем контрольованого пункту і пункту управління .....	44

					ДП.АКІТ.8872458.00.00.000 ПЗ			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Головацький			Система автоматизованого управління лінією розливу краски	Літ.	Арк.	Акрушів
Перевір.		Сегін А.І.				5	67	
Консульт.		Сегін А. І.				ЗУНУ.ФКІТ.АКІТ-41		
Н. Контр.		Заставний О.М.						
Затверд.		Сегін А.І.						

3.3 Розробка алгоритмів функціонування АСУ .....	56
3.4 Розрахунки завадостійкості частотних та часових характеристик каналів зв'язку автоматизованої системи управління .....	75
ВИСНОВКИ.....	63
ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	65

					ДП.АКІТ.8872458.00.00.000 ПЗ	Арк.
						6
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

## ВСТУП

**Актуальність теми.** Наявність конкуренції та великого асортименту товару на ринку фарб та лаків зумовлює використання сучасних технологій при їх виготовленні на всіх етапах виробництва. При цьому, невід'ємною частиною цього процесу є фасування лако-фарбової продукції в тару, яке на сучасних підприємствах здійснюється в автоматизованому режимі, і для її реалізації використовуються різні типи дозуючого обладнання та пристроїв. Для цього створюється автоматизована лінія розливу з відповідною системою управління дозованого розливу фарби, з метою підвищення точності фасування, підвищення продуктивності, зменшення аварійних ситуацій, уникнення переливів та протікання готової продукції при фасуванні у тару, виключення людини у місцях шкідливого впливу на її здоров'я та інших позитивних ефектів. В цілому це забезпечує зниження собівартості продукції та її конкурентоздатності на ринку.

Високі темпи розвитку промисловості нерозривно пов'язані з проведенням автоматизації [1-3]. Завдання, які вирішуються під час автоматизації сучасних виробництв, дуже складні та вимагають від фахівців знання не тільки пристрої різних приладів, а й загальних принципів складання систем автоматичного керування [4-6].

Впровадження АСУ у виробництво забезпечує: скорочення втрат від браку та відходів, зменшення чисельності основних робітників, зниження капітальних витрат за будівництво будівель, збільшення міжремонтних термінів роботи устаткування. Завдяки автоматизації виробництва важка праця робочих замінюється більш легкою, що значно збільшує продуктивність праці та зменшує трудомісткість [7-9].

Лінія розливу являє собою комплекс автоматизованого обладнання (машин і пристроїв), пов'язаного між собою транспортуючими лініями. Повний цикл роботи лінії розливу включає підготовку тари, її переміщення і

					ДП.АКІТ.8872458.00.00.000 ПЗ	Арк.
						7
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		



безпосередньо розлив рідин [10]. Маючи на початку циклу порожні банку чи відро для фарби, наприкінці отримуємо упакований продукт. Таке обладнання відрізняється мінімальним втручанням людини у виробничий процес та є гарантом високої продуктивності.

Таким чином, запровадження автоматизованої системи дозованого розливу фарби дозволяє уникнути більшості можливих збитків та оптимізувати роботу підприємства.

Актуальність теми випускної кваліфікаційної роботи обумовлюється також необхідністю підвищення конкурентоспроможності підприємства.

**Метою кваліфікаційної роботи** є розробка автоматизованої системи управління дозованого розливу фарби.

Для досягнення поставленої було вирішено такі завдання:

1. Аналіз існуючих типів автоматизованих систем дозованого розливу рідин в тари.
2. Розробити структурні схеми системи автоматизованого управління дозованого розливу лакофарбових матеріалів.
3. Розробити функціональну схему автоматизованої системи управління дозованого розливу фарби.
4. На основі розроблених структурних та функціональних схем автоматизованої системи управління розливом фарби в тару спроектувати принципову електричну схему, яка показує зв'язок компонентів системи між собою.
5. Здійснити підбір апаратних засобів автоматизованої системи управління дозованого розливу фарб для реалізації спроектованої системи.
6. Розробити алгоритми функціонування розроблюваної системи автоматизованого управління в цілому та її компонентів.
7. Розрахунок частотних і часових характеристик ліній зв'язку, а також визначення їх завадостійкості.

					ДП.АКІТ.8872458.00.00.000 ПЗ	Арк.
						8
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

**Об'єктом дослідження** є процес дозованого розливу лако-фарбових матеріалів.

**Предмет дослідження.** Система автоматизованого управління дозованого розливу лако-фарбових матеріалів.

**Методи дослідження.** В процесі виконання завдання кваліфікаційної роботи використовувалися емпіричні методи спостереження, порівняння та вимірювання, комплексні методи аналізу сучасних автоматизованих ліній розливу рідин, синтезу структурних і принципових схем автоматизованої системи та алгоритмів роботи контролера, методи теорії автоматичного управління.

**Практичне значення одержаних результатів** полягає у тому, що розроблена система автоматизованого управління дозованого розливу лако-фарбових матеріалів дозволяє виключити участь людини з ділянок роботи шкідливих для її здоров'я, підвищити продуктивність виробництва, зниження втрат від переливів та інших аварійних ситуацій, що сприяє зниженню собівартості продукції та підвищення конкурентоспроможності підприємства на ринку.

**Апробація.**

Андрій Сегін, Вікторія Ящук, Петро Головацький Система автоматизованого управління насосною установкою подачі крижаної води для молокопереробних підприємств / Збірник матеріалів науково-прагматичної міжгалузевої конференції «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» (АКІТ – 2024), Тернопіль, 2024. – С. 11-17

					ДП.АКІТ.8872458.00.00.000 ПЗ	Арк.
						9
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

# 1. СУЧАСНІ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ДОЗОВАНОГО РОЗЛИВУ ЛФМ

## 1.1 Застосування автоматизованих систем управління в системі дозованого розливу

Впровадження автоматизованих ліній розливу різних речовин на поточний момент є одним з невід'ємних напрямів у питаннях фасування рідкої продукції. Виробник або сам здійснює процес розливу, фасуючи товар відразу в споживчу упаковку – для цього використовуються готові лінії розливу, або розливає в транспортну тару (бочки, каністри та інше), в якій продукція надходить до пункту фасування та реалізації. Тарою для фарб і лаків служать різні види бляшаної, скляної та пластикової тари, також розлив здійснюється безпосередньо в металеві баки, для їх подальшого транспортування.

Спеціально для роботи з рідкими та в'язкими речовинами на підприємствах впроваджують автоматичні лінії розливу. Залежно від потужності підприємства встановлюються готові наливні автомати, або з окремих вузлів формується менш продуктивна лінія. Сучасні автомати можуть працювати з рідинами різної в'язкості, можна вибрати швидкість і дозу фасування, об'єм продукту, що переробляється, тип тари. Такі установки та лінії є універсальними – крім роботи з масложировими продуктами можуть застосовуватися і для роботи з різними нехарчовими рідинами.

До основних цілей автоматизації виробництва водних лако-фарбових матеріалів (ЛФМ) належать:

- виключення людини у важкій фізичній або монотонній праці;
- виключення людської участі при виконанні робіт у небезпечних і шкідливих умовах праці;

					ДП.АКІТ.8872458.00.00.000 ПЗ	Арк.
						10
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

– виконання робіт, що виходять за рамки людських можливостей по витривалості, вазі, швидкості, і т.д.;

– позитивний економічний ефект від впровадження автоматизації виробництва, за рахунок підвищення продуктивності та зменшення кількості аварійних ситуацій.

У цій кваліфікаційній роботі розробляється автоматизована система управління лінії розливу фарби в пластмасові відра масою 50 кг. Для реалізації теми необхідно розглянути види дозованого розливу, обґрунтувати необхідність і переваги автоматизації подібних ліній, розглянути різні автоматизовані лінії розливу, що використовуються в різних галузях виробництва на даний момент.

Дозування продуктів полягає в тому, що відміряну дозу продукту фасують в попередньо підготовлену тару.

Машина розливу може поєднувати в собі кілька функцій, таких як розлив та подальша упаковка тари пробкою або ополіскування тари, розлив та закупорювання, таке суміщення операцій називається триблок, проте існує і квадриблок: додатково до триблоку включається додатковий автомат закупорювання іншим видом пробки. Дані можливості передбачені лише для машин роторного типу.

Існує напівавтоматичне та автоматичне обладнання для розливу рідин. Напівавтоматичний агрегат не має високої продуктивності, оскільки участь людини в процесі виробництва виключити не можна. При роботі напівавтоматичного обладнання найчастіше вручну розміщуються порожня тара і витягуються наповнена. Сам розлив відбувається в автоматичному режимі.

Напівавтоматичні машини розливу прості в експлуатації та обслуговуванні, вони легко монтуються та їх вартість відносно невисока. Перехід з одного виду тари на інший здійснюється досить легко і швидко.

					ДП.АКІТ.8872458.00.00.000 ПЗ	Арк.
						11
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Головними недоліками такого виду обладнання є низька продуктивність, а також неможливість виключення людської праці в процесі розливу продукту.

У розливі продукту на автоматичних машинах оператор не бере участі у процесі, він лише ним управляє. При обслуговуванні автоматизованого обладнання потрібно менше персоналу, це також одна з головних переваг [10].

Дозуючі пристрої в лінійних автоматичних машинах розливу розташовані вздовж транспортерів, що подають тару. В цілому автоматичні машини розливу здійснюють наступні операції: подача тари до розливних голівок, управління дозаторами для заповнення тари і переміщення заповнених посудин [11].

Дані типи машин можуть виправдати себе тільки при розливі неактивних рідин великого об'єму з невеликою продуктивністю.

Розрізняють три види обладнання для розливу залежно від особливостей дозування:

- заповнення ємності до певного рівня;
- дозування порції рідини строго визначеного об'єму;
- дозування за допомогою спеціальних датчиків і дозуючих головок з відсікаючими клапанами з мікропроцесорним управлінням по масі або по часу.

При електронному розливі рідина потрапляє в тару за допомогою спеціального імпульсного електронного дозатора, який відмірює продукт рівними порціями. Цей вид розливу є новою розробкою.

Машини такого типу розливу є універсальними, оскільки за допомогою неї можна розливати різні види продуктів різного ступеня в'язкості. Слід зазначити і стерильність розфасованого продукту, оскільки під час розливу розливна голівка не контактує з шийкою тари. Наступною перевагою можна

					ДП.АКІТ.8872458.00.00.000 ПЗ	Арк.
						12
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

відзначити виключення збовтування продукту та небажане спінювання, це забезпечується спеціальною схемою проходження продукту.

Використання такої машини дозволить підвищити продуктивність, і знизити експлуатаційні витрати. Цей вид розливу здійснюється з допомогою імпульсів за об'ємом, тобто, за волюметричним принципом і реально забезпечує точність розливу на рівні  $\pm 0,2-0.5\%$  від заданого об'єму.

Варто відзначити, що висока вартість порівняно з машинами традиційного розливу такої ж продуктивності, а також обслуговування висококваліфікованим персоналом, чутливість до перепадів напруги, помилок оператора відносяться до недоліків даного виду обладнання.

## 1.2 Системи фасування фарби та дозування рідинної сировини та вимоги до них

Дозування – це одна з важливих операцій технологічного процесу виробництва. Основне призначення дозуючого пристрою – це відмірювання та видача заданої кількості матеріалу (або підтримання заданої витрати компонента) з певною точністю.

До дозаторів висувають такі вимоги:

- простота в управлінні;
- безперебійна робота дозатора;
- безпека в роботі;
- можливість автоматизації;
- необхідно, щоб відмірювання відбувалося рівними порціями;
- висока продуктивність.

Залежно від структури робочого циклу, дозування ділиться на безперервне чи порційне, а, за принципом дії – об'ємне чи вагове.

При порційному ваговому дозуванні характерне періодичне повторення циклів випуску дози (порції) компонента. При об'ємному порційному способі

					ДП.АКІТ.8872458.00.00.000 ПЗ	Арк.
						13
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

відмірювання порції дозатором проводиться за допомогою мірної камери заданого об'єму. При порційному ваговому дозуванні дозатор відмірює дозу певної маси. При безперервному об'ємному дозуванні, дозатор подає потік речовини із заданою об'ємною витратою.

Ваговий спосіб забезпечує більшу точність дозування основного компонента, тому і при порційному, і безперервному виробництві використовуються вагові дозатори.

Більш надійними вважаються дозатори, що ґрунтуються на об'ємному принципі роботи, тому що він є більш простим способом дозування. Цей метод значно полегшує процес дозування рідких компонентів. Однак при використанні цього методу велика ймовірність великої похибки, що у деяких ситуаціях значно обмежує його застосування.

Ці установки можуть працювати в повністю автоматизованому режимі, функції обслуговуючого персоналу мінімальні. Вони тільки спостерігають і контролюють точність роботи установок.

Досі розглядалося тільки однокомпонентне дозування, але існує також багатокомпонентне дозування. Воно може здійснюватися як за схемою послідовного дозування компонента в загальному дозаторі, так і за схемою паралельного дозування кожного компонента в спеціальному окремому для нього дозаторі.

Послідовне дозування компонентів в одному загальному дозаторі використовується при порційному виробництві, а у використанні є простим та економічним методом, що забезпечує меншу металоємність та компактність установки. Оскільки продукти відмірюються послідовно, тривалість загального циклу дозування зростає, що у своє чергу знижує продуктивність устаткування.

Паралельне дозування продуктів в окремий спеціальний дозатор застосовується при безперервному та порційному замісі напівфабрикатів. Завдяки цьому методу можна найбільш повно пристосувати кожен дозатор до

					ДП.АКІТ.8872458.00.00.000 ПЗ	Арк.
						14
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

особливостей компонента, що дозується, і підвищити точність дозування. Але такі станції дозування більш громіздкі і досить дорогі.

У зв'язку зі зростанням ринку будівельних матеріалів виробництво лакофарбової продукції дуже затребуване. Як вимоги до приміщення для виробництва лакофарбових матеріалів можна віднести такі: опалення, якість водопровідної води, вентиляційна система.

У процесі дозування інгредієнтів фарби для її виготовлення та подальшого фасування в тару застосовуються системи:

1) Вузол фасування фарби та подачі рідинної сировини.

У цій системі використовується ручний роторний дозатор, тому вона є найбільш простою та економічною. Відбувається ручне відсікання дози, розфасовка фарби у відро, а також перекачування рідини для виробництва ЛФМ із ємності із сировиною у пластикову тару для приготування фарби.

Принцип дії системи полягає у подачі компонентів фарби з бочки в бак для приготування фарби та фасування готового продукту під дію роторного дозатора.

Система включає: бак для приготування фарби; роторний дозатор; ваги; візок – перекидач для бочок.

Для повнішого розуміння принципу дії необхідно вивчити технічні характеристики системи. Робочим середовищем є фарби на водній основі та компоненти ЛФМ малої та середньої в'язкості; працює з металевими діжками до 215 літрів при дозуванні рідинних компонентів ЛФМ; діапазон дозування 1 – 50 літрів; практично реалізована точність дозування 10 г; вихідний діаметр форсунки дозатора – 1 см; продуктивність – 5 л за 20 оборотів; роторний дозатор виготовлений із пластику; антистатичний корпус.

2) Помпова пневматична система.

Найбільш зручна в роботі система, в якій застосовується пневматичний насос і спеціальний пістолет з відсікаючим безкраплинним пристроєм.

					ДП.АКІТ.8872458.00.00.000 ПЗ	Арк.
						15
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		



Відбувається напівавтоматичне відсікання дози у відро, і перекачування сировини для виробництва ЛФМ з ємності з сировиною в бак для приготування фарби.

