

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**

**Сумський державний університет**

Факультет електроніки та інформаційних технологій

Кафедра комп'ютеризованих систем управління

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри КСУ

\_\_\_\_\_ Петро ЛЕОНТЬЄВ

\_\_\_\_\_ 2023 р.

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**

**на здобуття освітнього ступеня бакалавр**

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

освітньо-професійної програми

«Комп'ютеризовані системи управління та робототехніка»

на тему: «Автоматизація процесу виготовлення морозива»

Здобувача групи СУ-91

Гайда Станіслава Олександровича

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

Станіслав ГАЙДА

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Керівник Доцент кафедри КСУ, Сергій СОКОЛОВ

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

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Суми – 2023



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

ЗАТВЕРДЖУЮ

Зав. кафедри

\_\_\_\_\_ Леонт'єв П.В.

\_\_\_\_\_ 2023 р.

**ЗАВДАННЯ**

на кваліфікаційну роботу бакалавра здобувачу вищої освіти

\_\_\_\_\_ Гайда Станіслав Олександрович \_\_\_\_\_

(Прізвище, Ім'я, По-батькові повністю)

1. Тема проекту: Автоматизація процесу виготовлення морозива.  
Затверджено наказом ректора університету. № 0236-VI від “14” березня 2023 р.
2. Термін здавання студентом закінченого проекту “10” червня 2023 р.
3. Вихідні дані до проекту: звіт з переддипломної практики, наукові публікації, статті, технічна документація тощо.
4. Зміст пояснювальної записки: аналіз технологічного процесу, вибір фризера Taylor 710 як об'єкта керування, розробка функціональної схеми автоматизації, вибір технічних засобів автоматизації, економічні розрахунки.
5. Перелік графічних матеріалів: 25 рисунків, 14 таблиць, 2 додатки.
6. Календарний план проектування

Номер етапу		Термін виконання
1	Аналіз завдання кафедри. Складання технічного завдання. Підбір та аналіз літератури і першоджерел.	15.03.2023 – 31.03.2023
2	Аналіз технологічного процесу та конструктивних особливостей	01.04.2023 – 15.04.2023
3	Розробка функціональної схеми автоматизації фризера Taylor 710	15.04.2023 – 01.05.2023
4	Вибір технічних засобів автоматизації.	02.05.2023 – 09.05.2023
5	Розробка алгоритмів функціонування та економічні розрахунки.	10.05.2023 – 15.05.2023
6	Оформлення дипломного проекту та супровідної документації	16.05.2023 – 29.05.2023

7. Дата видачі завдання “10” квітня 2023р.

Керівник проекту:

Доцент кафедри КСУ

(науковий ступінь, вчене звання, посада)

\_\_\_\_\_

(підпис)

Сергій Соколов

(ім'я та прізвище)

Здобувач:

студент гр. СУ-91

(шифр групи)

\_\_\_\_\_

(підпис)

Гайда Станіслав

(ім'я та прізвище)

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

**ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ**

на проектування автоматизованої системи управління процесом  
виробництва морозива.

Розробник:

студент групи СУ-91

Станіслав ГАЙДА

Погоджено:

Посада, науковий ступінь:

Викладач,  
Доцент кафедри КСУ,  
к.ф.-м.н.

Сергій СОКОЛОВ

1. Тема проекту та галузь застосування: Автоматизація процесу виготовлення морозива; використовується в приміщеннях громадського харчування.

2. Затверджено ректором Сумського державного університету № 0236-VI від “14” березня 2023 року.

3. Призначення і мета проекту: метою бакалаврської роботи є підвищення точності регулювання температури молочно-вершкової суміші в морозильній камері.

Для досягнення поставленої задачі була розроблена технічна документація, а саме: функціональна схеми автоматизації та схема інформаційно-матеріальних потоків фризера.

4. Література для розроблення та джерела: аналіз різноманітних систем керування за тематикою, конструкторська документація, яка була отримана в процесі проходження переддипломної практики, вебсайти, статті, тези.

5. Функціонування об'єкта за режимами: періодичність технічного огляду не рідше 2-4 разів на місяць. Щоб забезпечити надійну роботу без завад, система управління має бути обрана з урахуванням визначеного об'єкта автоматизації, а саме всі датчики збудовані з захистом.

6. Умови експлуатації системи управління:

- 1) взаємодія з агресивними середовищами: агресивні гази, емульсія, пил та ін.;
- 2) сейсмічна активність до 5 балів;
- 3) довколишня температура від  $-40$  до  $+50$  °C;
- 4) атмосферний тиск 80 – 112 кПа.

7. Технічні вимоги: система керування параметрам в фризери має бути надійною, швидкодіююю, точною, забезпечувати безпечну експлуатацію і монтажні роботи, зручною в управлінні і має підтримувати задані параметри за тиском, температурою та рівнем хладогену.

8. Економічні показники якості: зменшення витрат на обслуговування системи за рахунок використання сучасних систем управління та ефективних алгоритмів функціонування, що в свою чергу підвищує якість функціонування.

9. План для проектних робіт:

Номер етапу	Зміст етапу проектування	Термін виконання (початок – кінець)
1	Аналіз завдання кафедри. Складання технічного завдання. Пошук, аналіз та підбір літератури та джерел.	15.03.2023 – 20.03.2023
2	Ознайомлення з документацією для засобу автоматизації	21.03.2023 – 31.03.2023
3	Опис технологічного процесу.	01.04.2023 – 15.04.2023
4	Розробка основних схем автоматизації.	15.04.2023 – 01.05.2023
5	Розробка пояснювальної записки.	02.05.2023 – 09.05.2023
6	Вибір засобів автоматизації для проекту.	10.05.2023 – 15.05.2023
7	Завершення написання дипломного проекту та додаткової документації.	16.05.2023 – 29.05.2023

## АНОТАЦІЯ

Гайда Станіслав Олександрович. Автоматизація процесу виготовлення морозива. Дипломний проект. Сумський державний університет. Суми, 2023 рік.

Система автоматизації розроблена на базі ПЛК Modicon M258.

Проект містить 57 аркушів пояснювальної записки, в яку входить 25 рисунків, 14 таблиць, 2 креслення, та 17 джерел інформації.

Проведено технічний аналіз процесу виробництва морозива. В результаті аналізу обрано фрізер Taylor 710 як об'єкт керування та розглянуто його характеристики. У пояснювальній записці представлено короткий опис технологічного процесу, контури керування та інформаційні контури системи управління параметрами в фрізері, та підібрані необхідні засоби автоматизації для даної системи.

Ключові слова: система автоматизації, фрізер, хладоген, давачі, компресор, програмований логічний контролер, панель управління, виконуючі механізми, вхідні та вихідні сигнали, алгоритми функціонування, система управління, функціональна схема автоматизації, температура в робочому циліндрі.



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

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри КСУ

\_\_\_\_\_ Петро ЛЕОНТЬЄВ

\_\_\_\_\_ 2023 р.

**ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА**

до дипломного проекту

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

на тему:

«Автоматизація процесу виготовлення морозива»

Керівник проекту:

Доцент кафедри

комп'ютеризованих системи управління

Сергій Соколов

Здобувач:

студент групи СУ-91

Гайда Станіслав

## ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ ТА УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ.....	3
ВСТУП.....	4
РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ТА ОБ'ЄКТА КЕРУВАННЯ	7
1.1. Технологічний процес виробництва морозива .....	7
1.2. Конструктивні характеристики процесу виробництва морозива .....	8
1.3. Опис об'єкта керування.....	11
1.4. Структура об'єкта керування .....	13
1.5. Формулювання задачі автоматизації .....	15
1.6. Висновки до розділу 1 .....	15
РОЗДІЛ 2. СИСТЕМА АВТОМАТИЗОВАНОГО КЕРУВАННЯ ФРИЗЕРОМ .	17
2.1. Розробка схеми матеріальних та інформаційних потоків фризера .....	17
2.2. Принцип функціонування об'єкта керування .....	21
2.3. Висновки до розділу 2 .....	22
РОЗДІЛ 3. ФУНКЦІОНАЛЬНА СХЕМА ТА КОНТУРИ РЕГУЛЮВАННЯ	23
3.1. Розробка функціональної схеми автоматизації.....	23
3.2. Контур подачі сировини та її перемішування .....	23
3.3. Контур регулювання температури всередині робочого циліндра .....	24
3.4. Контур охолодження та фільтрації відпрацьованого хладогену.....	25
3.5. Вхідні та вихідні сигнали системи.....	26
3.6. Розробка структурної схеми керування контуру регулювання температури всередині робочого циліндра.....	28
3.7. Алгоритм роботи контур подачі сировини та її перемішування .....	29
3.8. Алгоритм роботи контуру регулювання температури всередині робочого циліндра .....	30
3.9. Алгоритм роботи контуру охолодження та фільтрації відпрацьованого хладогену .....	31
3.10. Висновки до розділу 3 .....	33
РОЗДІЛ 4. ВИБІР АПАРАТНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ	34
4.1. Давачі та виконавчі механізми.....	34
4.1.1 Давач температури ОВЕН ДТС075-РТ100.А3.250 .....	34
4.1.2 Електромагнітний клапан ZW-50N.....	35
4.1.3 Ємнісний сигналізатор реле рівня серії ECASm 101 .....	37

4.1.4	Давач тиску ВСТ22 .....	39
4.1.5	Мотор-редуктор IMS PM 42SD .....	39
4.1.6	Осьовий вентилятор Trial AAS13B-004.....	39
4.1.7	Пристрій плавного пуску ОБЕН УПП1-1К5-В.....	40
4.1.8	Компресор для фризера EMBRACO ASPERA NEK6213GK R404a (з пусковим реле CSIR).....	40
4.2.	Вибір ПЛК.....	41
4.3.	Вибір панелі оператора .....	43
4.4.	Вибір джерела живлення .....	45
4.5.	Висновки до розділу 4 .....	46
РОЗДІЛ 5. ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА ПРОЕКТУ ТА ОХОРОНА ПРАЦІ.....		47
5.1.	Економічні розрахунки системи автоматизації .....	47
5.2.	Охорона праці .....	49
ВИСНОВКИ .....		53
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....		55
ДОДАТКИ .....		58
Додаток А.....		58
Додаток Б Схеми .....		66

					<i>СУ-91.6.151.03.ДП</i>			
Змн	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				
Розробив	Гайда С.О.				Автоматизація процесу виготовлення морозива	Лит.	Арк	Листів
Перевірів	Соколов С.В.					Т	2	57
Реценз.						<i>СумДУ, СУ-91</i>		
Н. Контр.								
Затвердив	Леонтєв П.В.							

## ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ ТА УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

МК – мікроконтролер;

АСУ – автоматизована система управління;

ПУ – панель управління;

АСУ ТП – автоматизована система управління технологічним процесом;

ПЛК – програмований логічний контролер;

ПК – промисловий комп'ютер;

ПЗО – прилад зв'язку з об'єктом;

АРМ – автоматизоване робоче місце;

ЕОМ – електронно обчислювальна машина;

ККД – коефіцієнт корисної дії;

ВМ – виконавчий механізм;

ПЗ – програмне забезпечення;

ПО – панель оператора;

АЦП – аналогово-цифровий перетворювач;

ЦАП – цифро-аналоговий перетворювач;

ЗІЗ – засоби індивідуального захисту.

## ВСТУП

Значення виробництва морозива в сучасному світі. Морозиво - це улюблений заморожений десерт, яким насолоджуються люди різного віку в усьому світі. Окрім чудового смаку та освіжаючого характеру, морозиво має важливе значення в сучасному світі.

Морозиво - це не просто десерт, це насолода, яка приносить радість і щастя. Широке розмаїття смаків, текстур і начинок задовольняє різноманітні смакові вподобання, що робить морозиво улюбленими ласощами для всіх. Задоволення, отримане від споживання морозива, позитивно впливає на психічне здоров'я і сприяє підвищенню якості життя багатьох людей.

Виробництво та дистрибуція морозива мають значний економічний вплив. Виробники, постачальники, дистриб'ютори та роздрібні торговці морозивом формують широку мережу, яка створює можливості для працевлаштування та стимулює економічне зростання. Доходи галузі підтримують місцеву та глобальну економіку, створюючи хвильовий ефект, який приносить користь різним секторам, включаючи сільське господарство, виробництво, транспорт і роздрібну торгівлю.