Принцип дії системи полягає в подачі компонентів фарби з бочки в бак для приготування фарби та фасування готового продукту за допомогою помпового пристрою.

Система складається з помпового пристрою, пристрою безкраплинного відсікання фарби, вузла фасування, тумби, ваги для тари, пластикової тари.

### 3) Автоматична двоканальна пневматична система.

Найбільш зручна у роботі система. Відділення дози відбувається автоматичним способом. Вона оснащена електронним блоком керування з відсіканням дози за часом. Складається із незалежних один від одного каналів. Перший канал призначений для дозування інгредієнтів фарби, другий канал фасує готовий продукт.

Принцип дії цієї системи полягає в подачі компонентів фарби з бочки в бак для приготування фарби та фасування готового продукту за допомогою помпового пристрою. Система складається з робочого резервуара, пульта керування, вузла фасування та тумби.

Технічні характеристики автоматичної двоканальної пневматичної системи:

- 1) використання фарб на водній основі та компонентів ЛФМ малої та середньої в'язкості;
- 2) тиск на виході регулюється редуктором тиску на компресорі та перевіряється за манометром на компресорі, МПа(bar) 0,6–0,8(6–8);
- 3) граничне споживання повітря 6 м<sup>3</sup>/годину;
- 4) діапазон дозування 0,1-50 літрів;
- 5) фактично виконувана точність дозування 5 г;
- 6) діаметр на виході 1/2;
- 7) ефективність помпового пристрою 48 л/хв.

					ДП.АКІТ.8872458.00.00.000 ПЗ	Арк.
						16
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

### 1.3 Опис технологічного процесу виробництва розливу фарби та вимоги до обладнання

Для виробництва розливу фарби необхідно використовувати обладнання, описане детальніше нижче, опалювальне приміщення площею 20–30 м<sup>2</sup>, водопровідну воду, системи припливної та витяжної вентиляції, живлення 220/50, 380/50. Знадобляться складські приміщення під сировину, тару та готову продукцію (розмір складів залежить від кількості продукції).

Пульт управління системою автоматичного дозування забезпечує: плавне налаштування та контроль заданих вагових кількостей рідкої сировини для виробництва ЛФМ, підготовку системи до роботи в режимі фасування фарби та маркування тари, налив заданої дози фарби в тару, екстрене відключення подачі фарби в тару, маркування тари, спорожнення лінії розливу та маркування після закінчення фасування фарби, промивання робочого резервуара та гідрокомунікацій після закінчення роботи.

Диссольвер – призначений для змішування матеріалів середньої твердості у рідких середовищах. Диссольвер застосовується для виробництва фарб, клеїв, косметичних продуктів, різних паст, дисперсій та емульсій тощо.

Пульт керування диссольвером простий і надійний в управлінні, є 15 програмованих установок швидкості, а також можливий зв'язок з комп'ютером.

Панель індикації вагової платформи – діапазон вимірювання маси 2–300 кг, похибка вимірювання 100 г, діапазон віднімання маси тари із загальної маси до 100 кг.

Мірна ємність – об'єм: 35 л. Принцип заповнення: за допомогою вакууму, що створюється інжектором. Відмірювання дози: по датчику ваги – барботажній трубці. Матеріал – нержавіюча сталь.

Вузол заповнення мірної ємності призначений для заповнення мірної ємності водою, латексом та іншою сировиною для приготування ЛФМ та

					ДП.АКІТ.8872458.00.00.000 ПЗ	Арк.
						17
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

зливу відмірених доз у бак. Робочий резервуар об'ємом 200 л з нержавіючої сталі – використовується як для приготування, так і фасування фарби.

У вузлі розливу фарби реалізований принцип її напірного витоку за допомогою компресора – ресивера (об'ємом 200 л, розхід 250/140 л/хв) з робочого резервуара під впливом надлишкового тиску стисненого повітря. Маркування тари здійснюється через нанесення на кришку банки краплі фарби з метою ідентифікації її кольору.

З ємностей різних видів рідкої сировини (вода, латекс тощо) надходять відміряними дозами через мірник у бак для приготування ЛФМ.

На лінії розливу фарб необхідно використовувати змішувач багатокомпонентний універсальний (ЗБУ). Цей пристрій називається диссольвер і призначений для змішування компонентів, що легко поєднуються один з одним, рамною мішалкою. Одночасно він може подрібнювати сипучі компоненти фарби фрезерною мішалкою, розташованою ексцентрично по відношенню до центрального валу мішалки рамної. Як правило, перемішування рамною швидкохідною мішалкою здійснюється при малих оборотах (60-120 об/хв), диспергування ж сипких компонентів на фрезі проводиться при швидкості обертання валу 1000-1500 об/хв. Приводи мішалок знаходяться на кришці.

Вакуумна ємність створюється за допомогою вакуумного насоса. Злив продукту відбувається в нижній точці конусного дна через кульовий кран DN 80. Кришка, що закриває чашу, має люк (400 мм діаметра) для завантаження компонентів-складників. Кришка притискається до фланця чаші затискачами. Установа укомплектована трьома мішалками (тихохідною рамною, швидкохідною фрезною, шнеком), що рухаються назустріч один одному. З метою запобігання прилипання продукту до стінок посудини, тихохідна мішалка забезпечена фторопластовими скребками. Всі частини виробу, що торкаються продукту, виконані з харчової нержавіючої сталі. Пульти установки призначені для керування технологічним процесом подрібнення

					ДП.АКІТ.8872458.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		18

та змішування продукту.

Дисольвер працює в періодичному режимі з виконанням технологічних операцій, послідовність та тривалість яких визначається технологічним регламентом на виробництво конкретного продукту. Перемішуючий пристрій якірного типу за допомогою лопат спеціального типу здійснює обертання загальної маси продукту за годинниковою стрілкою. Перемішуючий пристрій типу шнек дозволяє переміщати густий продукт з верхньої частини об'єму на рівень роботи швидкохідної мішалки типу "Фреза", де відбувається основне змішування, емульгування продукту. Технічні характеристики змішувача багатоконденсатного універсального (ЗБУ) представлені в таблиці 1.1 Основні вузли БМУ [11] представлені відповідно у таблиці 1.2.

Таблиця 1.1 – Технічні характеристики змішувача БМЗ

Найменування показника	Од. вим.	Значення
Тиск в апараті	атм.	без тиску (під налив)
Тиск у сорочці	атм.	0.7
Робочий об'єм змішувача	л	70
Число оборотів мішалки	об/хв.	1500 (регульована)
Потужність ел. двигуна.	кВт	1,5
Маса змішувача в зборі,	кг	350

Таблиця 1.2 – Комплектний склад БЗУ

П/п	Позначення	Найменування	Кількість
1.	К 564.00.01	Двошаровий РЕЗЕРВУАР 70 л.	1
2.	М 565 03	Перемішуючий пристрій якірний (пропелерний)	1
3.		ел. двигун 1,5 кВт	1
4.		механізм підйому кришки	1
5.		пульт керування	1
6.		термодатчик ТСМ	1
7.	М 565 06	арматура	Комплект

Змішувач багатокomпонентний універсальний (ЗБУ) призначений для термічної обробки та змішування компонентів, є двошаровим резервуаром, розміщеним на опорах.

Кришка змішувача складається з двох частин, одна з яких може обертатися навколо осі, а друга притискається за допомогою гвинтових пристосувань до верхнього кільця реактора. На рухомій кришці розташовується ручка.

На кришці змішувача закріплений електродвигун у вибухобезпечному виконанні, який з'єднаний валом з пристроєм, що перемішує якiрного (пропелерного) типу.

Резервуар змішувача складається з двох герметичних ємностей - внутрішньої ванни, ванни зовнішньої. Міжстінний простір між зовнішньою та внутрішньою ваннами (надалі – сорочка) наповнюється теплоносієм (вода, гліцерин тощо). Дно резервуару торосферичне.

Змішувач укомплектований пультом управління, що включає: термодатчики ТСМ (в продукт), управління перемішуючим пристроєм, управління підйомником кришки.

Оскільки водно-дисперсійні фарби є агресивним середовищем з показником рН від 8 до 10 і вище, при виробництві фарб бажано використовувати все ємнісне обладнання з нержавіючої сталі або глазурованим усередині, а комунікації-трубопроводи – з нержавіючої сталі.

Для перекачування готової фарби та дисперсії трубопроводами на лінії виробництва водно-дисперсійних фарб необхідно використовувати тільки шнекові насоси, оскільки відцентрові та шестеренчасті, як найрозповсюдженіші в лакофарбовій промисловості, руйнують дисперсію і призводять до втрати властивостей фарби. Тиск, який створюється шнековим насосом, може коливатися в межах 3–8 атмосфер, залежно від діаметра трубопроводу. Якщо діаметр трубопроводу становить 89 –102 мм, орієнтовна потужність шнекового насоса може бути 5 – 8 атм.

					ДП.АКІТ.8872458.00.00.000 ПЗ	Арк.
						20
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

У дисольвер завантажують розрахункову кількість водопровідної води, потім включають дисольвер з фрезою (швидкість обертання 800-1000 об/хв) і далі засипають дуже тонким сипучим струменем Целосайз QR 52000Н (для прикладу: в промислових умовах 24 кг Целосайза засипають протягом 15-20 хв.). У разі швидкого введення Целосайза в змішувач можуть утворитися грудки, які потім буде важко зруйнувати в пасті і таким чином гомогенізувати розчин.

Після введення рецептурної кількості Целосайза та його повного розчинення (контроль здійснюється за допомогою наливу розчину в скляну пластинку на наявність крупинок нерозчиненого Целосайзу) в дісольвер додають рецептурну кількість поліфосфату натрію і перемішують мішалкою (або фрезою) до повного розчинення поліфосфату натрію (близько 1 ).

У промисловості часто використовують заздалегідь приготовлений розчин поліфосфату натрію, для чого в окрему ємність (з рамною або якірною мішалкою зі швидкістю обертання 60–120 об/хв), бажано обладнаною «сорочкою з підігрівом», заливають 10–12% рецептурної кількості води, додають рецептурна кількість сухого поліфосфату натрію і проводять процес його розчинення при температурі 30–40°C і мішалці, що обертається, від 30 хв до 1 години в залежності від стану поліфосфату натрію: якщо він знаходиться у вигляді порошку - до 30 хв., якщо у вигляді шматків або великих гранул – до 1 години.

За відсутності підігріву в «сорочці» процес розчинення продовжується, але контроль за повнотою розчинення натрію поліфосфату повинен здійснюватися завжди при кожному виготовленні розчину.

Після повного розчинення поліфосфату натрію в дисольвер при малих обертах (60-120 об/хв) послідовно додають: Usar Дисперсант R-40А, аддитол VХW 6392, довисил, дованол DPnB, пропіленгліколь. Після додавання останнього компонента перемішують суміш протягом 10 хв.

					ДП.АКІТ.8872458.00.00.000 ПЗ	Арк.
						21
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

При постійно працюючому дисольвері (вал із фрезою, швидкість обертання валу 1000–1200 об/хв) послідовно завантажують: двоокис титану рутильної форми, оміакарб. Двоокис титану рекомендується використовувати імпортного виробництва, оскільки інша надає фарбі жовтувато-сірий відтінок. Якщо до білизни фарби не висуваються підвищені вимоги, то можна використовувати вітчизняний двоокис титану марки Р-02.

У разі використання двоокису титану в гумокортних або синтетичних контейнерах її завантаження в дисольвер слід ввести повільно для кращого введення в композицію.

Тривалість диспергування пасти у змішувачі після введення останнього компонента повинна становити щонайменше 40 хв. Паста має бути однорідною, без грудок та сторонніх включень.

Дисперсію DL 420 додають готову продисперговану пасту при перемішуванні рамною (якірною) мішалкою. Час поєднання дисперсії з пастою 10-15 хв.

У разі наявності диспергуючого обладнання тільки у вигляді дисольвера (без рамної або якірної мішалки) суміщення дисперсії з пастою здійснювати при працюючій фрезі не більше 10-15 хв, не допускаючи при цьому розігріву фарби вище 40°C.

Після цього готову фарбу при необхідності фільтрують та фасують у полімерну тару. Зберігати фарбу треба лише за температури навколишнього повітря вище 2°C.

Рецептура:

- фарба фасадна на DL 420
- вода питна ГОСТ 2874 29,51
- целосайз QR 52000Н Німеччина, ф.Дау 0,35
- цатрію поліфосфат ГОСТ 20291 0,30
- UCAR Дисперсант R-40А Німеччина, ф.Дау 0,30
- аддітол VXW 6392 Німеччина, ф. Салютія 0,40

					ДП.АКІТ.8872458.00.00.000 ПЗ	Арк.
						22
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

- довісила Німеччина, ф.Дау 0,40
- дованол DРnВ Німеччина, ф.Дау 1,40
- пропіленгліколь Німеччина, ф.Дау 0,60
- двоокис титану імпорт. Ф. Тронокс, м. CR-828 10,00
- оміакарб 5 КА Туреччина, ф.Оміа 36,74
- дисперсія DL 420 Німеччина, ф. Дау 20,00
- щільність готового ЛКМ: 1,5 г/см<sup>3</sup>
- основні технологічні властивості фарби
- масова частка нелетких речовин: 57,54%
- в'язкість по віскозиметру Брукфільда (шпиндель №5, швидкість – 20 об/хв),: 7540 мПа×с

					ДП.АКІТ.8872458.00.00.000 ПЗ	Арк.
						23
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		



## 2 РОЗРОБКАКА СТРУКТУРНИХ І ФУНКЦІОНАЛЬНИХ СХЕМ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ

### 2.1 Розробка структурних схем системи автоматизованого управління лініями розливу лако-фарбових матеріалів

На основі аналізу літератури [10-11] та завдання на дипломний проект досліджено структурну схему автоматизованої системи розливу фарб і лаків представлену на рисунку 2.1.

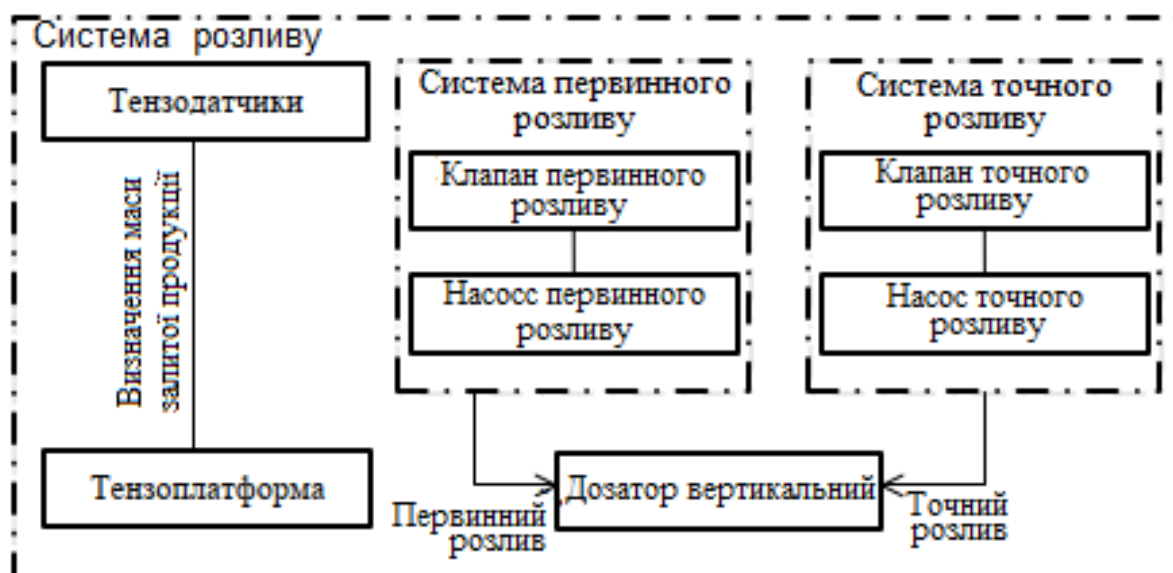


Рисунок 2.1 – Структурна схема системи розливу

Розроблена система представляє собою ієрархічну структуру, що має 3 рівні. Нижній рівень представлений у вигляді локальної станції з встановленим рядом засобів, за рахунок яких фіксуються значення маси у відрах для фарби, в які відбувається розлив фарби і лаків, а також засоби керування насосами, клапанами і датчиками різного типу [11].

Нижній рівень системи складається з таких основних систем:

- системи розливу, яка являє собою стіл з тензоплатформою і дозатором з вертикальним регулюванням;

– стрічкового транспортеру з плавним регулюванням лінійної швидкості;

– системою закупорки;

– похилого столу для готової продукції.

Кожна система має ряд вимірювальних пристроїв і виконавчих механізмів, за рахунок яких буде реалізована робота системи. Для реалізованої системи головним об'єктом виступає система розливу, отже, головними вимірювальними пристроями будуть виступати тензодатчики.

Тензодатчики (тензометричні датчики) є вимірювальними пристроями, які перетворюють величину деформації у зручний для вимірювання сигнал (електричний). Існує безліч способів вимірювання, для даної системи буде використовувати тензорезистивні датчики.

В якості головних виконавчих механізмів для керування будуть виступати клапани лійки і мембранні насоси, за рахунок яких буде виконано. Сам процес розливу буде проводитися за показаннями, що приймаються від тензоплатформи за рахунок використання 2 тензодатчиків: один з датчиків буде реалізований для вимірювання первинного розливу, а другий – для точного розливу.

Як видно зі схеми, поданої на рисунку 2.1 за показаннями від тензодатчиків буде працювати почергово спочатку система первинного розливу основного розливу, а потім система точного розливу, яка також оснащена відповідними клапаном і насосом.

Процес розливу буде здійснюватися наступним чином: тара надходить по транспортеру на тензоплатформу, оснащену тензодатчиками. Потім здійснюється розлив лакофарбових матеріалів під високим тиском. В ході даного процесу заповнюється 80–90% від необхідного об'єму тари.

Після цього проводиться замір маси за рахунок зчитування інформації з тензодатчиків. Варто зазначити, що процес первинного розливу проводиться за фіксованим часом, наприклад, для пластикового відра, розрахованого на

					ДП.АКІТ.8872458.00.00.000 ПЗ	Арк.
						25
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

50 кг., цей показник становить 10 с. Після того, як зроблені виміри маси надходить сигнал на клапан точного дозування лійки і проводиться включення мембранного набору для насос осу для остаточного доливу.

Після здійснення розливу тара з готовою продукцією переміщується далі по транспортеру до системи закупорки. За рахунок датчиків положення транспортера, тара зупиняється в установленому місці, а за рахунок датчика положення вертикального регулювання кришка встановлюється в потрібному положенні і закручується на тарі. Укладник кришок оснащений вакуумною присоскою, за рахунок якої здійснюється захоплення пластикової кришки (діаметр якої) може бути від 100 до 300 мм). Далі проводиться переміщення по похилому столу, наприкінці якого збирається готова продукція з розлитим матеріалом.

Розроблювана автоматизована система управління розливом, буде призначатись для розливу водних акрилових фарб і лаків. З урахуванням різних рідин для розливу в системі буде реалізовано три аналогічні лінії – дві для розливу красок у різні тари, третя – для розливу лаків.

Структуру середнього рівня розроблюваної системи представлена на рисунку 2.2. Середній рівень системи реалізований з метою безпосереднього управління лінією розливу.

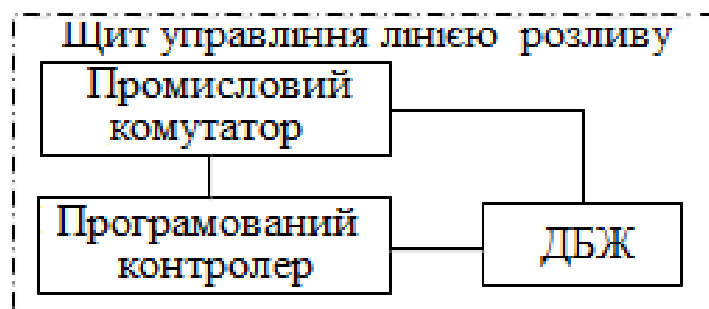


Рисунок 2.2 – Структура середнього рівня розроблюваної системи

Для збору і передачі даних з вимірювальних пристроїв, а також для можливості управління виконавчими механізмами буде реалізований

програмований контролер. Для передачі даних далі до пункту управління будуть використовуватися промислові комутатори.

Для постійного функціонування лінії на середньому рівні буде встановлений джерело безперервного живлення.

Верхній рівень розробленої системи реалізований аналогічно до середнього рівня, проте розміщення оператора знаходиться в пункті управління, який виступає в ролі центральної станції, з якої здійснюється запит на здійснення розливу.

В якості верхнього рівня системи виступає пункт керування, в якому буде реалізовано автоматизоване робоче місце оператора. У пункті управління буде також реалізований промисловий комутатор і контролер, на який будуть надходити дані зібрані контролером середнього рівня з кожної лінії розливу. Структура верхнього рівня розроблюваної системи представлена на рисунку 2.3.

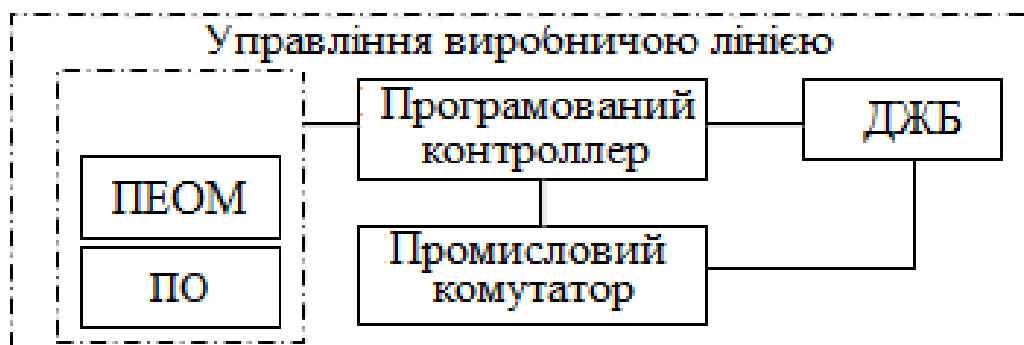


Рисунок 2.3 – Структура верхнього рівня розроблюваної системи

Структурна система автоматизованої системи управління розливом фарб і лаків представлена на рисунку 2.4.

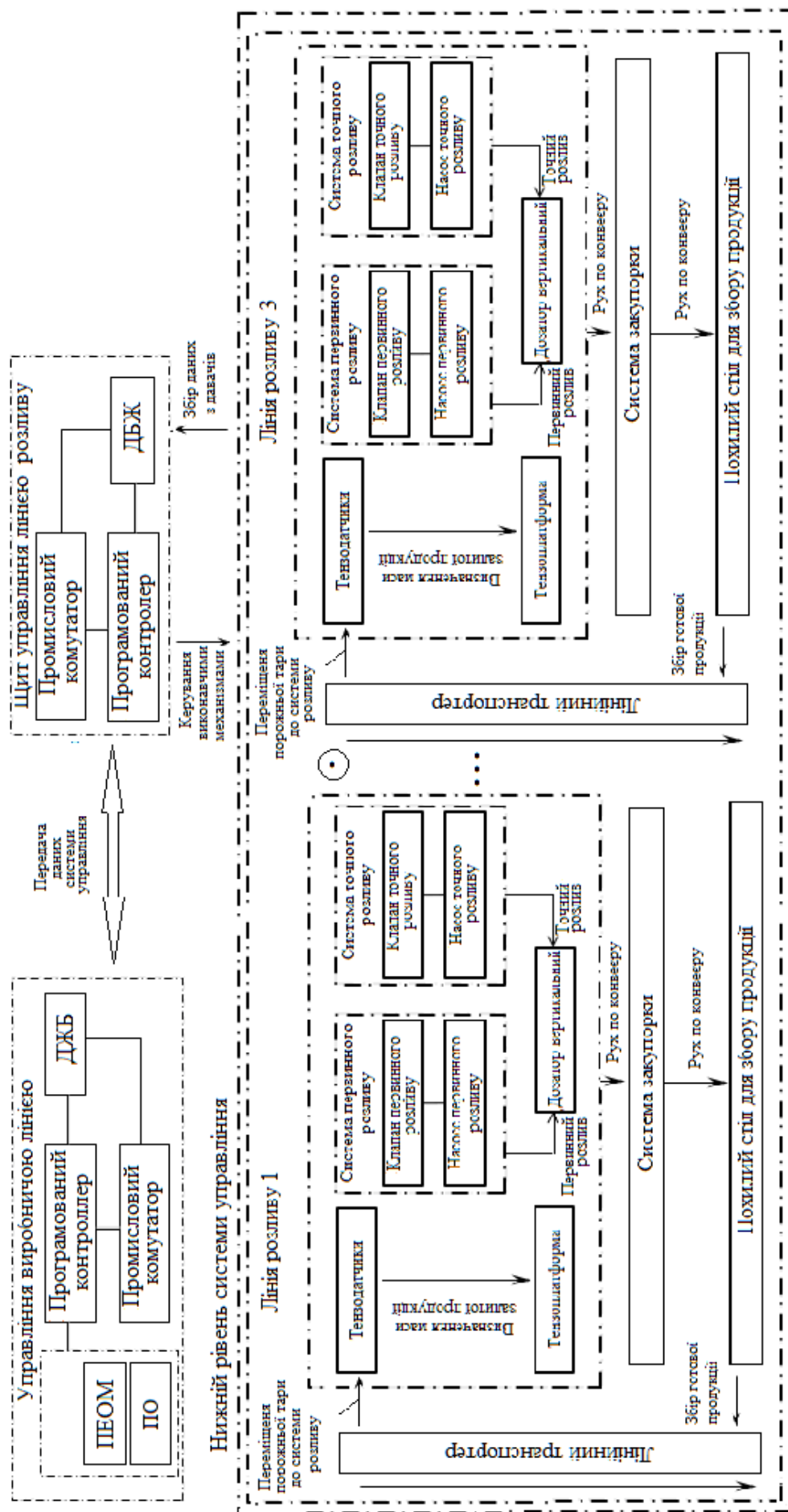


Рисунок 2.4 Структурна схема системи управління розливу ЛФМ.

Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата
-----	------	----------	-------	------

## 2.2 Розробка функціональної схеми автоматизації

На основі аналізу літератури та розробленої структурної схеми автоматизованої системи управління розливу фарб і лаків, зробимо розробку функцій представлена на малюнку 2.5.

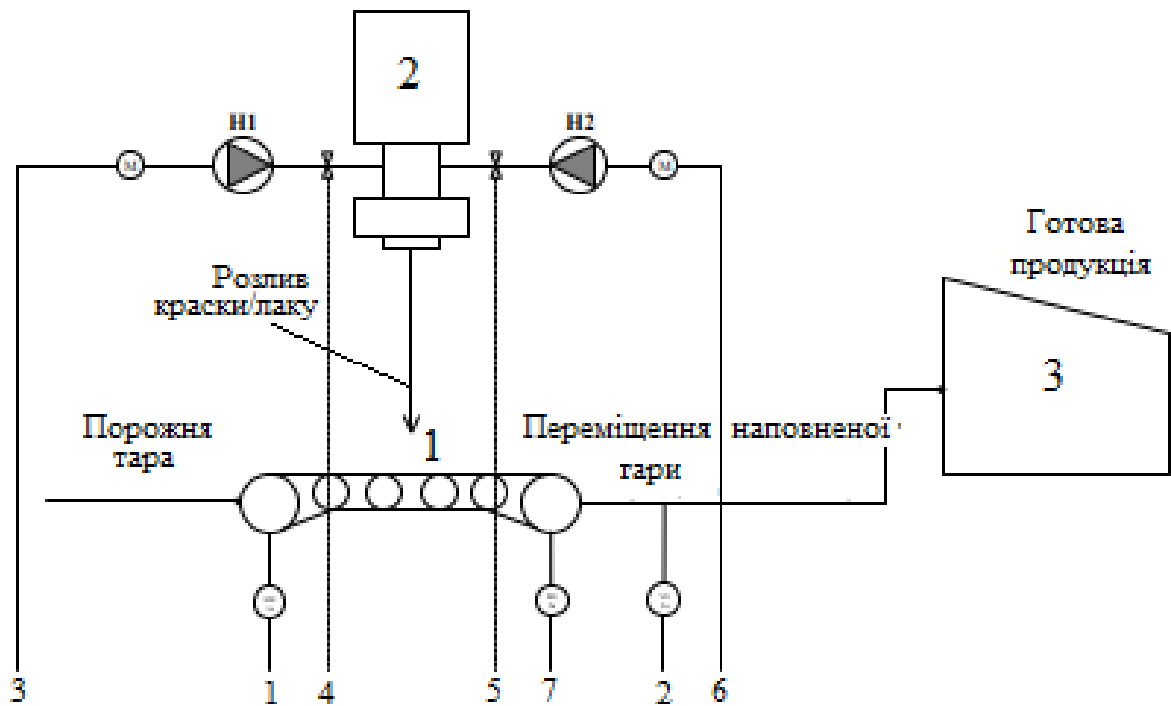


Рисунок 2.5 – Функціональна схема автоматизації системи розливу ЛФМ

Як говорилося при розробці структурної схеми, порожня тара буде поступати на тензоплатформу. Як видно з рисунку 4.1 до тензоплатформи підключаються 2 тензодатчика, за рахунок яких буде передаватися інформація про ПЕОМ оператора. Як видно з представленої схеми, у системі всі керуючі та вимірювальні пристрої будуть підключені до дискретних каналів мікроконтролера. Мікроконтролер з'єднаний з ПЕОМ оператора за допомогою Ethernet [11].

Після зважування маси тари на тензоплатформі, від тензодатчиків буде передаватися зібрана інформація на мікроконтролер, після чого буде злагоджуватися відпускатися від опускання. розливу та вмикатися

						ДП.АКІТ.8872458.00.00.000 ПЗ	Арк.
							29
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата			

відповідний насос . Процес управління клапаном буде здійснюватися за рахунок надходження сигналу з модулю дискретного виведення через магнітний пускач.

Коли маса досягне встановленого значення в  $0.8-0.9 \text{ m}$ , по отриманому сигналу від тензодатчиків буде проводитися відключення клапана грубого розливу і зупинка роботи насоса. Управління насосом буде реалізовано за рахунок відповідного електродвигуна, на який буде подаватися сигнал управління.

Після закінчення процесу грубого розливу система перейде до точного розливу. Для цього відбудеться відкриття клапана точного розливу і ввімкнення відповідного насоса. Процес управління алогічний, як і при системі грубого розливу. Точний розлив буде здійснюватися до тих пір, поки маса не буде становити  $0,97 \text{ m}$ , після чого відбудеться відключення насоса і закриття клапана точного розливу.