Індустрія морозива постійно розвивається завдяки інноваційним методам і технологічним досягненням. Від створення нових смаків до вдосконалення виробничих процесів, наукові дослідження та розробки відіграють життєво важливу роль у підвищенні якості, текстури та поживної цінності морозива. Використання новітніх технологій забезпечує безпеку продукції, довший термін зберігання та ефективну дистрибуцію, задовольняючи потреби споживачів у всьому світі.

Ринок морозива в Україні демонструє стабільне зростання протягом багатьох років. Дані маркетингових досліджень показують, що попит на морозиво неухильно зростає, що зумовлено такими факторами, як зміна споживчих уподобань, зростання наявного доходу населення та популярність заморожених десертів. На обсяг ринку впливає як внутрішнє виробництво, так і імпорт.

Ринок морозива в Україні характеризується інтенсивною конкуренцією між різними гравцями, включаючи великих виробників, регіональні бренди та дрібних виробників.

Споживачі в Україні демонструють сильну прихильність до морозива як до популярного десерту та ласощів. Зростає попит на натуральні сорти морозива, виготовлені з високоякісних інгредієнтів. Споживачі, які піклуються про своє здоров'я, також шукають морозиво з низьким вмістом цукру, жиру та лактози. Такі смаки, як шоколад, ваніль, фруктові та унікальні комбінації залишаються популярними серед споживачів усіх вікових груп.

Український уряд визнав важливість галузі морозива та вжив заходів для підтримки її зростання. Вони включають надання фінансових стимулів, сприяння науково-дослідницькій діяльності та просування експорту через торговельні угоди. Галузеві асоціації та організації також відіграють важливу роль у підтримці виробників, сприянні обміну знаннями та просуванні найкращих практик [1].

Проаналізувавши ринок виробництва морозива в Україні та у всьому світі, та після детального аналізу вживаних фризерів які досі використовують було прийнято рішення обрати саме автоматизацію технологічного процесу виробництва морозива як тему дипломної роботи.

Об'єктом дослідження є вживаний фризер Taylor 710 та контур регулювання температури всередині робочого циліндра цього фризера.

Предметом дослідження є модель системи керування фризера Taylor 710.

Мета роботи – дослідити та розробити автоматизовану систему керування технологічними процесами для фризера Taylor 710 та отримати кінцеву автоматизовану модель.

Завдання дослідження були такі:

- проаналізувати види та будови фризерів і їх параметрів, які впливають на їх ефективність;
- проаналізувати структуру фризера Taylor 710;
- розробити схему матеріальних та інформаційних потоків фризера;
- розробити функціональну схему фризера;

- обрати технічні засоби автоматизації;
- розробити алгоритми функціонування кожного контуру управління;
- розрахувати економічну складову розробленої системи.

Наукова новизна:

- вперше запропоновано сучасна автоматизація вживаного фризера Taylor 710.

Теоретична значущість:

- розроблені схеми можуть бути використані при моделюванні фризерів для морозива періодичної дії.

Практична цінність

- впровадження даної системи автоматизації продовжить срок експлуатації фризера мінімум в 1,2 рази та набагато полегшить роботу оператора за даним фризером.

# РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ТА ОБ'ЄКТА КЕРУВАННЯ

## 1.1. Технологічний процес виробництва морозива

Процес виробництва морозива складається з кількох етапів, які забезпечують створення якісного та смачного замороженого продукту. Це підготовка інгредієнтів, змішування, пастеризація, гомогенізація, витримка, заморожування та пакування. Розглянемо кожен з них детальніше.

1. Підготовка інгредієнтів. На цьому етапі збираються та готуються інгредієнти для виробництва морозива. Зазвичай це включає вимірювання та зважування необхідної кількості молока, вершків, цукру, стабілізаторів, емульгаторів, ароматизаторів та будь-яких додаткових інгредієнтів, таких як фрукти, горіхи або шоколад.
2. Змішування. Підготовлені інгредієнти змішуються у великих чанах або резервуарах. Процес змішування забезпечує рівномірний розподіл інгредієнтів, створюючи однорідний смак і текстуру. На цьому етапі також може додаватися повітря, ароматизатори або тверді частинки.
3. Пастеризація. Пастеризація є критично важливим етапом у забезпеченні безпеки харчових продуктів. Суміш для морозива нагрівають до певної температури, щоб вбити шкідливі бактерії, зберігаючи при цьому бажаний смак і текстуру. Пастеризація також допомагає активувати певні інгредієнти та стабілізатори, покращуючи загальну стабільність суміші.
4. Гомогенізація. Після пастеризації суміш для морозива піддається гомогенізації. Цей процес розбиває жирові кульки на менші частинки, що призводить до більш гладкої текстури і запобігає розшаруванню жирів під час заморожування. Гомогенізація сприяє кремоподібному та однорідному смаку кінцевого продукту.
5. Витримка. Суміш витримується або дозріває в контрольованих умовах, як правило, при прохолодній температурі. Витримка дозволяє смакам злитися воедино, покращує текстуру та загальну якість морозива. На



цьому етапі суміш набуває більш вираженого смаку та більш кремової текстури.

6. **Заморожування.** Витриману суміш морозива поміщають у фризер безперервної або періодичної дії, де вона швидко заморожується. Заморожування відбувається шляхом включення повітря в суміш при безперервному перемішуванні. Цей процес створює характерну легку та пухнасту текстуру морозива.

Температура заморожування ретельно контролюється для досягнення бажаної консистенції та мінімізації утворення кристалів льоду.

7. **Пакування.** Після того, як морозиво заморожене до бажаної текстури, воно готове до пакування. Його передають на пакувальні машини, які наповнюють контейнери, такі як ванночки, конуси або батончики. Упаковка герметично закривається, щоб запобігти потраплянню повітря і вологи та зберегти свіжість продукту. Також наноситься етикетка з важливою інформацією, такою як смак, інгредієнти та харчова цінність.

8. **Загартування.** Після пакування морозиво поміщають у морозильну камеру для застигання. Загартування дозволяє морозиву досягти оптимальної температури та консистенції перед тим, як воно буде розподілене та продане споживачам. Цей етап гарантує, що морозиво зберігає свою форму і залишається придатним, без надмірного розм'якшення під час транспортування та зберігання.

## **1.2. Конструктивні характеристики процесу виробництва морозива**

Конструктивна схема технологічної лінії процесу виробництва морозива наведена на рис 1.1

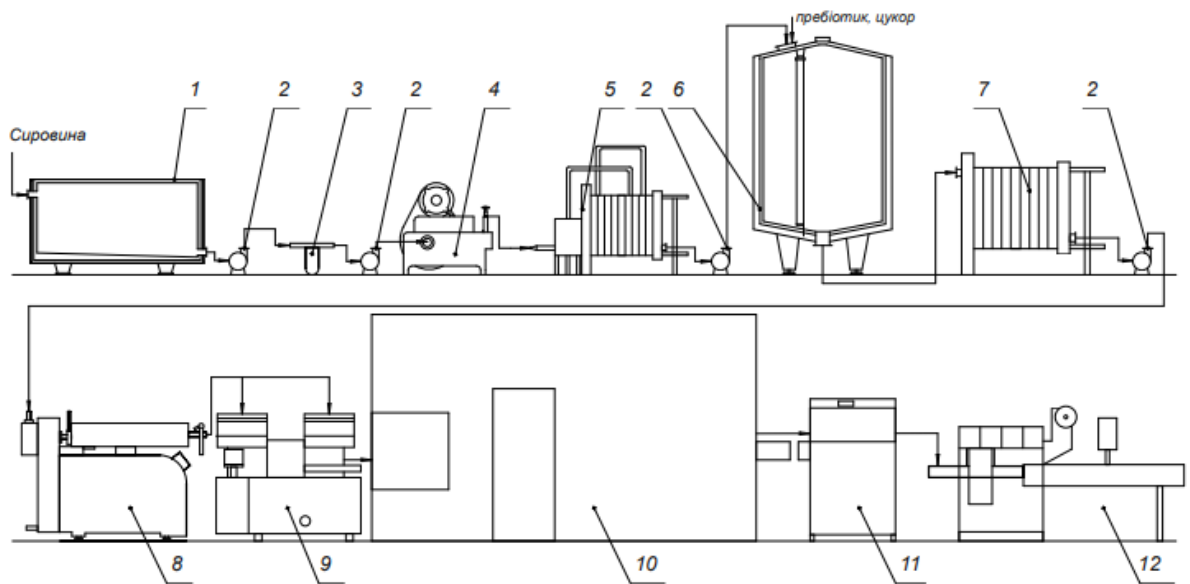


Рисунок 1.1 – Схема технологічної лінії процесу виробництва морозива

На рисунку 1.1 прийняті наступні позначення: 1 – бак з сировиною; 2 – відцентровий електронасос; 3 – фільтр; 4 – гомогенізатор; 5 – пластинчатий пастеризаційноохолоджуючий пристрій; 6 – резервуар; 7 – пластинчатий охолоджувач; 8 – фризер; 9 – екструзійно-формувочний апарат; 10 – швидкоморозильний апарат; 11 – агрегат глазурування; 12 – горизонтальний пакувальник.

Кожен пункт та кожен етап лінії виробництва морозива по своєму важливий, але запорукою успіху готової продукції є Фризер.

Процес заморожування морозива - важливий етап у виробництві морозива, який перетворює рідку суміш на заморожений десерт. Він передбачає контрольоване застосування низьких температур для застигання суміші з додаванням повітря для створення бажаної текстури.

Основною метою процесу фрезерування морозива є застигання суміші морозива, перетворення її з рідкого стану в заморожений десерт з гладенькою кремовою текстурою. Заморожування не тільки застигає суміш, але й інкорпорує повітря, створюючи характерну легкість і пухнастість морозива.

Для процесу заморожування використовується спеціалізоване обладнання, таке як фризери безперервної або періодичної дії. Ці машини призначені для швидкого зниження температури суміші морозива при безперервному

перемішуванні або перемішуванні для включення повітря. Фризери підтримують точний контроль температури для забезпечення оптимальних умов заморожування [2].

Суміші морозива зазвичай заморожують при температурі нижче точки замерзання води, зазвичай від  $-6^{\circ}\text{C}$  до  $-9^{\circ}\text{C}$  (від  $21^{\circ}\text{F}$  до  $16^{\circ}\text{F}$ ). Цей температурний діапазон забезпечує швидке заморожування та утворення дрібних кристалів льоду, що призводить до більш гладкої текстури.

У фризерах безперервної дії суміш для морозива безперервно подається в морозильну камеру, перемішується і зішкрібається обертовими лопатями або штригелями. Суміш контактує з холодними поверхнями всередині морозильної камери, де вона замерзає і починає застигати. Коли суміш застигає, її зішкрібають зі стінок морозильної камери, втягуючи повітря і запобігаючи утворенню великих кристалів льоду.

Фризери періодичної дії, з іншого боку, заморожують суміші морозива меншими, контрольованими партіями. Суміш заливається в морозильну камеру і перемішується або перемішується під впливом низьких температур. Процес заморожування у фризерах періодичної дії, як правило, включає в себе як зіскрібання, так і перемішування, щоб забезпечити доступ повітря і запобігти зростанню кристалів льоду.

Під час процесу заморожування повітря включається в суміш морозива, сприяючи формуванню його текстури та об'єму. Це досягається завдяки механічному перемішуванню та збиванню морозильної камери. Кількість повітря, що додається, відома як переповнення, ретельно контролюється для досягнення бажаної текстури та консистенції кінцевого продукту.

Час заморожування морозива може варіюватися залежно від типу фризера, бажаної текстури та складу суміші для морозива. Зазвичай він становить від декількох хвилин до 10 хвилин, а можливо і трохи більше, протягом яких суміш застигає і набуває бажаного замороженого стану [3].

### 1.3. Опис об'єкта керування

В даному дипломному проєкті в якості об'єкта керування обраний збивальноохолоджувальний апарат – фризер Taylor 710 (рис 1.2).