По завершенню процесу розливу, система за рахунок стрічкового транспортера здійснить транспортування заповненої тари до похилого столу з готовою продукції. Варто відзначити, що швидкість транспортування повинна складати  $0,5 \text{ м/с}$ , тому до мікроконтролера також під'єднаний датчик швидкості транспортера для контролю та управління його швидкістю.

Грунтуючись на представленій схемі установки, а також описі її функціонування, надамо перелік контрольованих і регульованих параметрів.

Автоматичне дозування:

- фарб і лаків у тарі при грубому розливі;
- фарб і лаків у тарі при точному розливі.

Вимірювання та реєстрація на ЕОМ:

- маса при грубому розливі;
- маса при точному розливі.

Вимірювання:

- тиск води на вході в 1 на рисунку 2.5;

					ДП.АКІТ.8872458.00.00.000 ПЗ	Арк.
						30
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

- витрата сезону після насосу Н1 (рисунок 2.5);
- витрата ароматизатора на вході в 2 на рисунку 2.5;
- концентрація цукру в змішувачі 2 на рисунку 2.5.

Автоматичне блокування:

- маса перевищує  $0,97 \cdot m$ ;
- розлив не завершений за  $t=30$  с.

Програмне та дистанційне управління:

- управління двигуном насоса Н1 (рисунок 2.5);
- управління двигуном насоса Н2 (рисунок 2.5);
- управління клапанами К1-К2 (рисунок 2.5).

					ДП.АКІТ.8872458.00.00.000 ПЗ	Арк.
						31
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		



3 ВИБІР АППАРАТНИХ ЗАСОБІВ ТА РОЗРОБКА АЛГОРИТМІВ  
РОБОТИ СИСТЕМИ АВТОМАТИЗОВАНОГО УПРАВЛІННЯ  
РОЗЛИВОМ ФАРБ

3.1 Вибір програмованого логічного контролера та інших апаратних засобів

При проектуванні тензометричної станції розливу фарб були використані різні елементи. У якості контролера обрано ADAM-5510 [13].

Цей контролер був обраний з ряду аналогів [13-17]:

- ОВЕН ПЛК-73;
- ОВЕН ПЛК-100;
- ADAM-5510.

Технічні характеристики ОВЕН ПЛК73 [16]:

- дискретні входи: 8, розв'язка групова;
- аналогові входи: 8, універсальні;
- дискретні виходи, аналогові виходи: 4 перших типу К, інші 4 будь-якого типу, з можливістю АЦП.

Технічні характеристики ОВЕН ПЛК100:

- дискретні входи: 8, розв'язка групова;
- аналогові входи: відсутні;
- дискретні виходи: 6 е/м реле або 12 (для ПЛК100-24.К);
- аналогові виходи: відсутні.

ОВЕН ПЛК-73 і ОВЕН ПЛК-100 не підходять для розроблюваної автоматизованої системи, тому що недостатньо дискретних і аналогових входів. За цими характеристиками був обраний програмований логічний контролер ADAM-5510 (рисунок 3.1).

ADAM-5510 представляє собою РС сумісний програмований промисловий контроллер, призначений для створення на його основі

					ДП.АКІТ.8872458.00.00.000 ПЗ	Арк.
						32
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

автономних систем збору даних і управління. Його IBM PC сумісна апаратно-програмна платформа дозволяє виконувати програми, написані на мові асемблера або мовах високого рівня. Кожен мікроконтролер може мати в своєму складі до чотирьох модулів вводу-виведення серії ADAM-5510 із загальною кількістю каналів до 64 (рисунок 3.1).



Рисунок 3.1 –Програмований логічний контролер ADAM-5510 з чотирма модулями вводу виводу.

Наявність у мікроконтролері послідовних портів з інтерфейсами RSP 232 і RSZ 485 забезпечують можливість організації взаємодії практично з будь-якими пристроями з послідовним доступом [13].

Мікроконтролер ADAM-5510 складається з двох основних частин: базового блока і модулів вводу-виводу. Базовий блок має у своєму складі процесорний модуль, перетворювач напруги, 4-слотову пасивну об'єднавчу панель, два портативних послідовних порти і порт програмування. Мікроконтролер виконаний на базі мікропроцесора 80188 і має вбудовану операційну систему ROM-DOS, яка сумісна з MS-DOS на рівні базових функцій за виключенням BIOS, що забезпечує можливість виконання стандартного для IBM PC програмного забезпечення або прикладних програм, написаних на мовах високого рівня.

ADAM-5510 має у своєму складі флеш-ПЗУ і статичну ОЗУ для зберігання прикладної програми, її виконання та зберігання даних. Для зберігання прикладних програм у мікроконтролері відведено 170 кбайт флеш-ПЗУ. Крім того, для виконання прикладної програми та пересилки файлів доступно 192 кбайт оперативної пам'яті.

Мікроконтролер ADAM-5510 має у своєму складі два послідовних комунікаційних порти, які забезпечують можливість організації взаємодії практично з будь-якими пристроями з послідовним доступом. Портом COM1 підтримує роботу в режимі інтерфейсу RS-232, а порт COM2 - роботу в режимі інтерфейсу RS-485. Така конфігурація портів дозволяє реалізовувати різні програми з інтенсивним обміном даними для широкого класу прикладних задач.

ADAM-5510 має тривірневу гальванічну ізоляцію, в тому числі: за ланцюгами живлення і для модулів вводу-виводу з напругою ізоляції 3000 В постійного струму і для портів послідовного зв'язку з напругою ізоляції 2500 В постійного струму. Наявність гальванічної розв'язки дозволяє знизити вплив на систему електромагнітних завад, усунути гальванічний зв'язок з електрообладнанням контрольованого об'єкту, а також запобігти несправностям, які можуть бути викликані випадковими викидами напруги в ланцюгах живлення, а також перехідними процесами при комутації силового обладнання. Наявність у складі мікроконтролера сторожового таймера забезпечує контроль його функціонування і автоматичне скидання мікропроцесора у випадку непередбаченого збою в роботі керуючої програми [13].

Через низьку навантажувальну здатність виходів мікроконтролера для всіх виконавчих механізмів і датчиків будуть потрібні підсилювачі потужності і узгоджувачі рівня напруг.

Контролер ADAM-5510 володіє наступними технічними характеристиками:

					ДП.АКІТ.8872458.00.00.000 ПЗ	Арк.
						34
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Системні характеристики:

- тип процесора: 80188840, 16-розрядний;
- обсяг флеш-ПЗУ: 256 кбайт (170 кбайт вільно для прикладних програм);
- операційна система: ROM-DOS у флеш-ПЗУ;
- обсяг флеш-пам'яті: 256 кілобайт;
- статична ОЗУ: 192 кілобайт доступно для користувача, 60 кілобайт мають резервне батарейне живлення;
- таймер BIOS: є;
- вбудований годинник реального часу;
- сторожовий таймер: вбудований;
- порт COM1 (3F8): RS-232;
- порт COM2 (2F8): RS-485;
- порт програмування/Порт COM3: RSS232 (використовуються шини Tx, Rx і GND);
- кількість обслуговуваних модулів вводу-виводу: до 4-х (обмеження – допускається встановлення не більше одного модуль типу ADAM-5024);
- потужність, що споживається модулем процесора: 1,0 Вт;
- світлодіодна індикація стану підсистеми живлення, підсистеми обміну, процесора і батареї.

Порт COM1 (інтерфейс RS-232):

- сигнали: TxD, RxD, RTS, CTS, DTR, DSR, DCD, RI, GND;
- організація зв'язку: асинхронний напівдуплексний режим, з'єднання точка-точка;
- з'єднувач: DB-9M;
- швидкість обміну: до 115 200 біт/с;
- максимальна довжина лінії зв'язку: 15,2 м.

Порт COM2 (інтерфейс RS-485):

- сигнали: DATA+, DATAA;

					ДП.АКІТ.8872458.00.00.000 ПЗ	Арк.
						35
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

- організація зв'язку: напівдуплексний режим, багатоточкова мережа;
- з'єднайте: гвинтова клемна колодка;
- швидкість обміну: до 115 200 біт/с;
- максимальна довжина лінії зв'язку: 1220 м.

Порт програмування / COM3 (інтерфейс RS-232):

- сигнали: Tx, Rx, GND;
- організація зв'язку: асинхронний режим, з'єднання точка-точка;
- з'єднувач: DB-9F;
- швидкість обміну: до 115 200 біт/с;
- максимальна довжина лінії зв'язку: 15,2 м.

Гальванічна розв'язка:

- напруга ізоляції ланцюгів інтерфейсу RSS485 (COM2): 2500 В постійного струму;
- напруга ізоляція ланцюгів живлення: 3000 В постійного струму;
- напруга ізоляції модулів вводу-виведення: 3000 В постійного струму.

Вимоги щодо живлення:

- напруга живлення від 10 до 30 В постійного струму (нестабілізована);
- захист від непередбаченої зміни полярності напруги живлення.

Механічні характеристики:

- корпус: пластмасовий з ABS-пластику з фіксаторами для кріплення на DIN-рейку;
- роз'ємні гвинтові клемні колодки: поперечний перетин жил провідників від 0,5 до 2,5 мм<sup>2</sup>.

Сформульовано умови експлуатації даного обладнання.

Умови експлуатації контролера:

- робоча температура повинна бути від - 10 до +70°C;
- температуру зберігання від - 25 до +80°C;
- відносите вологість повітря в межах від 5% до 90%;
- атмосфера: відсутність газів, що спричиняють корозію [10].

					ДП.АКІТ.8872458.00.00.000 ПЗ	Арк.
						36
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Обладнання може експлуатуватися навіть при відносній вологості повітря нижче 30%. Однак, при низькій вологості зростає імовірність виникнення електростатичних розрядів, які можуть призвести до пошкодження електричних компонентів мікроконтролера.

Тому перед дотиком до обладнання слід забезпечувати відповідний захист від статичної електрики. Для цього при експлуатації пристроїв в умовах з низькою вологістю повітря слід використовувати заземлюючі браслети, антистатичні покриття і інші подібні засоби захисту.

Для вибору АЦП розглядалося декілька аналогів:

- АЦП у корпусі SOT23;
- АЦП MAX5-204;
- АЦП К1113ПВ1 А.

Представимо технічні характеристики АЦП у корпусі SOT23:

- перед установка в нуль при включенні живлення;
- широкий діапазон напруги живлення - 2,7 ... 5,5 В;
- режим зниженого енергоспоживання з струмом менше 1 мкА;
- 3-провідний SPI/QSPI/MICROWIRE-сумісний інтерфейс;
- низький струм споживання - 2-30 мкА.

Технічні характеристики АЦП MAX-5204:

- послідовний 3-провідний SPI/QSPI/MICROWIRE-сумісний інтерфейс;
- вихідний сигнал – напруга;
- вихідна схема rail-to-rail (діапазон вихідного сигналу відповідає напрузі живлення);
- зовнішнє джерело опорної напруги (ДОН);
- напруга живлення – 5 В (MAX5204 і MAX5205); 3,3 В (MAX5206 і MAX5207);
- струм споживання – 700 мкА;
- інтегральна нелінійність – 20 ... 40 МОЗ;

					ДП.АКІТ.8872458.00.00.000 ПЗ	Арк.
						37
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

- температурна компенсація на всьому робочому діапазоні температур;
- функція автоматичної початкової установки на нуль.

Таким чином, перша представлення модель є неприйнятною для розроблюваної системи, у зв'язку з тим, що дана модель є всього 6-розрядним АЦП, і не дивлячись на низьку споживану потужність, все ж є неприйнятною. Друга модель також не підходить для розроблюваної системи через високий струму споживання.

Отже, в якості аналого-цифрового перетворювача на КП використовуємо мікросхему K1113 ПВ1А. Вона забезпечує перетворення як однополярної напруги (якщо вивід 15 з'єднати з виводом 16) в діапазоні 0 ... 9,95 В, так і біполярного напруги в діапазоні -4, 975...+4,975 В в паралельний двійковий код.

До складу ІС входять ФЦП, компаратор напруги, регістр послідовного наближення (РПН), джерело опорної напруги (ДОН), генератор тактових імпульсів (ГТІ), вхідний буферний регістр з трьома станами, схеми управління. Вихідні каскади з трьома станами дозволяють зчитувати результат перетворення безпосередньо на шину даних мікропроцесора. За рівнем вхідних і вихідних логічних сигналів поєднуються з ТТЛ схемами.

В ІС вихідний струм АЦП порівнюється з струмом вхідного резистора від джерела сигналу і формується логічний сигнал РПН. Стабілізація розрядних струмів АЦП здійснюється вбудованим ДОН. Синхронізація РПН забезпечується імпульсами вбудованого ГТІ з частотою 300 ... 400 кГц. Встановлення РПН у вихідний стан і запуск його в режим перетворення здійснюється за зовнішнім сигналом "гашення і перетворення". По закінченню перетворення АЦП генерує сигнал "готовність даних" і інформація з РПН надходить на цифрові виходи через каскади з трьома станами [19].

Електричні параметри K1113ПВ1:

- номінальна напруга живлення:  $5 \pm 5\%$ ;

					ДП.АКІТ.8872458.00.00.000 ПЗ	Арк.
						38
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

- вихідна напруга низького рівня:  $\geq 2,4$  В;
- вихідна напруга високого рівня:  $\leq 0,4$  В;
- струм споживання: 28 мА;
- опорна напруга:  $\pm 10$  В;
- вхідна напруга: 10, 24 В [11].

Для почергового підключення датчиків до АЦП використаємо комутатором К591КНЗ.

Це аналоговий комутатор, виконаний за КМОП технологією. Він забезпечує комутацію 16-ти аналогових каналів.

Електричні параметри К591КНЗ:

- номінальна напруга живлення:  $\pm 15$  В;
- комутована напруга:  $\pm 15$  В;
- комутований струм: 20 мА;
- опорна напруга:  $\pm 10$  В;
- вхідна напруга: 10, 24 В;
- час комутації: 3 мкс;
- струм втрати на вході: 50 нА;
- струм втрати на виході: 70 нА;
- рівень логічної одиниці: 4 В;
- рівень логічного нуля:  $\leq 0,8$  В.

Комутація відбувається за наявності логічної одиниці на вході блокування.

Для сполучення ТТЛ-рівнів на виході мікроконтролера з КМОП-рівнями аналогового комутатора К591КНЗ використовуємо мікросхему К176ПУ1.

Ця мікросхема містить 5 незважених перетворювачів рівня сигналів інтегральних схем ТТЛ-логіки в сигнали високого рівня КМОП. Мікросхема має інвертований вихід.

					ДП.АКІТ.8872458.00.00.000 ПЗ	Арк.
						39
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		



Для збільшення потужності вихідного сигналу з мікроконтролера використовуємо мікросхему 133ЛА8.

Електричні параметри серії 133:

- номінальне напруження живлення:  $<5\text{ В}$ ;
- вихідна напруга високого рівня:  $\leq 2,4\text{ В}$ ;
- вхідний струм низького рівня:  $\geq 1,6\text{ мА}$ ;
- вхідний струм високого рівня:  $\geq 0,04\text{ мА}$  [12].

Для забезпечення безперервного процесу роботи, і щоб не виникало простою у виробництві, слід вибрати джерело безперебійного живлення. Тому для того, щоб не допустити такого, виберемо ДБЖ APC Back-UPS 650 VA Desktop.



Рисунок 3.2 – Зовнішній вигляд ДБЖ APC Back-UPS 650 VA Desktop.

Даний вибір був проведений серед наступних моделей:

- джерело безперебійного живлення Smart-UPS LogicPower-1000 PRO;
- джерело безперебійного живлення Powerman Back Pro 800;
- джерело безперебійного живлення APC Back-UPS 650 VA Desktop .

Джерело безперебійного живлення Smart-UPS LogicPower-1000 PRO потужність якого складає 1000 Вт, яка є надто високою для розроблюваної САУ, і як наслідок буде споживати зайву електроенергію.

Джерело безперебійного живлення Powerman Back Pro 800 потужність якого складає 800 Вт, є трохи нижчою, але все таки трохи завищена, однак не

					ДП.АКІТ.8872458.00.00.000 ПЗ	Арк.
						40
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

підходить для розроблюваної САУ через довгий час підзарядки, – біля 12 годин.

Отже, виключивши дві моделі, вибір був зроблений в користуванні ДБЖ APC Back-UPS 650 [20].

Основне призначення джерела безперервного живлення (ДБЖ) – вчасно забезпечити живлення апаратури при перебоях у подачі електроенергії.

Технічні характеристики даної моделі:

- потужність (активна) - 390 Вт;
- потужність (повна) - 650 ВА;
- вихідна напруга – 220 В;
- тип батареї – SLA (свинцево-кислотні);
- макс. час перезарядки батареї – 8 год.

Основними функціями ДБЖ є:

- малі та короткочасні викиди напруги поглинаються;
- напруга живлення фільтрується;
- рівень шумів знижується;
- після пропадання напруги в мережі забезпечується резервне електроживлення навантаження протягом деякого часу;
- захист від короткого замикання [13].

До комунікаційної апаратури повинно входити обладнання сполучення з лініями передачі і модему.

При виборі розглядалося багато різних моделей модемів, однак вони не були універсальними, що є неприйнятним для розроблюваної системи управління, тому вибір модема був зроблений на користь моделі K8TR.

Обмін інформацією між ПУ і КП системи здійснюється через універсальний модем моделі K8TR. Модем забезпечує зв'язок з лінійними КП по дво- або чотири-провідній лінії. Канал зв'язку може бути тональним або фізичним. Він також забезпечує зв'язок з контрольованими пунктами в

					ДП.АКІТ.8872458.00.00.000 ПЗ	Арк.
						41
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

протоколі систем ДЦ-МПК, ЧДЦ-66. У цьому випадку в модем завантажується програмний драйвер протоколу обміну інформацією відповідної системи ДЦ.

Модем складається з двох плат, розміщених у системному блоці комп'ютера.

На основній платі розташований сигнальний процесор, призначений для цифрової обробки сигналів. Друга плата перетворює аналогові сигнали в цифрові і регулює рівні сигналів.

Перемикання між активним і пасивними режимами виконується за командою комп'ютера. Пасивний (резервний) режим призначений для сполучення з каналом зв'язку тільки за трактом ТЗ, а активний режим - по трактам ТС і ТУ. Це дозволяє організовувати «гаряче» резервування апаратури ПУ, коли два модеми підключені паралельно до одного і того ж каналу зв'язку.

При подачі напруги на модем (тобто при включенні комп'ютера) виконується самотестування і при успішному його завершенні модем переходить в резервний режим роботи. У цьому режимі передатчик модему не працює, а приймач синхронізується з передавачем іншого модему, що працює в активному режимі. Приймач приймає сигнали ТС від КП по чотирьох частотних каналах.

В активному режимі модем передає сигнали циклової синхронізації ТУ у відповідності з регламентом роботи системи ДЦ-МПК.

Окрім виконання функції супроводження активного і пасивного модемів з лініями зв'язку, може використовуватися як підсилювальний і трансляційний пункт, а також для узгодження чотирьох провідного каналу та двопровідних фізичних ліній зв'язку.

Було розглянуто кілька приблизно аналогічних моделей для вибору ПЕОМ оператора:

– WD My Cloud EX2 Ultra 4TB;

					ДП.АКІТ.8872458.00.00.000 ПЗ	Арк.
						42
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

- Synology DiskStation DS216play;
- Jet MultiPro 3V1230D8H1X2IDS1A5.

Наведено для кожної моделі технічні характеристики, щоб на основі цих даних зробити вибір у користь однієї з моделей сервера.

Технічні характеристики Synology DiskStation DS216play:

- кількість відсіків для накопичувачів: 2;
- тип (форм-фактор) накопичувачів: 3.5 ", 2.5";
- інтерфейс внутрішніх накопичувачів: SATA 3.0;
- оперативна пам'ять – 1 ГБ (DDR3).

Дана модель не підходить для розроблюваної системи, оскільки її оперативна пам'ять надто мала.

Технічні характеристики Jet MultiPro 3V1 230D8H1X2IDS1A5:

- модель процесора: Intel Xeon E3-1230V3;
- частота процесора, GHz: 3,3Ghz;
- кількість ядер: ЦП 4 ядра;
- обсяг пам'яті: DDR3 8Gb;
- частота пам'яті: 1600Mhz.

Дана модель має надто завищеними технічними характеристиками, а також високою вартістю, що для виробника, що не заслужив собі репутацію.

Отже, оберемо в якості сервера модель WD My Cloud EX2 Ultra 4TB.



Рисунок 3.3 –Зовнішній вигляд сервера WD My Cloud EX2 Ultra 4TB.

					ДП.АКІТ.8872458.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		43

Технічні характеристики даної моделі:

- кількість відсіків для накопичувачів: 2;
- тип (форм-фактор) накопичувачів: 3.5";
- інтерфейс внутрішніх накопичувачів: SATA 3.0;
- передбачені накопичувачі: 2 x 2 ТБ;
- процесор і чіпсет: Marvell Armada 385;
- оперативна пам'ять: 32 ГБ.

Дана модель відповідає всім вимогам автоматизованої системи. Також дуже важливим показником даної моди є можливість збільшення оперативної пам'яті з врахуванням можливості збільшення оброблюваної кількості інформації в процесі функціонування системи. Відповідно дана модель є найоптимальнішою за ціною та забезпеченням потреб розроблюваної САУ з розглянутого списку аналогів.

### 3.2 Розробка принципів електричних схем пункту управління

На основі розроблених структурної і функціональної схеми розробляється АСУ, зробимо розробку принципової електричної електронної схеми контрольованого пункту і пункту управління.

У даній автоматизованій системі передбачається використання трьох аналогічних ліній розливу, 2 з яких призначені для розливу кришки для троянди. .

Як головний елемент управління буде виступати мікроконтролер.

Принципова система мікроконтролера представлена на рисунку 3.4.

Мікроконтролер буде відповідати за управління всієї роботи лінії, тобто до нього буде надходити інформація від тензодатчиків по кожній лінії.

					ДП.АКІТ.8872458.00.00.000 ПЗ	Арк.
						44
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

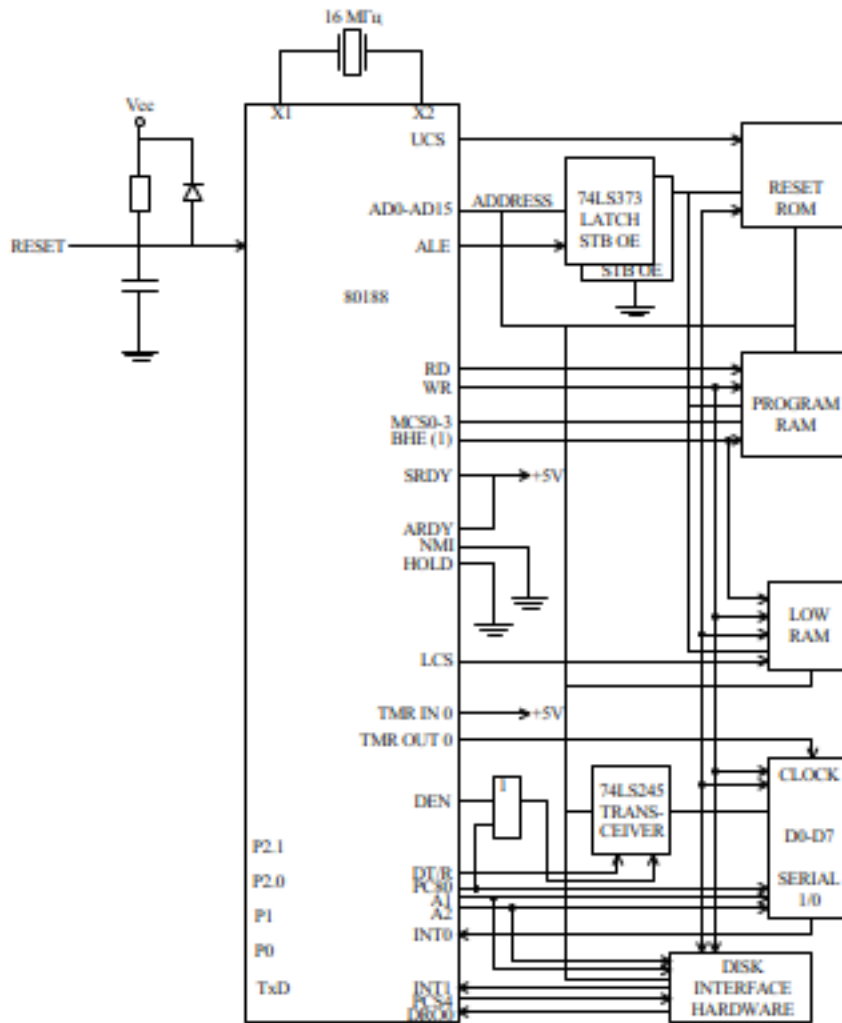


Рисунок 3.4 – Принципова схема мікроконтролера

На рисунку 3.5 представлена вимірвальна частина лінії розливу. Як було сказано раніше, для здійснення розливу буде встановлено 2 датчики: грубого та точного дозування. Підключення датчиків буде здійснюватися за рахунок мостової схеми включення. Такі схеми підключення найбільш широко використовуються в тензометрії.

В результаті огляду літературних джерел встановлено [8-9], що є ряд мостових схем та способів їх підключення, які мають різну ступінь температурних компенсації для виключенням температурної помилки кабеля. Тензорезистори вимірюють напругу на поверхні деталей, а також вимірюють ступінь їх стиснення, розтягування, скручування, вигину. При

відомому модулі Юнга і профілі виробу можна розрахувати сили, що прикладаються до виробу.

Для даної системи буде використовувати трьохпровідову схему підключення (рисунок 3.5). У даній схемі знаходиться один активний тензорезистор.

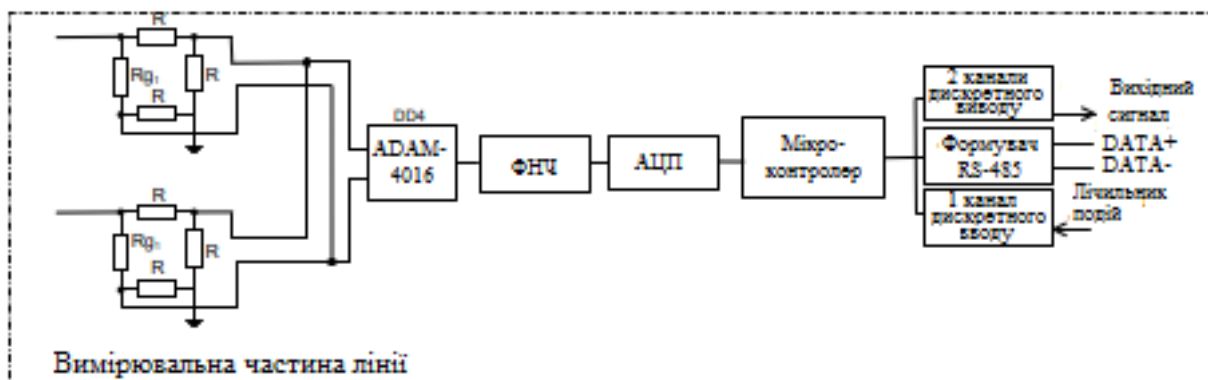


Рисунок 3.5 – Принципова схема вимірювальної частини лінії

Первинний збір поданих з тензорезисторів буде здійснюватися за рахунок реалізації модуль ADAM-4016. Потім сигнал, напруга якого знаходиться в межах діапазону від мінус 2,5 до плюс 2,5 В, піддається низькочастотної фільтрації в фільтрі низьких частот з граничною частотою частоті 10Гц та поступає на вхід сігма-дельта АЦП. Результат аналого-цифрового перетворення через ланцюги оптоізоляції надходить у вбудований мікропроцесор. У даному мікропроцесорі здійснюється порівняння значення вхідного сигналу з попередньо заданими верхнім і нижнім граничними значеннями (включення або виключення) відповідними дискретними виходами у випадку досягнення вихідним сигналом рівня, що виходить за межі заданого діапазону. Здійснюється підрахунок імпульсів на дискретному вході лічильника зовнішніх подій і аналіз команд, що надходять по послідовному каналу зв'язку.

Для тензомосту необхідно забезпечити відповідну напругу живлення. Існують наступні види напруги живлення: постійна, змінна, імпульсна.

					ДП.АКІТ.8872458.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		46

Постійна і змінна напруга для живлення тензомостів не застосовується, оскільки вони будуть постійно перегріватись, внаслідок неперервного виділення потужності. Отже, для живлення тензомостів застосовують імпульсну напругу.

При імпульсній напрузі потужність виділяється в період тривалості імпульсу, отже, ми можемо подати в імпульсі більшу напругу, не турбуючись про перегрів і виходу з ладу його компонентів.

Застосування імпульсного живлення моста пов'язують із збільшенням його чутливості. Також слід пам'ятати, що на відміну від мостів з безперервним живленням чутливість імпульсного моста розглядається лише в моменти існування імпульсів. Імпульсне живлення допомагає також зекономити споживання енергії, що безсумнівно є важливим фактором при проведенні вимірювань на віддалених об'єктах, де джерелом живлення є акумуляторна батарея.

Максимальне перевищення температури, яке досягає тензорезистор наприкінці імпульсу живлення при даних конструктивних параметрах тензорезистора і умовах його експлуатації, має важливе значення. Саме значення перевищення температури визначає додаткові похибки вимірювання, що викликаються нагріванням тензорезистора вимірювальним струмом. Тому значення допустимого перевищення температури може служити критерієм вибору максимального значення імпульсу живлення, а значить і максимальної чутливості моста. Максимальне значення імпульсу живлення визначається за формулою:

$$U_{max} = 2 \sqrt{\alpha \cdot s \cdot R \cdot \Delta\Theta \left( \frac{1 - e^{-\beta}}{1 - e^{-\gamma\beta}} \right)},$$

де  $\alpha$  – коефіцієнттепловіддачі, Вт/м<sup>2</sup>°C;

$s$  – площа поверхні тензорезистора, м<sup>2</sup>;

$R$  – опір тензодатчика, Ом;

$\Delta\Theta$  – значення допустимого перевищення температури, °C;

					ДП.АКІТ.8872458.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		47



В формулі (3.1):

$$\left( \frac{1 - e^{-\beta}}{1 - e^{-\gamma\beta}} \right) = \frac{T}{\tau'};$$

де  $T$  – період імпульсів живлення, с

$\tau'$  – тривалість самого імпульсу, с

Застосування імпульсного живлення мостів у тензометричній апаратурі вимагає певного підходу до вибору не тільки максимальних значень імпульсів напруги живлення. Це також пояснюється тим, що чим більше дискретних значень береться за період зміни сигналу, тим з більшою точністю він буде відновлений в подальшому. Однак надмірно малий період ускладнює процес квантування, зменшує скважність імпульсів, що призводить до зниження чутливості, яку можна досягнути.