Рисунок 1.2 – Фризер Taylor 710

Вибір об'єкта для автоматизації та керування був обраний після детального аналізу ринку вживаних фризерів для морозива які найчастіше використовуються в закладах громадського харчування, та становлять основний відсоток фризерів які використовуються в малому та середньому бізнесі на території України. Саме фризери Taylor 710 серії найчастіше зустрічаються на дошках оголошень і є оптимальними по ціні через свій вік, адже більшість моделей зустрічаються до 2009 року, вони вже мають застарілу автоматику, якщо вона є, а також застарілі давачі та виконавчі механізми які не є енергоефективними в наш час, але таких фризерів досить багато на ринку та у використанні. Їх кількість на ринку і зумавлює актуальність автоматизації новітніми технічними засобами для збільшення ефективності, якості,

енергоефективності використання таких фризерів. Фризери Taylor 710 серії родом зі Сполучених Штатів Америки, мають стандартний набір функцій та мають як переваги так і недоліки в порівнянні з конкурентами.

Технічні характеристики фризера Taylor 710 серії наведені в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Технічні характеристики фризера Taylor 710

Продуктивність	142 порції
Число видів морозива	1 смак
Напруга	220 В
Об'єм бункера для суміші	18,9 л
Об'єм циліндра для заморожування	3,8 л
Встановлена потужність електрообладнання	2,2 кВт
Відсоток збивання морозива	25 ... 40 %
Довжина	670 мм
Ширина	914 мм
Висота	864 мм

Фризери Taylor 710 серії мають такі особливості:

- Можна вибрати кілька мов;
- Повітряне охолодження;
- Настільна модель;
- Прискорена подача морозива;
- Повітряно-молочна помпа доставляє оптимальну кількість суміші та повітря в морозильний циліндр для послідовної витрати;
- Система пастеризації;
- Система блокування дверей;

#### 1.4. Структура об'єкта керування

Основні елементи та принцип роботи фризерів різних марок однакові. Фризери складаються з двостінних циліндрів, в які поміщається суміш для морозива. У середині стінок циліндрів циркулює холодоагент, такий як аміак або фреон. У верхній частині фризера знаходиться панель управління і блок приготування морозива. У нижній частині знаходиться моторний відсік, що містить холодильний агрегат з конденсатором повітряного охолодження і електродвигун для приводу шнеків та інших компонентів. Структурна схема фризера Taylor 710 серії наведена на рис. 1.3 [4].

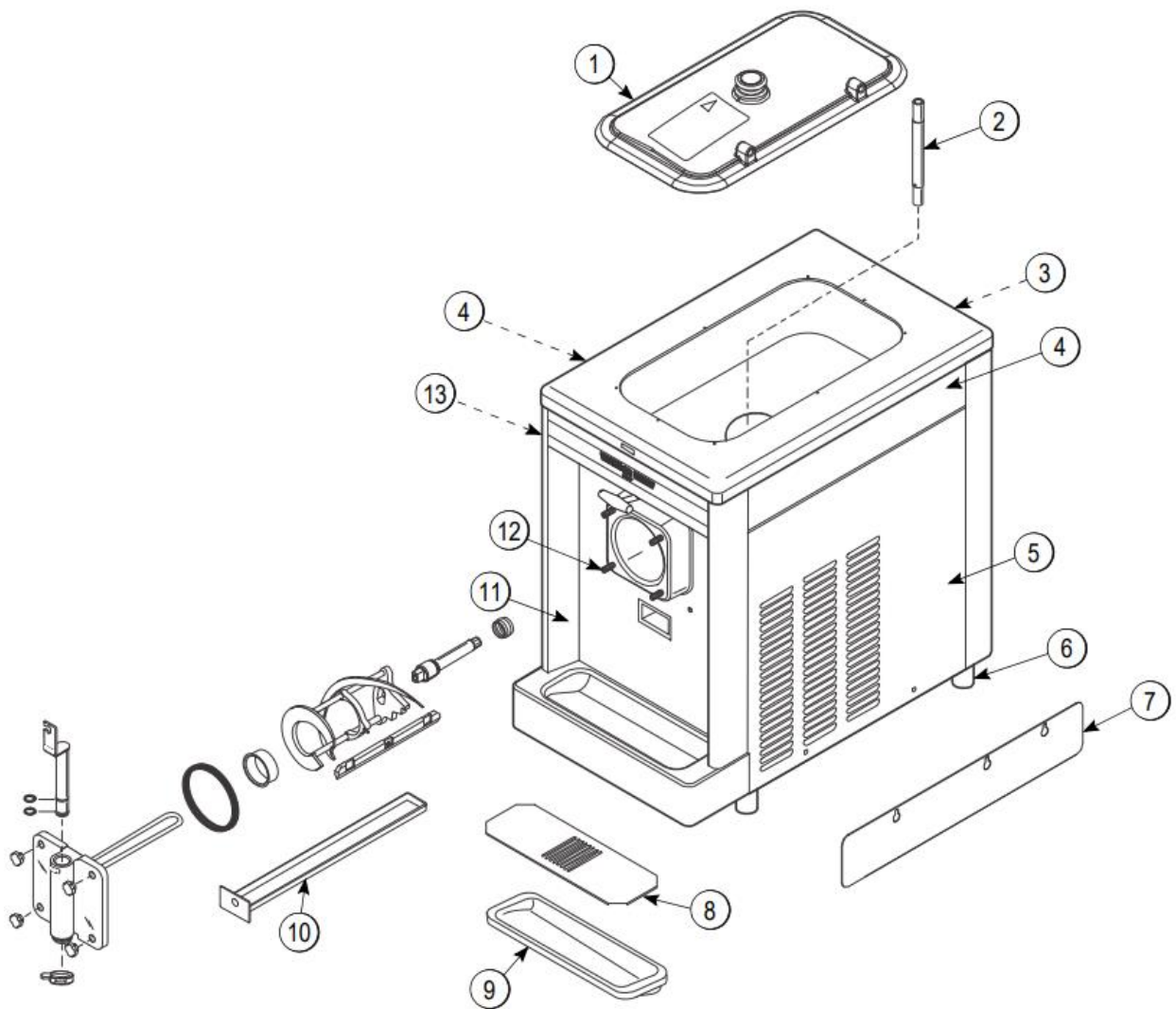


Рисунок 1.3 - Структурна схема фризера Taylor 710 серії

На рис. 1.3 представлені такі елементи:

- 1 - Комплект А. Кришка-бункер
- 2 - Трубка подачі
- 3 - Панель задня
- 4 - Панель збоку
- 5 - Панель збоку
- 6 - Ніжка-4.250" SS з ущільнювальним кільцем
- 7 - Спідниця - потік повітря
- 8 - Щиток-бризкалка
- 9 - Піддон-крапельниця
- 10 - Піддон-крапельниця
- 11 - Панель А.-передня
- 12 - Конус зі шпилькою
- 13 - Панель А.-бокова ліва

Отже, робота фризера для морозива залежить від таких ключових параметрів, серед яких:

- температура вихідної суміші. Початкова температура суміші для морозива впливає на процес заморожування і визначає кінцеву текстуру і консистенцію продукту;

- температура в робочій камері. Температура в робочій камері фризера повинна ретельно контролюватися, щоб забезпечити належне заморожування і застигання суміші морозива;

- температура і швидкість потоку холодоносія. Холодоагент, як правило, аміак або фреон, циркулює між подвійними стінками циліндра, відводячи тепло і підтримуючи потрібну температуру. Температура і швидкість потоку холодоагенту відіграють вирішальну роль у підтримці умов заморожування;

- швидкість обертання ножів у камері. Ножі або мішалки всередині камери допомагають перемішувати і збивати суміш морозива під час процесу заморожування. Швидкість обертання цих ножів може впливати на потрапляння повітря, консистенцію та загальну якість морозива;

- тиск у камері. Тиск всередині робочої камери може впливати на процес заморожування і текстуру морозива. Правильний контроль тиску важливий для забезпечення оптимальних умов заморожування;

- продуктивність апарату. Загальна продуктивність фризера для заморожування морозива, включаючи його потужність, ефективність і надійність, безпосередньо впливає на виробничий процес і якість кінцевого продукту.

### **1.5. Формулювання задачі автоматизації**

Метою бакалаврської роботи є автоматизація процесу регулювання температури молочно-вершкової суміші в морозильній камері.

Завданням дослідження на даному етапі є проаналізувати структуру фризера Taylor 710.

Досягнення ефективного керування фризером для морозива як цільовим об'єктом можливе шляхом застосування методів теорії автоматичного керування та розробки ефективних алгоритмів роботи об'єкта.

Потрібно підібрати правильні датчики та виконавчі механізми які підходять до нашого об'єкта керування, та зробити ефективну конфігурацію з них.

### **1.6. Висновки до розділу 1**

Аналіз процесу заморожування в обладнанні для виробництва морозива дозволив зробити наступні висновки:

- об'єктом дослідження є автоматизація процесу регулювання температури в робочій камері фризера;
- предметом дослідження є процес регулювання температури в робочій камері збивально-охолоджувального апарату, а саме фризера;
- метою дослідження автоматизація регулювання температури в робочій камері фризера під час збивання та охолодження вершково-молочної суміші;
- об'єктом керування є фризер, що використовується для виробництва морозива, а саме збивально-охолоджувальний апарат;



- вхідним параметром об'єкта керування є сигнал керування клапаном, що регулює подачу холодоносія, в діапазоні від 0 до 100%;
- вихідним параметром об'єкта керування є температура в робочій камері фризера;
- фризер для морозива, як об'єкт керування, відноситься до категорії систем безперервної дії;
- для визначення статичних і динамічних характеристик моделі об'єкта керування та оцінки їх точності слід використовувати статистичні методи обробки даних і принципи теорії автоматичного керування.

## **РОЗДІЛ 2. СИСТЕМА АВТОМАТИЗОВАНОГО КЕРУВАННЯ ФРИЗЕРОМ**

### **2.1. Розробка схеми матеріальних та інформаційних потоків фризера**

Фризер повинен мати:

- корпус. Зазвичай виготовлений з міцних матеріалів, таких як нержавіюча сталь або алюміній. У ньому розміщуються внутрішні компоненти та забезпечується ізоляція для підтримання потрібної температури;
- ізоляція. Морозильна камера повинна мати належну ізоляцію, щоб мінімізувати тепловіддачу і підтримувати постійну температуру всередині шафи. Найпоширенішими ізоляційними матеріалами є пінополіуретан або пінополістирол;
- компресор. Компресор - це серце морозильної камери, що відповідає за стиснення холодоагенту і підвищення його тиску. Цей процес підвищує температуру холодоагенту, дозволяючи йому віддавати тепло за межі морозильної камери;
- конденсатор. Конденсатор - це теплообмінник, який полегшує передачу тепла від холодоагенту до навколишнього повітря. Він допомагає охолодити холодоагент, змушуючи його конденсуватися в рідкий стан;
- випарник. Випарник - це ще один теплообмінник, розташований всередині морозильної камери. Він поглинає тепло зсередини, змушуючи холодоагент випаровуватися і охолоджувати навколишнє повітря;
- розширювальний клапан. Розширювальний клапан регулює потік холодоагенту у випарник. Він контролює тиск і температуру холодоагенту, коли той потрапляє у випарник;
- вентилятор: морозильна камера може мати один або декілька вентиляторів для циркуляції повітря всередині шафи. Це допомагає підтримувати рівномірну температуру та забезпечує ефективне охолодження;
- система контролю температури: Морозильна камера повинна бути обладнана системою контролю температури для моніторингу та

регулювання внутрішньої температури. Вона може включати термостат, датчики та панель керування для встановлення та відображення бажаної температури;

- дренажна система: дренажна система необхідна для видалення конденсату або води, які можуть накопичуватися всередині морозильної камери;
- функції безпеки: залежно від конкретної конструкції та нормативних вимог, морозильна камера може мати такі елементи безпеки, як дверні замки, температурні сигналізатори або системи аварійного вимкнення.

Спираючись на структуру об'єкта керування та функціональні задачі, було розроблена схема матеріальних та інформаційних потоків проілюстровану в додатку Б, рис. Б1.

Дана схема ілюструє процес перетворення рідкого морозива (сировини) в готовий продукт. На початку процесу в бункер подають рідку суміш морозива з температурою  $+12...18$  °C до позначок кришки впускного клапана. Через даний клапан необхідна кількість суміші потрапляє в головний циліндр. По периметру циліндра за подвійними стінками знаходиться випарник в якому циркулює хладагент. В самому ж циліндрі знаходяться металеві шнеки в стані спокою, вони розташовані таким чином, щоб не торкатися стінок циліндра, а бути в зазорі, але так, щоб готовий продукт можна було перемістити до випускового пристрою.