Параметри напруги живлення моста повинні вибиратися з урахуванням умов експлуатації тензорезистора, частотних властивостей моста і частотного спектра досліджуваного сигналу. Період імпульсів можна визначити з теореми Котельнікова:

$$T = \frac{1}{2\mu F_{max}}, \quad (6.3)$$

де  $F_{max}$  – найбільша частота в спектрі досліджуваного процесу;

$\mu = (3 - 5)0,75\sqrt{\delta}$  – коефіцієнт, де  $\delta = 0,1\%$  відносна похибка відновлення

Тоді

$$T = \frac{1}{4 \cdot 0,75 \cdot \sqrt{0,01} \cdot 50} = 0,0067 \text{ с.}$$

					ДП.АКІТ.8872458.00.00.000 ПЗ	Арк.
						48
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Потужність, яка буде виділятися при живленні тензорезистора з опором  $R=100\text{Ом}$  прямокутними імпульсами з напругою  $U=12\text{В}$  визначається за виразом:

$$P_m = \frac{U^2}{4R} = \frac{12^2}{4 \cdot 100} = 0.36\text{Вт}$$

Причому розрахована потужність виділяється лише в період існування імпульсу.

Щоб здійснити імпульсне живлення тензомосту, будемо використовувати імпульси, які будуть поступати від дешифратора. До керуючого входу даного дешифратора буде під'єднаний генератор імпульсів з розрахованими періодом і тривалістю. Принципова схема дешифратора представлена на рисунку 3.6.

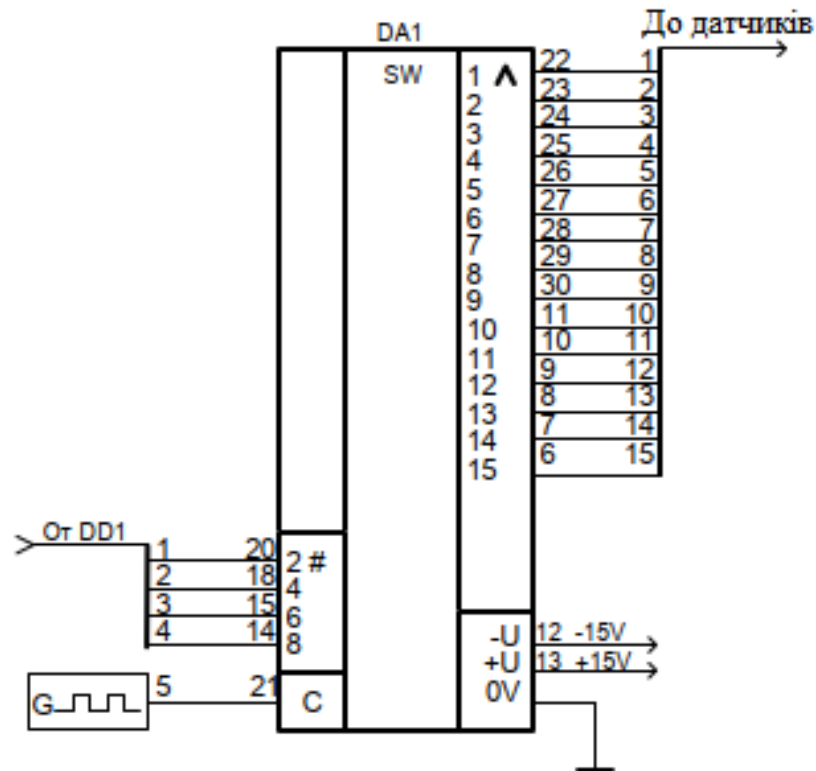


Рисунок 3.6 – Принципова схема дешифратора

Таким чином, відфільтровані і підсилені малошумним підсилювачем сигнали від датчиків поступають на аналогові входи 16-каналального комутатора D. Принципова схема даного комутатора представлена на рисунку 3.7.

На керуючі входи аналогового комутатора через перетворювач рівнів DD2 надходять сигнали від мікроконтролера DD1 з ліній 0-4 порту P1. Мікросхема DD2 служить для узгодження TTL-рівнів мікроконтролера DD1 з КМОП-рівнями аналогового комутатора. Відповідно до сигналів здійснюється вибір комутованого каналу. Комутація здійснюється при наявності рівня логічної одиниці на вході блокування.

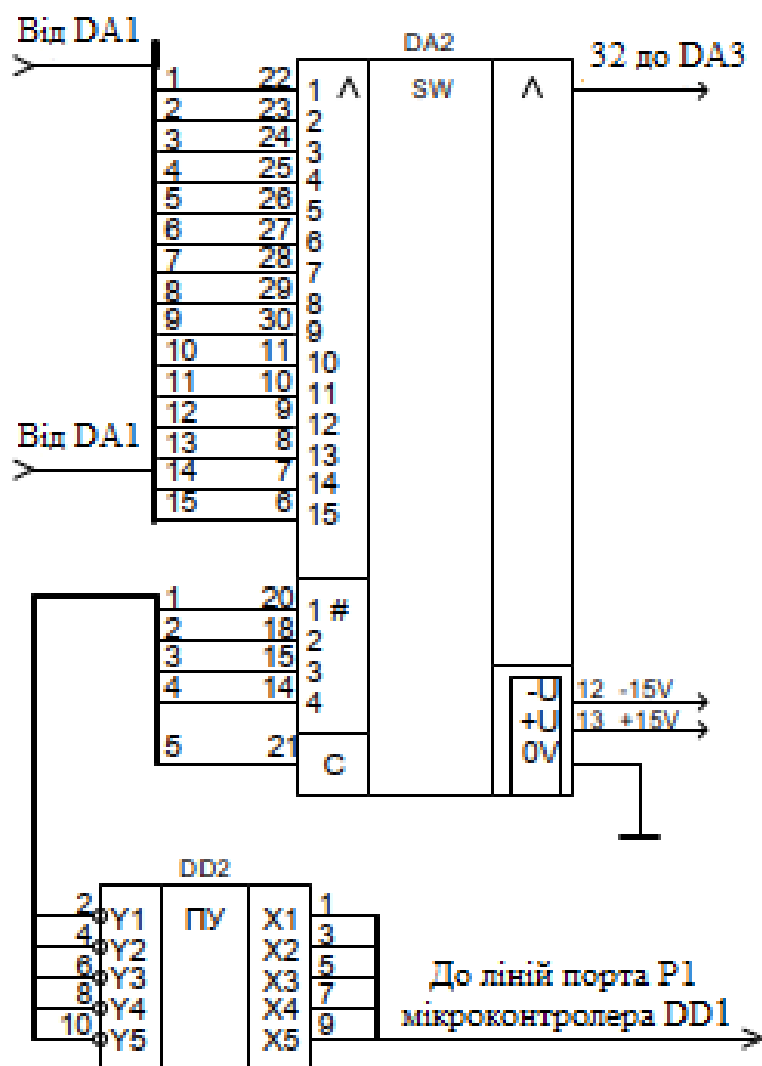


Рисунок 3.7 – Принципова схема комутатора

Після того, як відбувся вибір потрібного каналу, телеметрований параметр з датчиків подається на аналогово-цифрову перетворювач DA4.

Одночасно з комутатором DA2, на дешифратор DA3 подаються також керуючі сигнали. На виході формується рівень логічної одиниці в залежності від двійкової комбінації на керуючому вході. Тривалість імпульсів залежить від частоти генератора G, таким чином на певний датчик поступає імпульс живлення.

Аналоговий сигнал з комутатора поступає на аналого-цифрову перетворювач DA4. Принципова електрична схема АЦП представлена на рисунку 3.8. За сигналом з першої лінії порту P починається перетворення напруги датчика в цифровий еквівалент [14]. Після перетворення на 0-й лінії порту P2 встановлюється рівень логічної одиниць. Перетворене в цифровий еквівалент інформаційне повідомлення через лінію 0-3 порту P0 надходять на мікроконтролер.

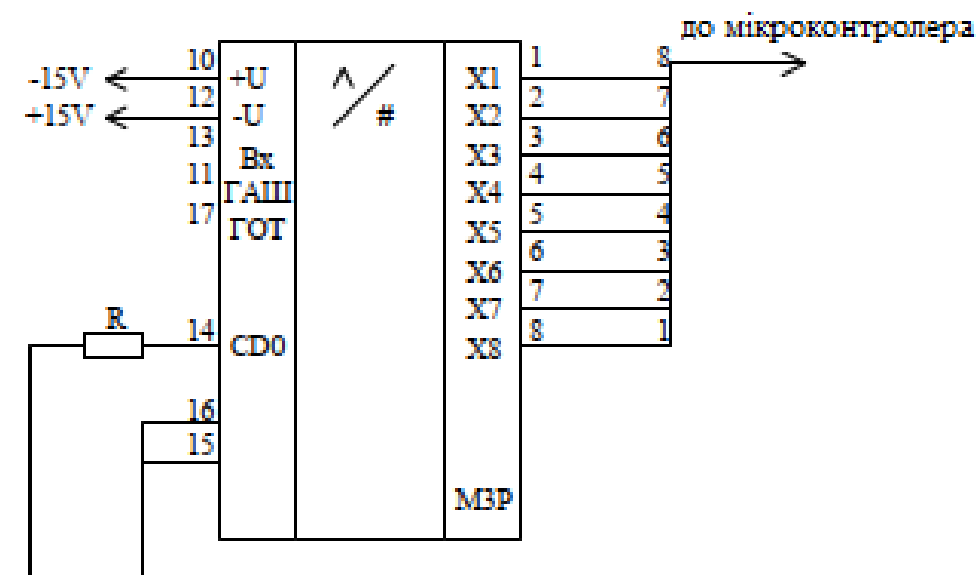


Рисунок 3.8 – Принципова схема АЦП

При надходженні на вхід ГАШ DA4 рівня логічного нуля починається перетворення вхідної інформації. Дане повідомлення про початок

перетворення поступає з першої лінії порту P2.1. Через час, необхідний для перетворення (~30 мкс), на вході АЦП ГОТ з'являється сигнал логічної одиниці, що сигналізує про те, що отримають цифровий еквівалент запитуваного напруги. Сигнал з ГОП поступає на порт P2.0 мікроконтролера DD1. Отримавши інформацію на порт P0, DD1 на вхід ГАШ встановлює рівень логічної одиниць, який обнуляє інформацію, що міститься в регістрі пристрою. Після чого АЦП знову готовий до прийому і обробки даних.

Як було зазначено вище, всією роботою керує мікроконтролер. Сигнали з лінією 0-4 порту P1 поступають на дешифратор D A3, який генерує запускаючий імпульс для блокінг-генератора. Ці ж сигнали йдуть і на комутатор і підключають потрібний канал до DA4 – анало-цифрового перетворювача (АЦП). По сигналу з лінією 1 порту P2.1, на АЦП починається перетворення аналогового сигналу в цифровий еквівалент, після закінчення 2-й ходу на  $\epsilon$ . Далі через порт P0 цифровий еквівалент сигналу, знятого з датчика, поступає на мікроконтролер.

З мікроконтролера оброблені дані, передаються на пункт керування за рахунок використання промислових контролерів. Таким чином оператор може віддалено стежити за розливом з кожної лінії. Принципова електрична схема контрольованого пункту розроблюваної автоматизованої системи керування розливом фарби представлена на рисунку 3.9.

Принципова схема мікроконтролера зображена на малюнку 3.10. Мікроконтролер проводить перевірку правильності прийому. Якщо всі дані прийняті вірно, то інформація масштабується, перетворюється на двійково-десятковий код і відправляється на 0-7 ліній порту P1. Одночасно з цим на лінії 0-5 порту P0 посилаються керуючі сигнали, які керують зовнішніми регістрами та пристроями, перевіреними. Якщо при передачі відбулася помилка, то DD1 приходить у стан очікування прийому поданих від ліній розливу.

					ДП.АКІТ.8872458.00.00.000 ПЗ	Арк.
						52
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