Після запуску фризера температура кипіння холодоагенту поступово знижується, досягаючи  $-23...-26$  °C приблизно через 8...9 хвилин. В цей час рідка сировина морозива охолоджується на стінках циліндра, досягаючи температури  $-5$  °C і замерзаючи. Протягом усього процесу охолодження шнек перемішує суміш, втягуючи в неї повітря, а потім зішкрябає замерзле морозиво зі стінок циліндра, переміщуючи його до виходу. Час приготування морозива зазвичай становить 10...15 хвилин. Відпрацьований хладагент рухається до теплообмінника, звідки потається до ресиверу, а потім охолоджується до нормальної температури пройшовши шлях по радіатору з вентилятором, з відти хладагент потрапляє до компресора де під тиском знову відправляється до теплообмінника, з якого проходячі через фільтр осушувач знову надходить до випарника і так цикл повторюється знову.

Головними характеристиками для досягнення максимальної ефективності роботи фризера як об'єкта є техніко-економічні показники та показники якості кінцевого продукту. На дані показники, в фризери впливають:

- електрична енергія, що використовується для живлення електрообладнання;
- сировина – як витратний матеріал.

На якісні показники впливають:

- швидкість роботи клапанів;
- підтримка оптимальної температури для сировини;
- алгоритми підтримки нормального робочого стану.

Автоматична система управління має забезпечити точний контроль головного параметру, а саме температури всередині циліндра. Головною ціллю фризера є генерування холодного морозива правильної консистенції, а це можливо коли точно контролюється температура, а також це підвищує енергоефективність використання такого фризера. Таким чином, розроблена система автоматизації має збирати та аналізувати отримані сигнали з датчиків, обробляти їх та на основі отриманих результатів подавати сигнали на виконавчі механізми для підтримання заданої температури в циліндрі, а щоб це працювало, розроблена система повинна виконувати поставлені функції, а саме:

- збирання, аналіз, зберігання та вивід інформації про стан фризера в режимі реального часу.

Система управління повинна контролювати:

- рівень сировини в бункері;
- температуру в циліндрі;
- температуру хладагенту в випарнику;
- температуру хладагенту після охолодження;
- тиск хладагенту після компресору;
- позицію електромагнітного клапану в залежності від потрібної подачі сировини до циліндру;
- позицію електромагнітного клапану в залежності від наповненості ресивера;

- позицію електромагнітного клапану в залежності від тиску хладогену;
- поточний стан вентиляторів в залежності від температури хладогену;
- поточний стан електроприводу шнеків в залежності від активного стану

фризеру;

Система управління здійснює автоматичне регулювання:

- температури в циліндрі;
- температури хладогену;
- тиску хладогену;
- стану приводів.

Система управління забезпечує візуалізацію:

- температури всередині циліндру;
- поточного стану вентилятора;
- поточного стану електроприводу шнеків;
- температуру хладогену на всіх стадіях;
- поточного стану клапанів;
- рівню сировини в бункері.

Система керування технічними засобами автоматизації поділяється на два рівні:

- нижній рівень – до якого входять засоби контролю, такі як давачі та перетворювачі і виконавчі механізми, встановлені на технічному обладнанні проекрованої системи;

- вищий рівень – програмовані логічні контролери;

На першому (нижньому) рівні відбувається перетворення сигналів від давачів в уніфіковані сигнали постійного струму (4-20 мА), і комутація виконавчих механізмів з силовими ланцюгами.

На вищому рівні відбуваються наступні функції:

- збір від датчиків інформації;
- аналіз та обробка отриманої інформації;
- передача керуючих сигналів на виконавчі механізми, відносно заданим алгоритмам автоматизації;

- прийом від операторської станції командних сигналів та передача до неї обробленої інформації від давачів.

## **2.2. Принцип функціонування об'єкта керування**

Часткове охолодження суміші вершків і молока є важливим етапом у виробництві морозива, на якому суміш перетворюється на кремоподібну, частково заморожену масу, що збільшується в об'ємі. Під час цього процесу приблизно від 1/3 до 1/2 загальної кількості води в суміші існує у вигляді вільної, незв'язаної води. Саме ця вода замерзає і утворює дрібні кристали льоду. Відсоток замороженої води варіюється залежно від типу морозива і температури, зазвичай він становить від 29% до 67% від вільної води. Текстура морозива значною мірою залежить від розміру кристалів льоду, який в ідеалі не повинен перевищувати 100 мікрон. Правильне заморожування вологи призводить до щільної, кремоподібної структури без помітних кристалів льоду [17].

Збивання і заморожування вершково-молочної суміші призводить до включення повітря, яке рівномірно розподіляється у вигляді бульбашок діаметром не більше 60 мікрон по всій масі. Цей процес аерації збільшує об'єм замороженої суміші в 1,5-2 рази. Суміш разом з повітрям вводиться в фризер, і морозиво вивантажується під тиском. Під тиском 0,5-0,8 МПа бульбашки повітря в замороженій суміші стискаються. Коли суміш виходить з фризера і повертається до нормальних умов тиску, бульбашки повітря розширюються, ще більше збільшуючи об'єм морозива і сприяючи його аерації.

Заморожена суміш зазвичай випускається з машини при температурі від мінус 3 до мінус 5 °С, з коефіцієнтом збивання до 100%. Процес випуску готового продукту наведено на рис.1.4. Значне зменшення збивання призводить до зниження якості морозива, в результаті чого воно набуває щільної консистенції з грубою структурою. Надмірне збивання, з іншого боку, створює снігоподібну консистенцію, що також знижує загальну якість продукту. Рекомендований відсоток збивання залежить від типу морозива: для молочного морозива він зазвичай становить від 70% до 100%, а для фруктового, ягідного

та ароматизованого - від 35% до 40%. Конкретний рівень збивання можна визначити за допомогою вагового або об'ємного методу. [16].



Рисунок 2.1 - Процес випуску готового продукту з фризери

### 2.3. Висновки до розділу 2

В даному розділі було розроблено схему матеріальних та інформаційних потоків та розглянуто принцип функціонування об'єкта керування і було розроблено наступні вимоги до функціонування системи:

- система управління повинна контролювати рівень, температуру, тиск, позицію та поточний стан обладнання;
- система управління повинна здійснювати автоматичне регулювання температури, тиску та стану;
- система управління повинна забезпечувати візуалізацію температури, рівня та поточного стану обладнання;
- система керування технічними засобами автоматизації повинна складатися з двох рівнів.

## **РОЗДІЛ 3. ФУНКЦІОНАЛЬНА СХЕМА ТА КОНТУРИ РЕГУЛЮВАННЯ**

### **3.1. Розробка функціональної схеми автоматизації**

Після аналізу предметної області, функціональних завдань керування та елементного складу було прийнято рішення розробити функціональну схему автоматизації роботи фризера. На основі схеми матеріальних та інформаційних потоків фризера було розроблено функціональну схему автоматизації яка проілюстрована на рис. Б.2.

З функціональної схеми автоматизації можна виділити 3 основні контури регулювання:

- Контур подачі сировини та її перемішування;
- Контур регулювання температури всередині робочого циліндра;
- Контур охолодження та фільтрації відпрацьованого хладогену.

### **3.2. Контур подачі сировини та її перемішування**

Оператор заливає суміш для виробництва морозива в резервуар, рівень наповненості контролюється давачем рівня LE потім по команді оператора вмикається фризер і необхідний рівень сировини потрапляє в циліндр через електромагнітний клапан. В циліндрі знаходяться шнеки які вмикаються оператором при увімкненні фризера МСУ. Контур подачі сировини та її перемішування представлено на рис.3.1.



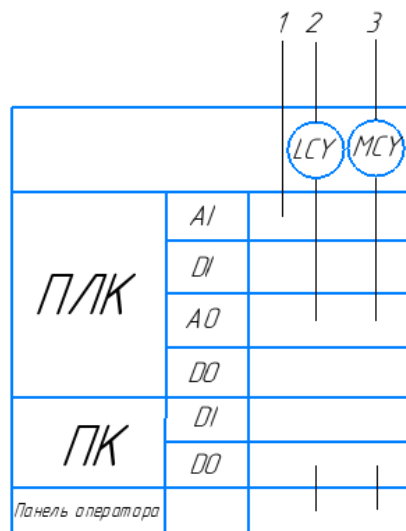
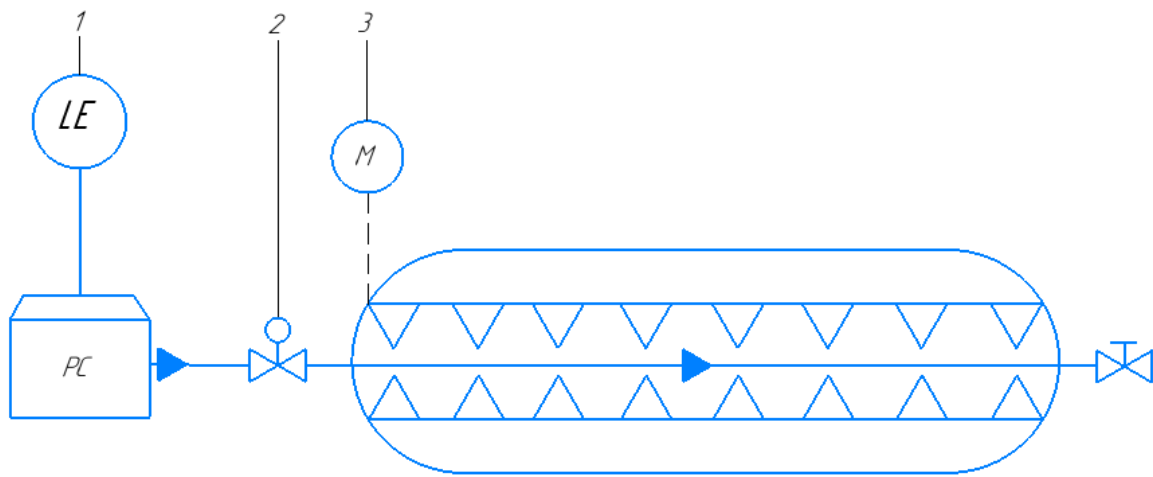


Рисунок 3.1 – Контур подачі сировини та її перемішування

### 3.3. Контур регулювання температури всередині робочого циліндра

Після потрапляння суміші для морозива в робочій циліндр вимірюється температура в циліндрі датчиком ТЕ, в залежності від отриманих значень електромагнітний клапан 5 обирає потрібне положення, додає, або зменшує подачу хладагенту до випарника для підтримання потрібної температури в циліндрі ТСУ. Контур регулювання температури всередині робочого циліндра проілюстровано на рис.3.2.

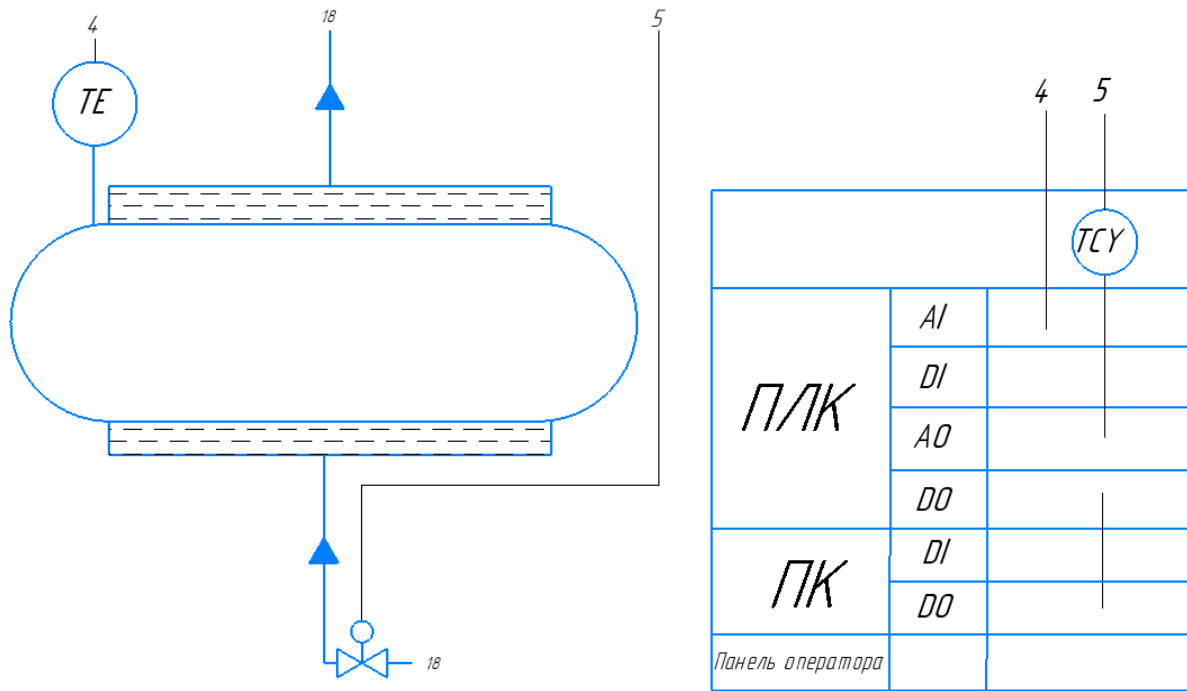


Рисунок 3.2 - Контур регулювання температури всередині робочого циліндра

### 3.4. Контур охолодження та фільтрації відпрацьованого хладогену

Відпрацьований хладоген рухається по контуру в теплообмінник звідки потрапляє до ресиверу, в ресивері знаходиться давач рівня LE, коли рівень доходить до потрібної позначки, відкривається електромагнітний клапан 9 і хладоген продовжує свій рух по системі охолодження з осьовим вентилятором, давач температури TE вимірює температуру хладогену в трубці та подає сигнал запуску осьового вентилятора 8 через пристрій плавного пуску, далі охолоджений хладоген надходить до компресору де під дією тиску відкривається електромагнітний клапан 7 і хладоген відправляється до теплообмінника. Кінцевим елементом контуру є фільтр-осушувач через який проходить охолоджений хладоген під тиском. Контур охолодження та фільтрації відпрацьованого хладогену проілюстровано на рис.3.3.

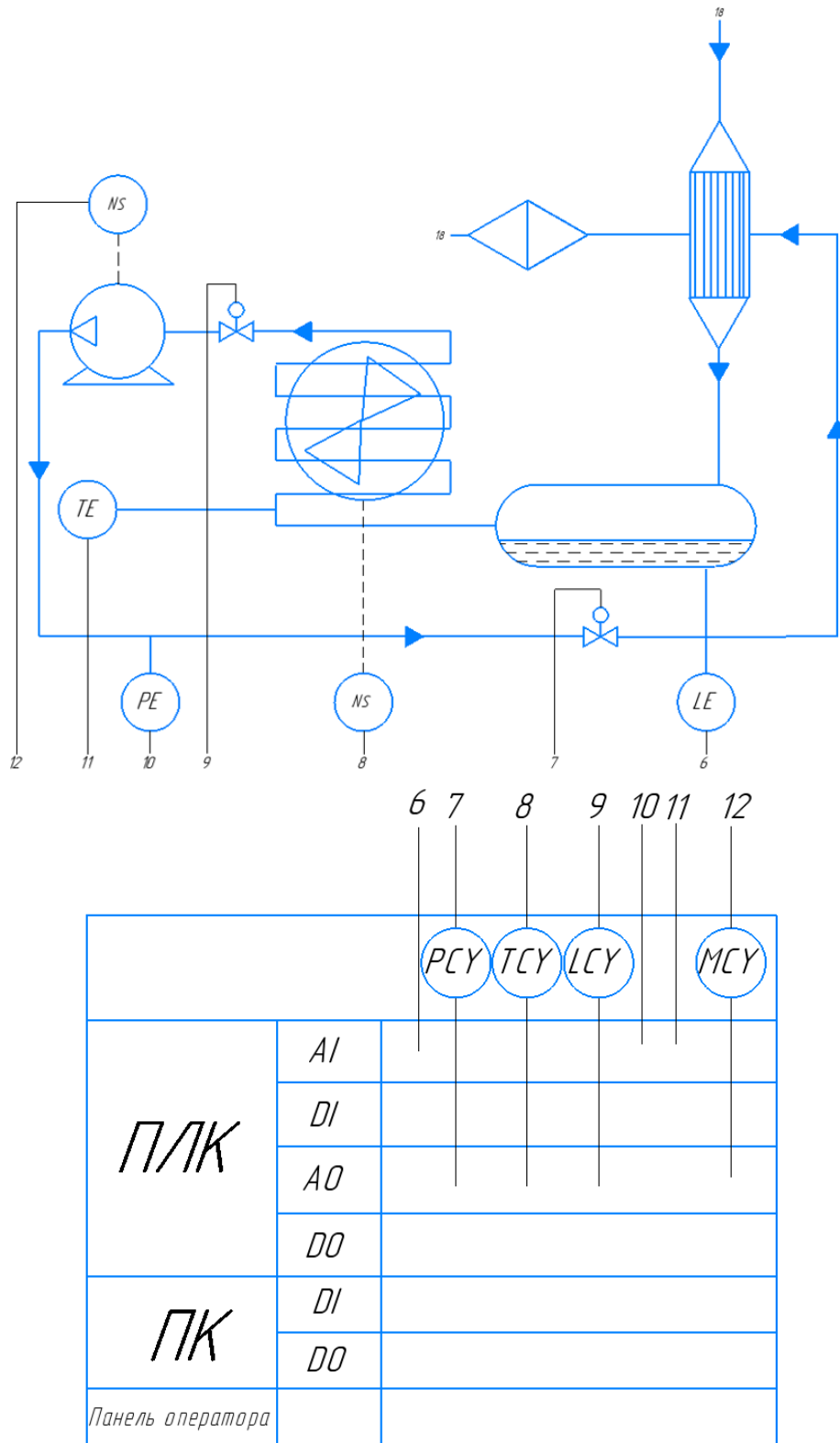


Рисунок 3.3 - Контур охолодження та фільтрації відпрацьованого хладагенту

### 3.5. Вхідні та вихідні сигнали системи

Вхідні сигнали передають інформацію з оточення до системи автоматизації. Ці сигнали можуть бути фізичними величинами, такими як температура, тиск, вологості, або цифровими сигналами, що представляють стан різних пристроїв

чи процесів. Вони дозволяють системі отримувати потрібну інформацію для прийняття рішень і виконання необхідних функцій.

Вихідні сигнали, навпаки, передають інформацію від системи автоматизації до зовнішнього середовища. Вони можуть включати сигнали управління для пристроїв, які здійснюють дії на основі вхідних даних, або сигнали зв'язку, які передають інформацію про стан системи або результати обробки даних. Вхідні та вихідні сигнали в системі автоматизації допомагають забезпечити взаємодію між компонентами системи, передачу даних, контроль та управління процесами. Вони є основою для функціонування автоматичної системи і грають важливу роль у забезпеченні її ефективності та надійності. Проаналізувавши кожний контур керування фризера можна визначити сигнали, які повинні приходити від датчиків до ПЛК та від ПЛК до виконавчих механізмів, вони мають бути уніфіковані, а також зкомпоновані. Спираючись на функціональну схему автоматизації контурів можна скласти таблицю вхідних та вихідних сигналів автоматизації [15].

Таблиця 3.1 – Таблиця вхідних сигналів

№ п/п	Сигнал	Діапазон вимірювань	Кількість точок	Тип сигналу
1	Температура в середині циліндра	-7 - +15 °С	1	4 – 20 мА
2	Рівень сировини в резервуарі	0 – 0.4 м	1	4 – 20 мА
3	Рівень хладогену в ресивері	0 – 0.5 м	1	4 – 20 мА
4	Температура хладогену в трубопроводі	0 - 100 °С	1	4 – 20 мА
5	Тиск в трубопроводі	900 - 1500 мбар	1	4 – 20 мА

Опираючись на таблицю вхідних сигналів розроблено таблицю вихідних сигналів для виконавчих механізмів.

Таблиця 3.2 – Таблиця вихідних сигналів

№ п/п	Сигнал	Діапазон вимірювання	Кількість точок	Тип сигналу	Виконавчий механізм
1	Подача сировини до циліндра	0..1	1	Дискретний	Електромагнітний клапан
2	Перемішування сировини	0..1	1	Дискретний	Електромотор з редуктором(0.4 кВт)
3	Подача повітря на радіатор	0..1	1	Дискретний	Осьовий вентилятор (0.4 кВт) через пристрій плавного пуску (0.1 кВт)
4	Подача хладогену до компресора	0..1	1	Дискретний	Електромагнітний клапан
5	Циркуляція хладогену	0..1	1	Дискретний	Компресор (1 кВт) через пристрій плавного пуску(0.2 кВт)
6	Подача хладогену до теплообмінника та фільтра	0..1	1	Дискретний	Електромагнітний клапан
7	Подача хладогену до Випарника	0..1	1	Дискретний	Електромагнітний клапан

### 3.6. Розробка структурної схеми керування контуру регулювання температури всередині робочого циліндра

У цій роботі розглядається керування температурою всередині робочої камери фризера для морозива. Вхідним параметром є потік хладогена, який охолоджує камеру. Клапан регулює кількість хладогена, який надходить до

системи, змінюючи свою пропускну спроможність від 0% (закритий) до 100% (повна витрата). Вихідним параметром є температура всередині робочої камери, яка має бути  $-5^{\circ}\text{C}$ . Температура вихідної вершково-молочної суміші, яка подається до фризера, становить  $12-15^{\circ}\text{C}$ .

У зв'язку з особливостями процесу фризювання морозива, система керування температурою повинна включати датчик температури всередині камери, виконавчий пристрій (клапан) для регулювання потоку хладагеном та пристрій керування, який на основі даних з давача встановлює пропускну спроможність клапана. Також, для спостереження за процесом та внесення змін до нього, система має включати пульт оператора. Структурна схема цієї системи представлена на рис.3.4.

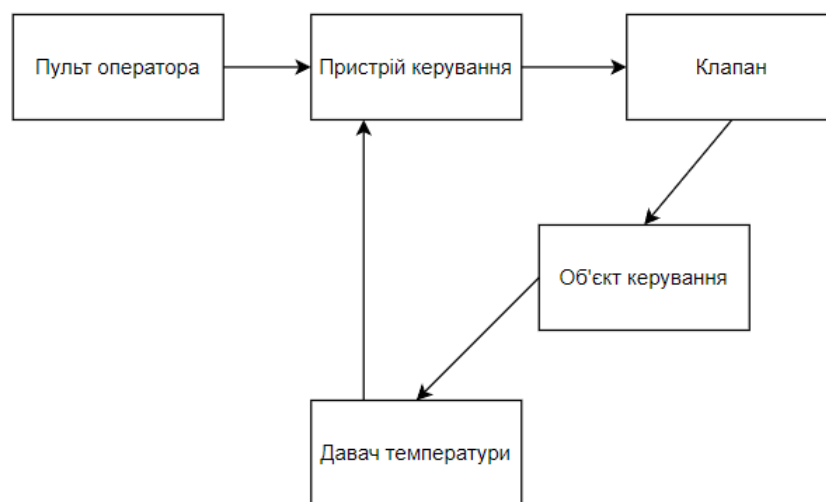


Рисунок 3.4 – Структурна схема керування контуру регулювання температури всередині робочого циліндра

### **3.7. Алгоритм роботи контур подачі сировини та її перемішування**

Даний контур служить для контролю надходження сировини до робочого циліндра та запобіганню роботі в холостому режимі всієї системи, це дозволяє енергоефективно користуватися фризером та економити ресурси. Візуалізація алгоритму даного контуру керування представлена на рис.3.5.