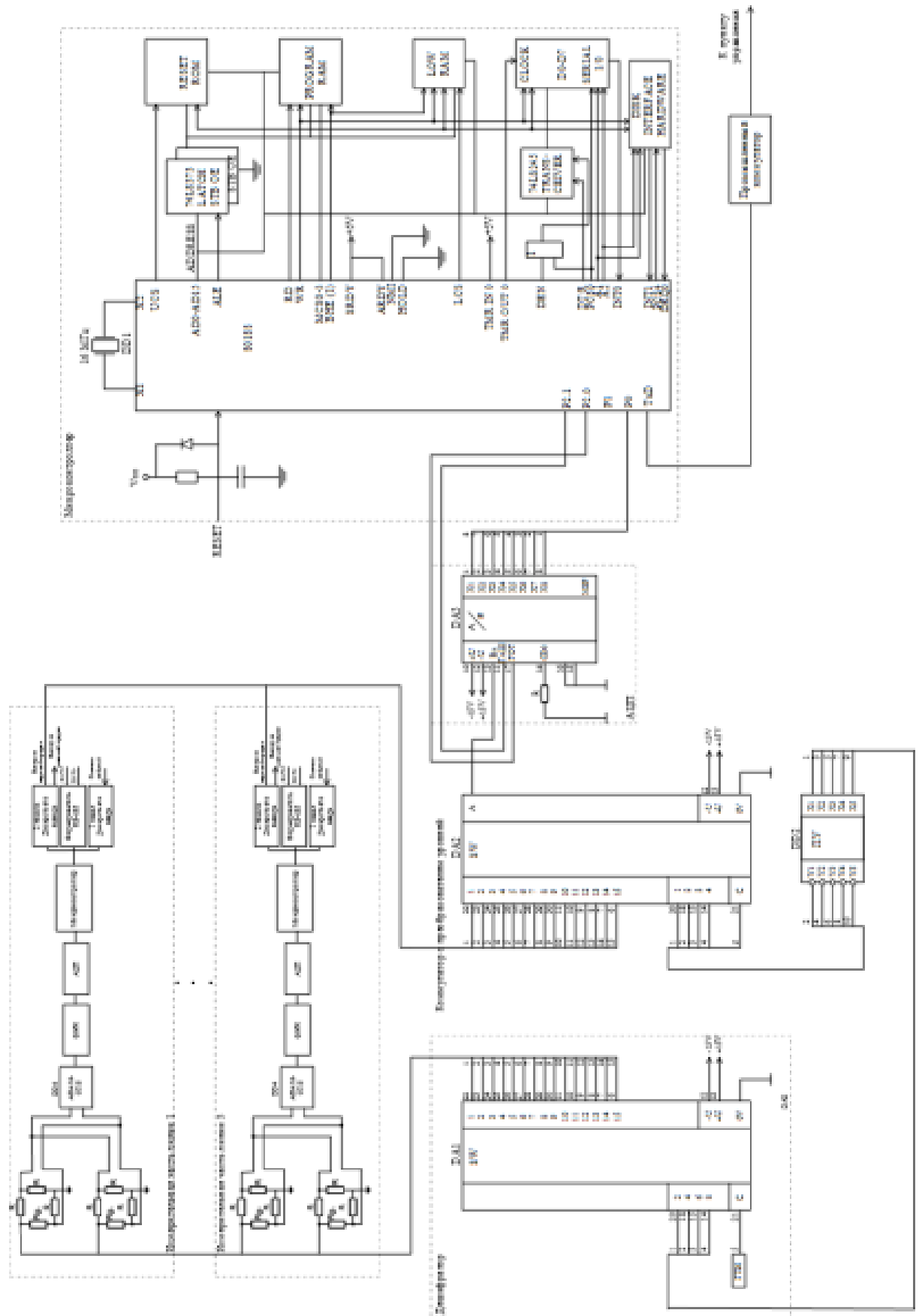


Рисунок 3.9 – Принципова електрична схема контрольного пункту

Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата

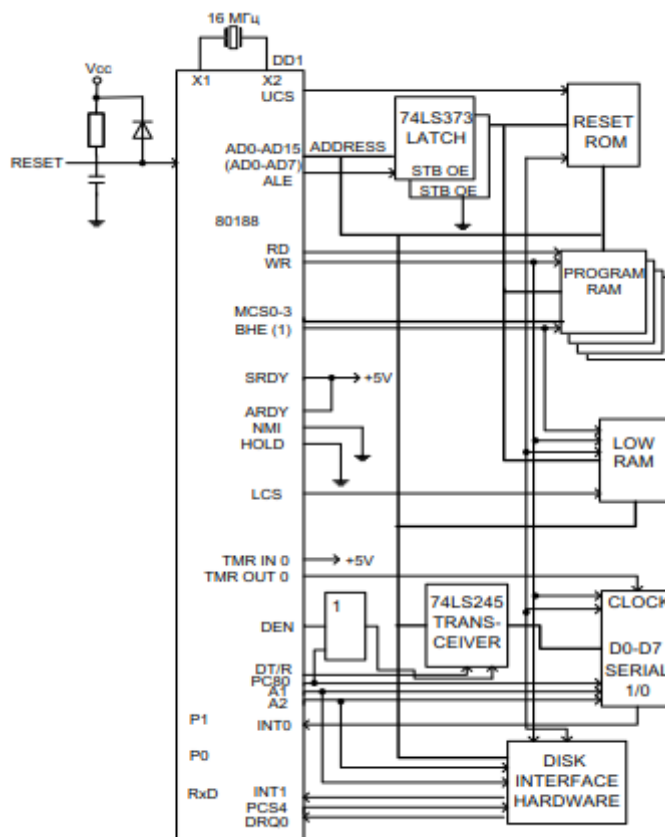


Рисунок 3.10 – Принципова схема мікроконтролера

Обмін даними з КП здійснюється через промисловий комутатор. Для підключення комутатора використовується інтерфейс R S232, для реалізації якого застосовується відповідний драйвер DA1 і послідовний порт мікроконтролера. Також цей інтерфейс використовується для зв'язку з ПЕОМ оператора лінії розливу. Драйвером для інтерфейсу з ПЕОМ служить мікросхема DA2 рисунок 3.11.

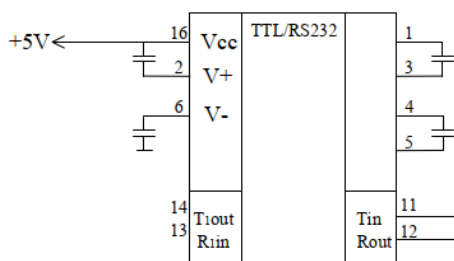


Рисунок 3.11 – Принципова схема драйверу інтерфейсу

Принципова електрична схема пункту керування представлена на рисунку 3.12.

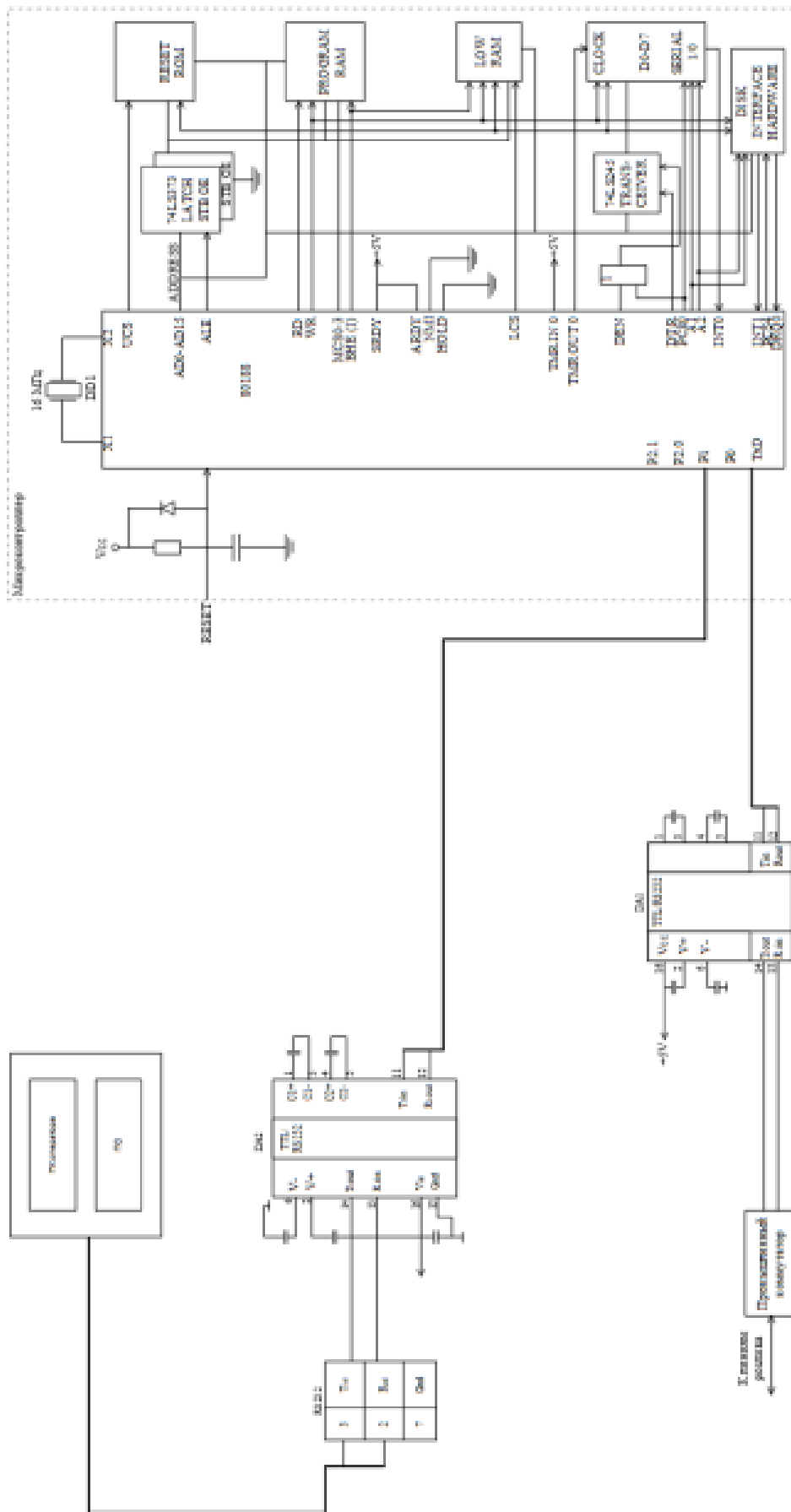


Рисунок 3.12 – Принципова електрична схема пункту управління

Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата

ДП.АКІТ.8872458.00.00.000 ПЗ

Арк.

55



### 3.3 Розробка алгоритмів функціонування АСУ

На основі спроектованих структурних та функціональної схеми розроблено алгоритми функціонування лінії розливу фарби і пункту управління.

Для реалізації алгоритмів опишемо основні функції, які повинні бути реалізовані системою [22, 24]:

- автоматичний вимірювання маси на ділянці розливу з заданою циклічністю;
- відображення результатів вимірювання маси на індикаторі.

На лінії розливу проводиться прийом даних з пункту управління. Для взаємозв'язку з необхідною ліній розливу буде надсилатися запит у якості якого виступає з синхрокод, який представляє собою 8-бітну послідовність активних сигналів. Опитування на наявність синхрокода проводиться 5 разів, якщо кількість опитувань перевищено 5 – виводиться індикація помилки з'єднання пункту управління із лінією розливу. Якщо синхрокод прийнятий, на лінію розливу відсилається закодоване повідомлення, яке показує, що взаємодія встановлена з потрібною лінією розливу розливу і даних.

Далі оператор відправляє запит на можливість обслуговування лінії розливу (перевірка обладнання) і в разі успішного опитування на пульт оператора надходить сигнал про можливість обслуговування, в іншому випадку надходить повідомлення про помилку і очікується повторне введення.

Сам процес розливу проводиться в два етапи. Спочатку проводиться налив з грубим дозування. Для цього виконується включення насоса для відпуску фарби і вмикання клапана грубого дозування. Грубе дозування здійснюється при досягненні показника  $(0.8-0.9) \cdot M$  (конкретне значення  $M$  – маси встановлюється оператором). Після досягнення даного показника, проводиться відключення клапана грубого дозування і потім включення

					ДП.АКІТ.8872458.00.00.000 ПЗ	Арк.
						56
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

клапана точного дозування. Подальше заповнення тари буде здійснюватися до досягнення показника в  $0.97 \cdot M$ .

Після цього будуть вимкнені всі клапани і насоси, відповідно відпусток лакофарбових матеріалів завершений. Після завершення операції по відпуску фарби, на пункт керування посилається сигнал про закінчення розливу.

Схема алгоритму лінії розливу зображена на малюнку 3.13.

Покази тензодатчиків ліній розливу поступають безперервно і так само безперервно повинні оброблятися на ЕОМ оператора пункту управління.

Для цього спочатку встановлюється взаємозв'язок з необхідною лінією розливу за рахунок прийому синхрокоду. Опитування на наявність синхрокоду відбувається до 5 разів.

На лінії розливу безперервно відбувається передача даних з тензодатчиків, при цьому відбувається перетворення аналогового сигналу в цифровий і покази відображаються на табло. Далі формується і відправляється в лінію зв'язку з синхрокод, призначений для сповіщення пункту управління про початок передачі. Потім по черзі відправляються закодовані адреси датчиків і значення на цих датчиках. Потім здійснюється розширення спектру і лінійне кодуванню повідомлення.

У випадку надходження лінійного блоку з пункту управління, потрібно прийняти повідомлення. Для цього сигнал відновлюється, декодується адреса та інформаційна складова. У випадку правильного прийому відбувається декомпресії повідомлення і у відповідності до адреси відбувається відповідний вплив на об'єкт управління.

У разі наявності помилок при декодуванні або при опитуванні з синхрокоду, проводиться індикація помилок на екрані. Дані про помилки формуються в базу даних системи з визначеним кодом і поясненням помилки.

Схема алгоритму функціонування центру управління виготовлена на малюнку 3.14.

					ДП.АКІТ.8872458.00.00.000 ПЗ	Арк.
						57
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

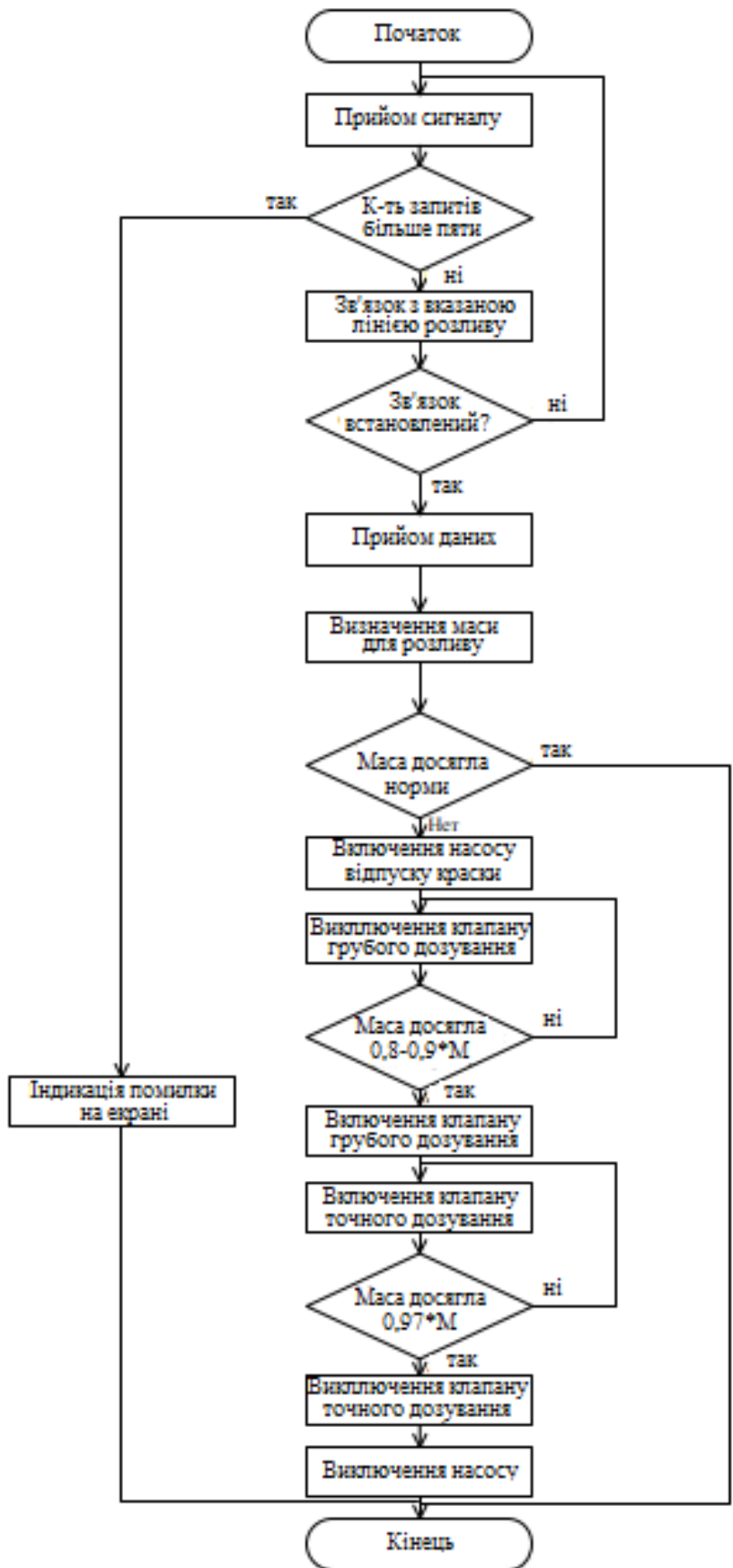


Рисунок 3.13 – Схема алгоритму функціонування лінії розливу

Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата

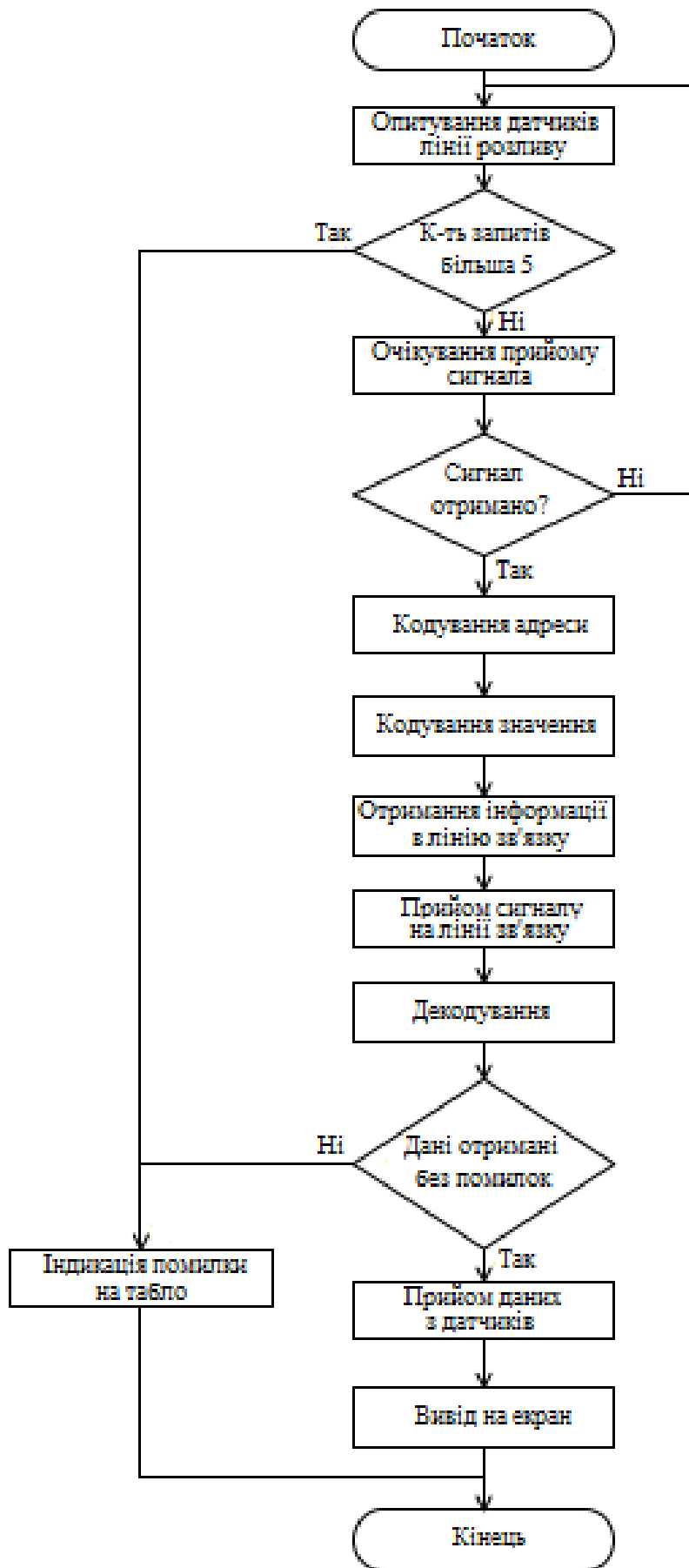


Рисунок 3.14 – Схема алгоритму функціонування пункту керування.

Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата

### 3.4 Розрахунки завадостійкості частотних та часових характеристик каналів зв'язку автоматизованої системи управління

Під завадостійкістю розуміється властивість системи функціонувати із заданими показниками якості в умовах впливу завад [23].

Сторона, що приймає, повинна пропускати лише основну частоту без її гармонік, отримаємо:

$$\alpha^2 = \frac{U_c^2 \tau}{2P_0'}, \quad (3.1)$$

де  $\alpha$  – коефіцієнт, який характеризує потенційну завадостійкість.

Підставивши значення напруги  $U_c$  та потужності  $P$  сигналу у формулу (8.1) отримаємо результат 3,7. Тоді вірогідність спотворення буде рівна:

$$P_1 = V \left( \frac{\alpha}{\sqrt{2}} \right) = 1.894 \cdot 10^{-5} \cdot 2.616 = 5 \cdot 10^{-5}. \quad (3.2)$$

Для кодування даних був вибраний код Хеммінга з  $d=4$ , який дозволяє виправляти одиночні і виявляти подвійні помилки. Повна вірогідність правильного прийому  $P_{np}$  для даного коду розраховується за формою:

$$P_{np} = (1 - P_1)^n + C_n^1 P_1 (1 - P_1)^{n-1} = (1 - 5 \cdot 10^{-5})^{20} + 20 \cdot 5 \cdot 10^{-5} (1 - 5 \cdot 10^{-5})^{19} = 0,999, \quad (3.3)$$

де  $n=20$  – кількість розрядів у повідомленні.

Помилковий прийом при  $d = 4$  обумовлений помилкою кратності більшої двох. Визначимо імовірність виникнення виявленої помилки:

					ДП.АКІТ.8872458.00.00.000 ПЗ	Арк.
						60
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

$$P_{в.н.} = C_n^2 P_n^2 (1 - P_1)^{n-2} = C_{20}^2 P_{20}^2 (1 - P_1)^{18} = 190 \cdot (5 \cdot 10^{-5})^2 (1 - 5 \cdot 10^{-5})^{18} = 2,63 \cdot 10^{-6} \quad (3.4)$$

Імовірність невиявленої помилки з урахуванням виправлення поодиноких помилок:

$$P_{н.н.} = 1 - P_{пр} - P_{в.н.} = 1 - 0,999 - 2,891 \cdot 10^{-6} = 2,63 \cdot 10^{-6}. \quad (3.5)$$

Визначимо структуру кадра для передачі.

При синхронному режимі передачі старт-стопні біти між кожною парою байт відсутні і весь блок або кадр даних передається як один ланцюжок бітів без будь-яких затримок між 8-бітними елементами. Щоб на приймачі ПУ забезпечувалися різні рівні синхронізації, необхідно виконання наступних вимог:

- ланцюжок бітів, що передається, повинен бути закодований так, щоб приймач міг здійснювати побітну синхронізацію;

- кожному кадру повинен передувати один або більше зарезервованих байтів або символів, завдяки чому приймач може надійно розділити отриману послідовність бітів по межах байтів або символів (по-байтна або по-символьна синхронізація);

- вміст кожного кадру обрамляється парою зарезервованих байт або символів.

При передачі даних телевимірювань у повідомленні необхідно вказувати адресу лінії розливу, так як в одну і ту ж лінію зв'язку будуть надходити показники вимірюваних параметрів від різних датчиків одночасно.

Структура кадру представлена на рисунку 3.15.

					ДП.АКІТ.8872458.00.00.000 ПЗ	Арк.
						61
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

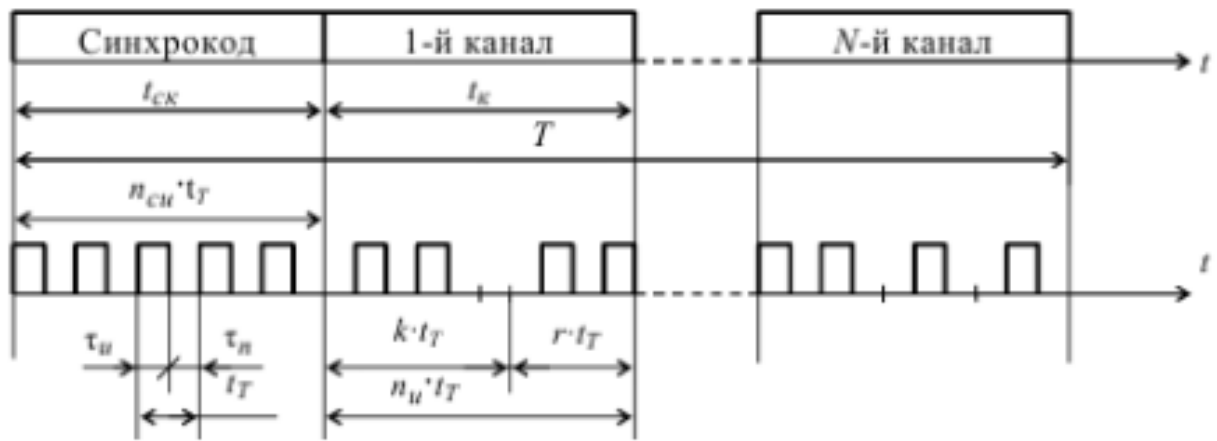


Рисунок 3.15 – Схема структури фрейму передачі

Для передачі сигналів управління з ПУ на КП будемо використовувати наступну структуру кадру: синхрокод, адреса керованої лінії розливу і код команди вимірі.

Для передачі і синхрокоду відведено один байт. Визначимо кількість розрядів необхідних для кодування адреси лінії розливу. Оскільки кількість ліній дорівнює 3, то необхідно 2 розряди. Для передачі параметра знадобиться 6 байт. Разом розмір посилки складе 7 байт.

Виходячи з цього час передачі одного байта буде визначатися за виразом:

$$T_1 = \frac{t}{n_{байт}} = \frac{0,1}{7} = 0,014c.$$

Тоді необхідна частота тактових імпульсів:

$$F_{m.i.} = \frac{1}{3 \cdot T_1} = \frac{1}{3 \cdot 0,014} = 23,8 Гц.$$

Таким чином, в даному розділі були проведені системні розрахунки, які показали надійність системи, а також завадостійкість сигналів, що передаються з лінії розливу до пункту управління.

## ВИСНОВКИ

Грунтуючись на проаналізованому матеріалі, що стосується технологічного процесу та існуючих систем автоматизованого розливу, була розроблена структурна схема автоматизованої системи управління дозованого розливу фарби. Розроблена структурна схема представлена трирівневою взаємопов'язаною системою, де оператор лінії розливу буде за допомогою програмованого контролера управляти виконавчими механізмами, реалізованими на лінії розливу, за рахунок збору даних з вимірювальних пристроїв.

На основі цієї схеми розроблена функціональна схема автоматизованої системи управління дозованого розливу фарби. У цій схемі було продемонстровано ряд апаратних засобів, які повинні бути реалізовані для розробки системи у реальних умовах. Було продемонстровано взаємозв'язок між усіма блоками системи лінії розливу та описано процес взаємодії лінії розливу з центром управління.

На базі представлених функціональних схем пункту управління та контрольованого пункту було розроблено відповідні принципові електричні схеми, які показують підключення між пристроями.

На підставі функціональних схем був представлений вибір апаратних та програмних засобів, які необхідні для реалізації автоматизованої системи. У ході вибору апаратних засобів були продемонстровані аналоги та проведено обґрунтування вибору тих апаратних засобів, які необхідні реалізації цієї системи.

Розроблено алгоритми функціонування автоматизованої системи, що розробляється. У ході розробки алгоритмів функціонування наочно продемонстровано процес управління лінією розливу з центру управління та описані процеси заповнення тари в ході здійснення процесу розливу. У даних алгоритмах було проілюстровано роботу автоматизованих установок, які

					ДП.АКІТ.8872458.00.00.000 ПЗ	Арк.
						63
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		



поетапно здійснюють опитування та визначають кількість вже заповненої маси.

Було здійснено розрахунок лінії зв'язку між центром управління та контрольованими пунктами, як яких виступають лінії розливу. Визначено завадостійкість лінії зв'язку та на підставі розрахункових даних вибрано кабельні лінії зв'язку.

					ДП.АКІТ.8872458.00.00.000 ПЗ	Арк.
						64
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

## ПРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Клименко О. П., Каюн І. Г., Шейкус А. Р. Контроль і управління технологічними процесами: навчальний посібник / О. П. Клименко, І. Г. Каюн, А. Р. Шейкус – Дніпро: ДВНЗ УДХТУ, 2019. – 179 с.
2. Трегуб В.Г. Проектування систем автоматизації: Навч. посібник. – К.: Видавництво Ліра-К, 2017. – 344 с.
3. Трегуб В.Г. Автоматизація об'єктів періодичної дії : підручник. – Київ : Видавництво Ліра-К, 2019. – 136 с.
4. Pneumatic Automated Bottle Filling Machine by Irshad. / Rao Farhan, Ali, Omair, Samiullah, Rana. Paperback. LAP LAMBERT Academic Publishing. 2012. – 358p.
5. R.Sakthivel Murugan, R.Nandha Kumar, N.Sathiyamoorthi, J.SreenivasaChakravarthy. Improvisation of Clean-In-Process for Paint Filling Machine in Paint Manufacturing Industries. Advances in Natural and Applied Sciences №11(6): 2017. P.517-523
6. І. В. Ельперівн. Автоматизація виробничих процесів: підручник / І. В. Ельперівн, О. М, Пупена, В.М. Сідельський, С. М. Швед. — Вид.2-ге, виправлене – К.: Вид. Ліра-К, 2017. – 378с.
7. Ладанюк А.П. Автоматизація технологічних процесів та виробництв харчової промисловості: Підручник / Ладанюк А.П, Трегуб В.Г., Ельперін І. В., Цюцюра В.Д. – К.: Аграрна освіта. – 2001. – 224 с.
8. Єремєєв І.С., Кисельов В.Б. Автоматизовані системи управління технологічними процесами. Харків. Вид. Олді+. 2022. – 324 с.
9. Савицький Володимир Технічні засоби автоматизації: навч. посіб. / В. К. Савицький, Р. М. Федоришин; М-во освіти і науки України, Навчальний посібник. Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2018. – 292 с.
10. Офіційний сайт компанії FLEXMASH. //Дозуюче обладнання для хімічної індустрії: [Електронний ресурс]. Режим доступу:

					ДП.АКІТ.8872458.00.00.000 ПЗ	Арк.
						65
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

<https://flexmash.com/dozujuche-obladnannya-dlya-himichnoi-industrii-virobnictvo-akrilovih-farb/>.

11. Офіційний сайт ТОВ Баленко Завод пакувального обладнання. // Комплексні лінії для розливу різноманітних рідин. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://balenko.com/product/liniya-dlya-rozlivu-sonyashnikovoyi-oliyi/>.

12. ADAM-5510, PC сумісний програмований мікроконтролер . Керівництво користувача. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://www.prosoft.ru/cms/f/261397.pdf>.

13. Офіційний сайт фірми Siemens. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://www.siemens-ru.com/docs>.

14. Офіційний сайт фірми Omron. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://www.rakurs.su/producers/omron/catalog/programmiruemye-logicheskie-kontrollery>.

15. Офіційний сайт фірми Mitsubishi. [Електронний ресурс]. Режим доступу: – <https://ru.mitsubishielectric.com/ru/products-solutions/factory-automation/index.html>.

16. Офіційний сайт фірми Owen. [Електронний ресурс]. Режим доступу: [https://owen.ru/catalog/programmiruemie\\_logicheskie\\_kontrolleri](https://owen.ru/catalog/programmiruemie_logicheskie_kontrolleri) .

17. Офіційний сайт фірми Delta Electronics. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://www.delta-electronics.info/PLC>.

18. Офіційний сайт Ризького заводу напівпровідникових приладів AS «ALFA RPAR» [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://www.alfarzpp.lv/eng/sc/semiconductor.php>.

19. Мікросхема 591КН3. Керівництво користувача. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://lib.chipdip.ru/033/DOC001033244.pdf>.

20. Офіційний сайт фірми Sven. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://www.ixbt.com/power/ups/sven-pro-650.shtml>.

					ДП.АКІТ.8872458.00.00.000 ПЗ	Арк.
						66
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

21. Мікросхема K554CA3. Керівництво користувача. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://www.chipinfo.ru/dsheets/ic/554/ca3.html>.

22. Пупена О.М., Ельперін І.В. Програмування промислових контролерів у середовищі Unity Pro: Навч. посібник. — К.: Видавництво Ліра-К, 2017. — 376 с.

23. Голубєв, Л., Резніков, С. (2022). Розробка автоматизованої системи дозування рідких продуктів. Automation of Technological and Business Processes, № 14(1), 2022, С. 17– 23. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://doi.org/10.15673/atbp.v14i1.2276>

24. Ельперін І. В. Промислові контролери: Навчальний посібник / І.В. Ельперін. – К.: НУХТ. – 2003. – 320 с.

					ДП.АКІТ.8872458.00.00.000 ПЗ	Арк.
						67
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		