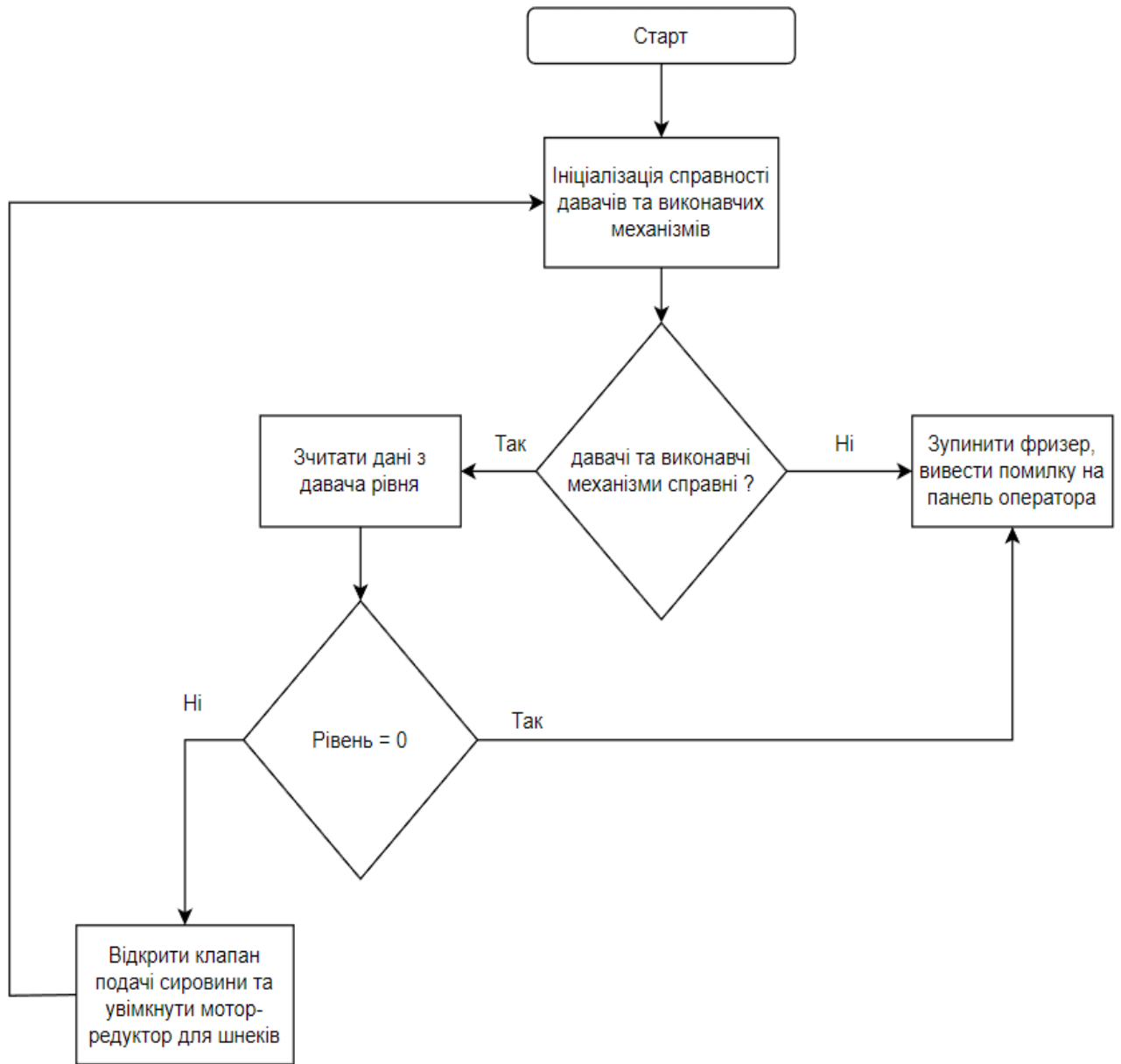


Рисунок 3.5 - Алгоритм роботи контур подачі сировини та її перемішування

### 3.8. Алгоритм роботи контуру регулювання температури всередині робочого циліндра

Обраний контур є найважливішим в роботі фризера для досягнення якості вихідного продукту, в нашому випадку морозива. Від правильності роботи алгоритму залежить ефективність фризера вцілому. Алгоритм роботи контуру регулювання температури всередині робочого циліндра представлено на рис.3.6.

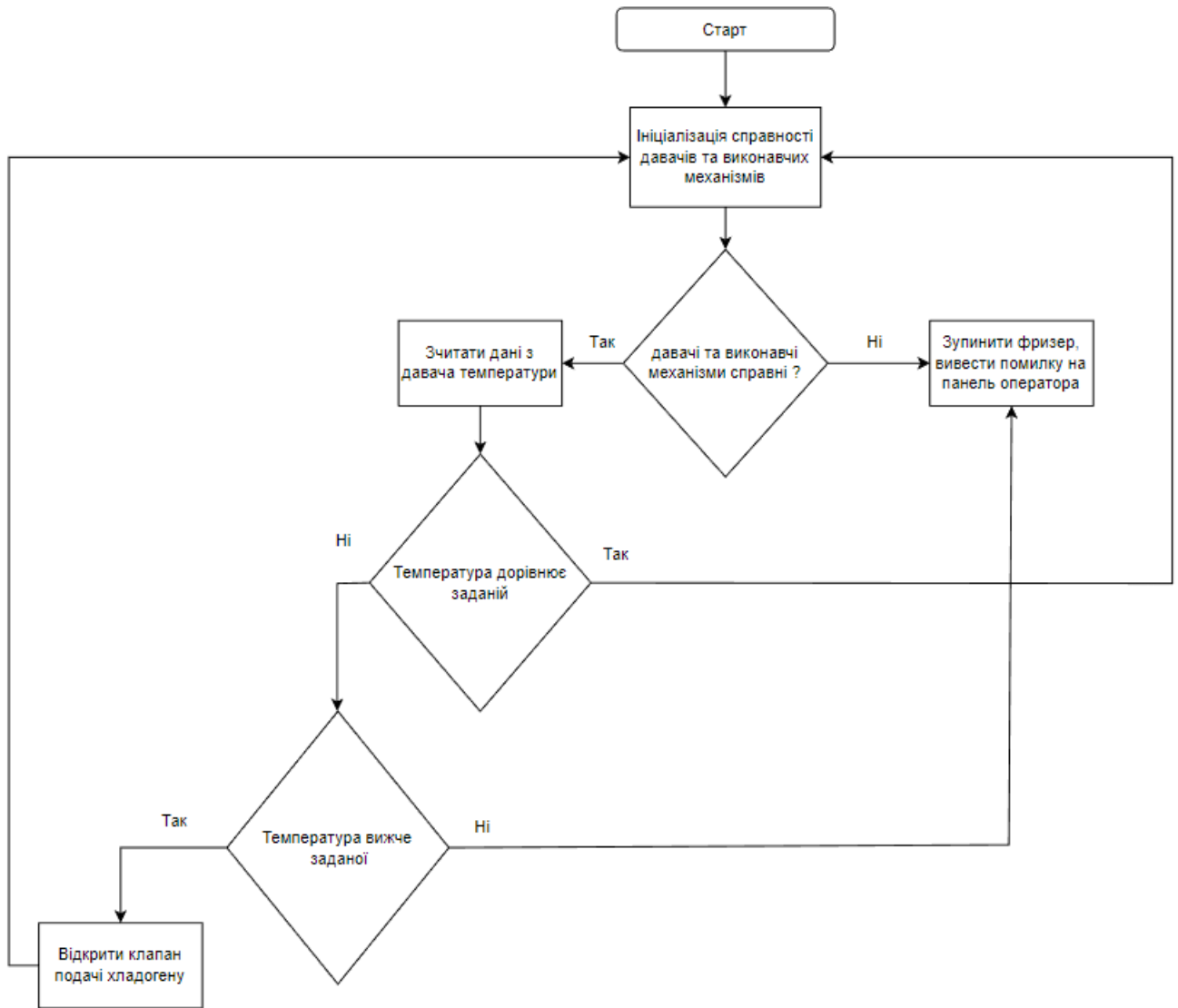


Рисунок 3.6 - Алгоритм роботи контуру регулювання температури всередині робочого циліндра

### 3.9. Алгоритм роботи контуру охолодження та фільтрації відпрацьованого хладагенту

Даний контур енергоефективно охолоджує відпрацьований хладагент, а також забезпечує його циркуляцію в системі, його алгоритм та концепція націлена на розбиття циркуляції на окремі відрізки для точного детектування проблемних областей автоматизованої системи і можна було запобігти виходу з ладу кожного приладу та датчика в цьому контурі. Ілюстрація алгоритму керування контуру охолодження та фільтрації відпрацьованого хладагенту представлена на рис.3.7. та рис.3.8.



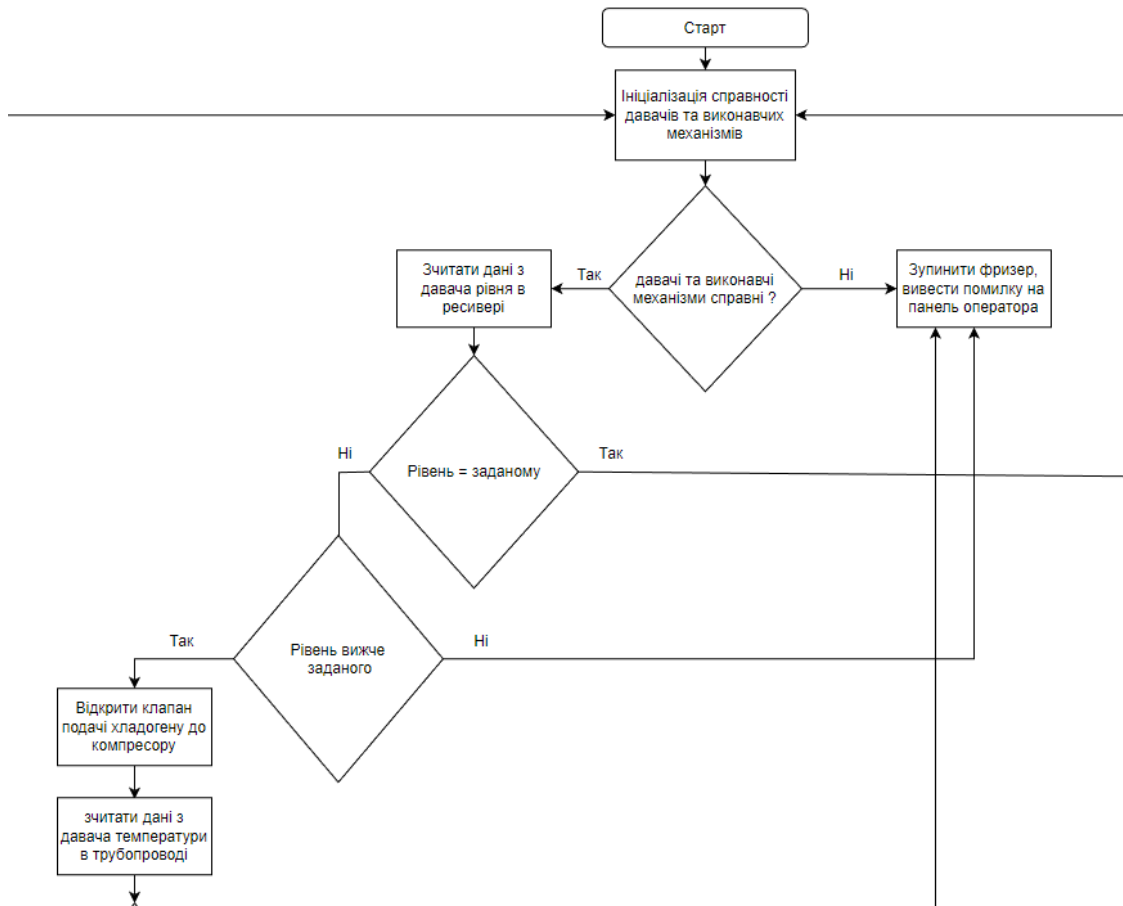


Рисунок 3.7 – Перша частина алгоритму керування контуру охолодження та фільтрації відпрацьованого хладагенту

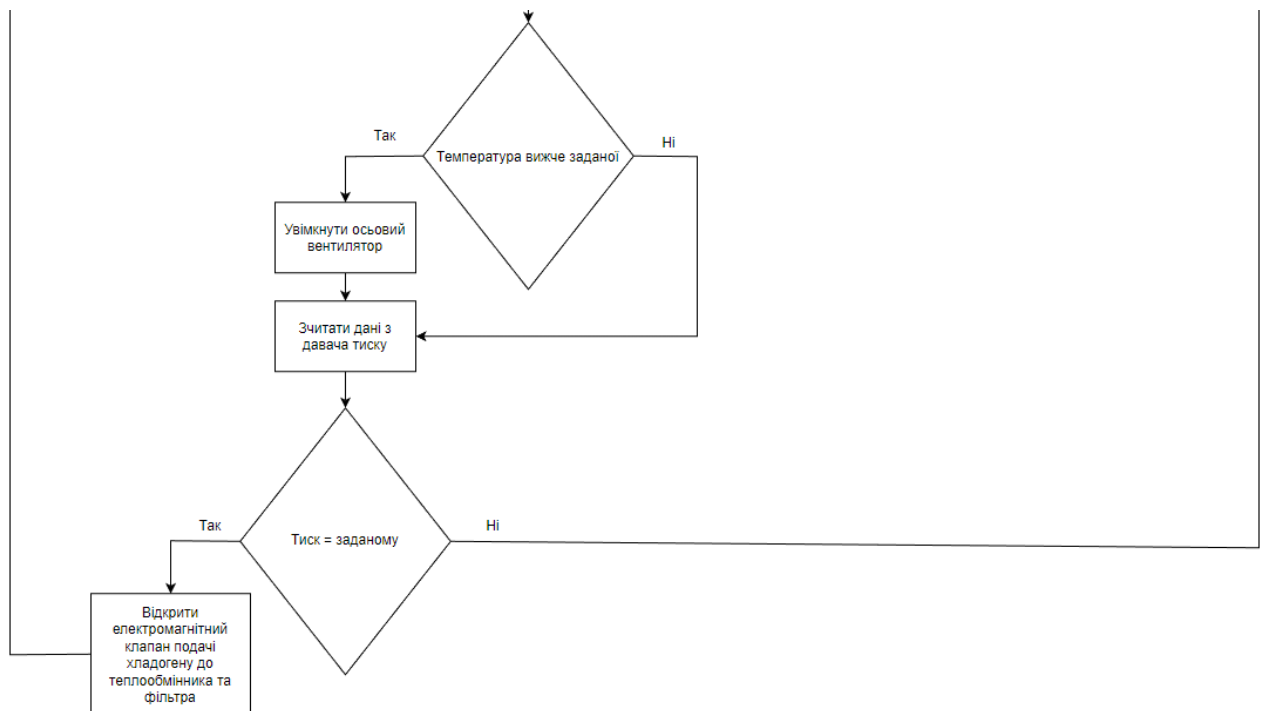


Рисунок 3.8 – Друга частина алгоритму керування контуру охолодження та фільтрації відпрацьованого хладагенту

### **3.10. Висновки до розділу 3**

Даний розділ був місцем для демонстрації функціональної схеми автоматизації фризера, з якої було виділено три контури керування, на базі яких було складено таблиці вхідних та вихідних сигналів, а також розроблено структурну схему керування контуру регулювання температури всередині робочого циліндра. Функціональна схема автоматизації включає такі контури:

- Контур подачі сировини та її перемішування;
- Контур регулювання температури всередині робочого циліндра;
- Контур охолодження та фільтрації відпрацьованого хладагенту.

## РОЗДІЛ 4. ВИБІР АПАРАТНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ

### 4.1. Давачі та виконавчі механізми

#### 4.1.1 Давач температури ОВЕН ДТС075-РТ100.А3.250

Спираючись на те, що в циліндрі температура сировини буде коливатися в межах від  $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$  да  $+15\text{ }^{\circ}\text{C}$  та потрібна максимальна точність вимірювання температури було обрано термоперетворювач опору з уніфікованим сигналом ОВЕН ДТС075-РТ100.А3.250 який має клас точності А, що є головним фактором його вибору. Даний давач має широкий діапазон вимірюваного параметру, а саме:  $-60\text{ }^{\circ}\text{C}$  -  $+500\text{ }^{\circ}\text{C}$ , чого цілком достатньо для проекту. Сам давач проілюстровано на рис.4.1 [5].



Рисунок 4.1 – Давач температури ОВЕН ДТС075-РТ100.А3.250

ОВЕН ДТС075-РТ100.А3.250 має наступні характеристики представлені в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Технічні характеристики давача ОВЕН ДТС075-РТ100.А3.250

№	Серія	ДТСxx5
1	Матеріал ПЧ	Pt 100
2	Монтаж	Занурювальний
3	Робочий діапазон, $^{\circ}\text{C}$	$-60\dots+500\text{ }^{\circ}\text{C}$
4	Робочий тиск, бар	63
5	Опір ізоляції	Не менше 100 МОм

#### Продовження табл. 4.1

6	Довжина, мм	100
7	Особливість	З комутаційною голівкою
8	Матеріал захисної арматури	сталь 12Х18Н10Т
9	Приєднання	Різьбове
10	Точність	$\pm(0,15 + 0,002 \cdot  t )$
11	Клас захисту	IP54

Термометри опору мають основну перевагу у високій стабільності своїх показань, номінальна характеристика наближена до лінійної і можуть використовуватися в різних сферах. Їх застосовують для вимірювання температури в рідких і газоподібних середовищах, а також в нагрівальних, кліматичних та холодильних системах. Термометри опору також широко використовуються в машинобудуванні, оскільки мають пряму залежність між електричним опором і температурою.

#### 4.1.2 Електромагнітний клапан ZW-50N

Для даної роботи підходить клапан ZW-50N як електромагнітний клапан для нашої системи. Електромагнітний клапан є пристроєм, який використовується для контролю потоку рідини або газу і працює на принципі електромеханічного дії. Внутрішній механізм клапана містить соленоїд з сердечником, на якому розміщений поршень або диск, що регулює потік речовини. Електромагнітні клапани застосовуються в системах водопостачання, опалення, очищення води, кондиціонування, а також в різних галузях промисловості і сільському господарстві. Зовнішній вигляд електромагнітного клапана ZW-50N зображений на рисунку 4.2 [9].



Рисунок 4.2 - Електромагнітний клапан ZW-50N

Технічні характеристики електромагнітного клапана ZW-50N наведено в таблиці 4.2.

Таблиця 4.2 - Технічні характеристики електромагнітного клапана ZW-50N

№	Характеристика	Значення
1	Потужність	18 Вт
2	Робоче середовище	Повітря, рідини
3	Діаметр умовного проходу, мм	50 мм
4	Максимальна робоча температура	80°C
5	Мін. робочий тиск	0.1 бар
6	Макс. робочий тиск, бар	8 бар
7	Макс. температура навколишнього середовища, °C	80°C
8	Принцип дії	НЗ
9	Вид клапана	Мембранний

Продовження табл. 4.2

10	Напруга живильної мережі, В	220 В
11	Частота мережі, Гц	50 Гц

#### 4.1.3 Ємнісний сигналізатор реле рівня серії ECASm 101

ECASm 101 - це реле рівня з ємнісним сигналізатором. Воно призначене для вимірювання рівня рідини з різною провідністю, гранульованих матеріалів, адгезивних матеріалів і кислоти. Коли матеріал потрапляє між електродним стрижнем і стінкою резервуара, ємність змінюється, і якщо ця зміна перевищує задане значення, відбувається перемикання контакту. З його допомогою можна легко і безпечно калібрувати. Існує різноманітність конструкцій і рішень для вимірювання рівня, які пропонуються для виробників обладнання [8].

Основні переваги:

- Висока термостійкість (в залежності від опції).
- Простота збірки і налаштування чутливості.
- Не піддається впливу піни, бризок рідини тощо.

Цей тип реле рівня застосовується у багатьох галузях:

- В ємностях з рідиною, харчових машинах, баках з охолоджувальною рідиною, транспортних системах, баках з гліколем, розсоллом, стічними водами.
- В нафтових резервуарах, резервуарах з CO<sub>2</sub>, високотемпературних резервуарах, з непровідними рідинами.
- В зерносховищах, для вимірювання цементу, кормового піску, борошна, сухого молока, органічних і пластикових гранул.
- Для липких гарячих і високов'язких рідин, а також для кислот і хімічних рідин.

Загальний вигляд ємнісного сигналізатора рівня ECASm 101 наведено на рис.4.3.



Рисунок 4.3 - Ємнісний сигналізатор рівня ECASm 101

Ємнісний сигналізатор рівня ECASm 101 включає в себе наступні характеристики наведені в таблиці 4.3.

Таблиця 4.3 – Технічні характеристики Ємнісного сигналізатора рівня ECASm 101

Країна виробник	Туреччина
Матеріал корпусу	Алюмінієвий сплав
Напруга, В	24 В
Споживання живлення, Вт	Макс. 1 Вт
Робоча температура, °С	Макс. 150°С
Робочий тиск, Бар	(-1)...150 Бар
Ступінь захисту	IP65
Електричне з'єднання	Клемні
Вимірювальні матеріали	Рідини
Тип вимірювання	Ємнісний
Вимірювана величина	Граничний рівень
Температура довкілля, °С	(-)20 / (+) 60 °С

#### **4.1.4 Давач тиску ВСТ22**

Перетворювачі тиску ВСТ22 є унікальними пристроями, розробленими для вимірювання тиску в рідких або газоподібних середовищах, а також для застосування в гідравлічних, пневматичних системах, машинах, установках і технологічному обладнанні. Головна відмінність між датчиками серії ВСТ22 і ВСТ110 полягає у їхніх габаритних розмірах.

Мембрана, виготовлена з нержавіючої сталі, має повну герметичність і водонепроникність, що забезпечує підвищену безпеку в умовах можливого вибуху і дозволяє використовувати її з усіма типовими середовищами. Висока точність вимірювання, надійна і компактна конструкція датчиків забезпечують широкий спектр можливостей їх застосування. Крім того, є можливість вибору різних типів роз'ємів підключення та кабельних з'єднань для зручності установки. Детальна інформація про давач тиску ВСТ22 та його ілюстрація наведена в додатку А1.

#### **4.1.5 Мотор-редуктор IMS PM 42SD**

Моторо-редуктор фризера для морозива є важливою компонентною цього пристрою. Він відповідає за приведення в рух механізмів, які забезпечують замішування і заморожування морозивної суміші. Моторо-редуктор має високу міцність та надійність, що дозволяє йому працювати в умовах постійного навантаження і зберігати стабільну продуктивність протягом тривалого часу. Цей компонент допомагає забезпечити ефективну роботу фризера для морозива, що забезпечує якісне і швидке виготовлення морозива. Більш детальна інформація, а також вигляд мотор-редуктору наведено в додатку А2.

#### **4.1.6 Осьовий вентилятор Trial AAS13B-004**

Осьовий вентилятор Trial AAS13B-004 призначений для охолодження відпрацьованого хладагенту в радіаторі, конструкція компактна і зроблена таким чином щоб компактно розміститися в фризери, основною перевагою є комплектність, осьовий вентилятор Trial AAS13B-004 зразу йде з



електродвигуном, що значно полегшує підбір приладів. Детальна інформація стосовно даного осьового вентилятора, а також ілюстрація представлена в додатку А3.

#### **4.1.7 Пристрій плавного пуску OWEN УПП1-1К5-В**

Пристрої плавного пуску компанії OWEN призначені для поступового запуску електричних двигунів, що дозволяє знизити спрацьовування струмових ударів та надмірного напруження в мережі при пуску. Вони забезпечують плавне збільшення напруги і струму в двигуні, зменшуючи механічний стрес і подовжуючи термін його експлуатації. Пристрої плавного пуску OWEN також допомагають уникнути надмірного навантаження на систему живлення, забезпечуючи стабільний робочий процес та знижуючи енергетичні витрати. Додаткова інформація, а також зовнішній вигляд пристрою наведено в додатку А4.

#### **4.1.8 Компресор для фризера EMBRACO ASPERA NEK6213GK R404a (з пусковим реле CSIR)**

Компресор EMBRACO ASPERA NEK6213GK з пусковим реле CSIR є високоякісним компонентом, який використовується в фризерах. Він призначений для створення стисненого холодильного середовища, необхідного для охолодження холодильної камери. Компресор має модель NEK6213GK і відноситься до серії ASPERA від EMBRACO.

Цей компресор працює з пусковим реле CSIR (Current Sensing Internal Relay), що означає "реле зі змінним струмом на внутрішньому контурі". Воно використовується для запуску компресора і контролює електричний струм, що протікає через нього. Реле CSIR допомагає забезпечити безперебійний пуск компресора, захищаючи його від перевантажень та несприятливих умов.

Компресор EMBRACO ASPERA NEK6213GK з пусковим реле CSIR є надійним та ефективним компонентом для забезпечення оптимальної холодильної системи в фризерах. Він володіє високою продуктивністю,

довговічністю та економічністю, що робить його популярним в промисловості холодильних систем.

## 4.2. Вибір ПЛК

Для даного проекту було обрано промисловий контролер Modicon M258. Кожен програмований контролер Modicon M258 розроблений спеціально для завдань автоматизації середнього рівня, забезпечуючи ефективне управління різними процесами, такими як розливні та пакувальні машини, операції з перевантаження та зберігання, функції підрахунку, контролю швидкості та обміну даними.

Контролер M258 вирізняється високою продуктивністю завдяки використанню потужного двоядерного процесора. Цей вдосконалений процесор дозволяє контролеру безперешкодно обробляти до 2400 дискретних каналів вводу/виводу та зв'язку польової шини, забезпечуючи оптимальну продуктивність. Контролер оснащений вбудованими портами Ethernet, RS-485/RS-232 та USB для легкого перенесення програм та оновлення прошивки. Крім того, для розширення можливостей підключення можна використовувати додаткові комунікаційні модулі, такі як RS-485/RS-232 і підлеглі модулі Profibus DP V1. Даний ПЛК проілюстровано на рис.4.4.



Рисунок 4.4 – ПЛК Modicon M258

Серія контролерів M258 включає різні моделі з різними конфігураціями каналів вводу/виводу, що забезпечує гнучкість для задоволення конкретних вимог. Базові пристрої мають цифрові та аналогові канали вводу/виводу, з опціями інтегрованих портів CANopen та вільних шин PCI для додаткових комунікаційних модулів. Всі контролери M258 працюють від джерела живлення 24 В постійного струму.

Модулі розширення доступні як опціональне доповнення до контролерів M258, пропонуючи додаткову функціональність і налаштування. До них відносяться компактні і секційні модулі для цифрових входів і виходів, аналогових входів і виходів, лічильників, загального розподілу, розподілу живлення і розширення шини.

Програмування та налагодження контролера M258 здійснюється за допомогою програмного забезпечення SoMachine, яке підтримує декілька мов програмування, визначених стандартом IEC 61131-3. До них відносяться: список інструкцій (LI), мова структурних схем (LD), мова функціональних блоків (FBD), мова послідовних функціональних блоків (SFC), мова структурованого тексту (ST) і мова безперервних функціональних блоків (CFC) для розширених можливостей програмування. Компонування давачів та виконавчих представлено на рис.4.5 [6].



Рисунок 4.5 – ПЛК Modicon M258

### 4.3. Вибір панелі оператора

Для даної роботи було обрано панель оператора Easy Harmony ET6 - Це лінійка початкових панелей оператора, спроектована для управління простими механізмами. Harmony ET6 були введені як заміна економічній серії панелей Harmony GXU. Дану панель проілюстровано на рис.4.6.



Рисунок 4.6 – Панель оператора Easy Harmony ET6

Особливості лінійки ET6:

- Яскравий дисплей з палітрою 16 мільйонів кольорів.
- Мікропроцесор з тактовою частотою 800 МГц (майже втричі потужніший, ніж у попередньої серії панелей Harmony GXU), що швидко обробляє зміну екранів, анімацій, скриптів та ін.
- Внутрішня пам'ять об'ємом 256 МБ, що дозволяє створювати великі проекти з HD-графікою, діаграмами, рецептами та журналами операцій.
- Можливість використання USB-носія для зберігання логів і програмних елементів.
- Підтримка базових функцій програмного забезпечення: реальні часові тренди, управління нагадуваннями, рецептами, керування кількома вікнами тощо.
- Легкий перехід від попередньої серії GXU завдяки сумісним монтажним отворах та однаковому програмному забезпеченню [7].

Програмування панелей ET6 здійснюється за допомогою безкоштовного програмного забезпечення Vijeo Designer Basic. Наявні роз'єми панелі оператора Easy Harmony ET6 для підключення до ПЛК наведено на рис.4.7.

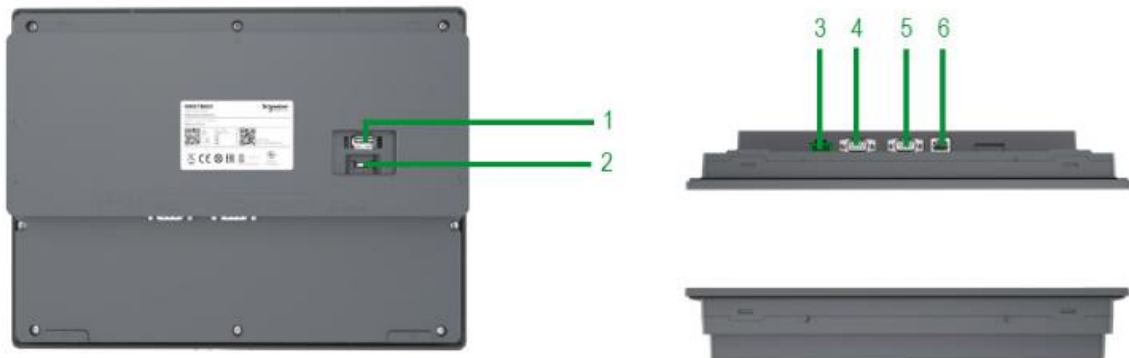


Рисунок 4.7 - Наявні роз'єми панелі оператора Easy Harmony ET6

#### 4.4. Вибір джерела живлення

Блок живлення обрано на базі потреб ПЛК та панелі оператора. Modicon M258 споживає струм при напрузі 24 В, тому в якості джерела живлення було обрано блок живлення Mean Well Dc 24v 120w 5a (Ndr-120-24). Загальний вигляд блоку живлення представлено на рис.4.8 [10].



Рисунок 4.8 - Блок живлення Mean Well Dc 24v 120w 5a (Ndr-120-24)

Таблиця 4.4 – технічні характеристики блоку живлення Mean Well 24v 120w (Ndr-120-24)

Країна бренду	Китай
Потужність, Вт	120 Вт
Робоча напруга, В	110/220 В
Матеріал корпусу	Металевий (з перфорацією)
Клас захисту	IP20
Захист	Захист від перевантаження, від короткого замикання, від перегріву
Струм на виході, А	5А
Вхідна напруга, DC	DC 127-370V
Вхідна напруга, AC	AC 90-264V

#### **4.5. Висновки до розділу 4**

В даному розділі було обрано давачі та виконавчі механізми які потрібні для повної автоматизації фризера обраного в даному дипломному проекті. Також було обрано ПЛК, а саме Modicon M258, який задовольняє вимоги до проекту в усіх аспектах, також обрано панель оператора Easy Harmony ET6 якого буде цілком достатньо аби оператор достовірно оцінив стан фризера, а також правильно його експлуатував. Також було підібрано джерело постійної напруги для ПЛК, а саме Mean Well Dc 24v 120w 5a (Ndr-120-24) який має переваги над конкурентами в своєму ціновому сегменті.

## РОЗДІЛ 5. ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА ПРОЕКТУ ТА ОХОРОНА ПРАЦІ

### 5.1. Економічні розрахунки системи автоматизації

Основною метою даного дипломного проекту є створення та вивчення системи, яка керує процесом виробництва морозива шляхом регулювання температури у робочому циліндрі фризера. Для досягнення цієї мети було обрано наступний мінімальний набір обладнання: програмований логічний контролер (ПЛК) Modicon M258, температурний датчик ОВЕН ДТС075-РТ100.А3.250 та електромагнітний клапан ZW-50N. Розробка та дослідження цієї системи керування температурою в робочому циліндрі фризера спрямовані на покращення якості кінцевого продукту.

Витрати на придбання потрібного обладнання для автоматизованої системи керування температурою у робочому циліндрі фризера зведені в таблиці 5.1.

Для розрахунку загальної вартості кінцевого виду фризера застосовано формулу:

$$G = G_{\text{пр}} + G_{\text{тр}} + G_{\text{нл}} \quad (5.1)$$

Де  $G_{\text{пр}}$  – вартість закупівлі обладнання;

$G_{\text{тр}}$  – вартість доставки обладнання;

$G_{\text{нл}}$  – вартість налагодження та встановлення обладнання [11].

Таблиця 5.1 – Загальна вартість закупівлі обладнання.

№ п/п	Назва обладнання	Кількість	Вартість
1	Modicon M258	1	14777,32
2	ОВЕН ДТС075- РТ100.А3.250	1	993,60
3	Mean Well Dc 24v 120w 5a (Ndr-120- 24)	2	2 318,9



Продовження табл. 5.1

4	Електромагнітний клапан ZW-50N	1	1240
5	Easy Harmony ET6	1	10 041,58
Разом			29 371,4

Враховуючі 6 одиниць обладнання, доставка обійдеться в 420 гривень  
Щоб встановити дане обладнання, а також, щоб зняти старе, потрібні фахівці з монтажу та налагодження, тому розраховано витрати по роботі фахівців з даним обладнанням, термін виконання всього спектру робіт – 3 дні.  
Дані занесено до таблиці 5.2.

Таблиця 5.2 – Витрати на роботу фахівців

№	Фах	Кількість людей	Тариф (грн/день)	Кількість днів	Ціна
1	Монтажник ел.обл.	1	350	3	1050
2	Інженер	1	350	3	1050
	Разом:				2100
	Податок (18%):				378
	Усього:				2478

Отже, загальні витрати для отримання автоматизованого фризера становлять

$$G = 29\,371,4 + 420 + 2478 = 32\,269,4 \text{ грн}$$

Для подальшого розрахунку обраховано амортизацію нового обладнання, яке обчислюється за допомогою математичної формули:

$$A_m = \frac{G \cdot K}{100} \quad (5.2)$$

Де G - загальна ціна обладнання;

K – норма амортизації.

Отримуємо:

$$A_m = \frac{32\,269,4 \cdot 20}{100} = 6\,453,88 \quad (5.3)$$

В даному пункті було розраховано економічні витрати на становлення обладнання та розраховано амортизацію обраного обладнання, витрати на обладнання досить високі, але якість кінцевого продукту є краща і вона в пріоритеті для потенційних користувачів та набагато краще операторам які будуть користуватися засобами автоматизації. Також дане обладнання має потенціал до цілковитої автоматизації кожного вузла системи, тому така ціна є виправданою.

## 5.2. Охорона праці

Працівники, зайняті у виробництві морозива, можуть зіткнутися з різними небезпеками, які можуть становити загрозу їхньому здоров'ю та безпеці. Ось деякі конкретні типи небезпек, з якими можуть зіткнутися працівники цієї галузі:

Небезпека посковзнутися, спіткнутися та впасти: мокра підлога, розлита рідина та слизькі поверхні можуть збільшити ризик посковзнутися, спіткнутися та впасти на виробництві морозива. Сюди відносяться зони, де працюють з інгредієнтами, змішувальні станції, пакувальні зони та складські приміщення. Неналежний стан або захаращеність доріжок, недостатнє освітлення та нерівні поверхні також можуть сприяти виникненню цих небезпек.

Термічні ризики: Виробництво морозива передбачає роботу з низькими температурами під час процесів заморожування та зберігання. Працівники можуть піддаватися впливу екстремального холоду, що може призвести до обмороження, переохолодження або теплового дискомфорту. Крім того, працівники можуть стикатися з гарячими поверхнями або обладнанням під час процесів приготування або пастеризації, що підвищує ризик опіків.

Небезпеки, пов'язані з машинами та обладнанням: Виробництво морозива залежить від різних типів машин та обладнання, таких як змішувачі, гомогенізатори, наповнювачі та морозильні камери. Неправильне використання, недостатня підготовка або несправності обладнання можуть призвести до травм, включаючи заплутування, защемлення або затискання, контакт з рухомими частинами. Недостатній захист, відсутність процедур блокування/вимикання та неналежне технічне обслуговування можуть посилити ці небезпеки.

Хімічні небезпеки: Виробництво морозива передбачає використання різних хімічних речовин, включаючи ароматизатори, стабілізатори та миючі засоби. Працівники можуть піддаватися впливу цих речовин через вдихання, контакт зі шкірою або прийом всередину. Деякі хімічні речовини можуть викликати подразнення шкіри, алергічні реакції, респіраторні захворювання або навіть хімічні опіки, якщо з ними не поводитися належним чином.

Ергономічні ризики: Повторювані завдання, тривале стояння та незручні пози можуть сприяти виникненню ергономічних ризиків у виробництві морозива. Ці ризики можуть призвести до захворювань опорно-рухового апарату, включаючи розтягнення зв'язок, розтягнення та дискомфорт у спині, шиї, плечах і зап'ястях. Підняття важких вантажів, таких як контейнери з інгредієнтами або ванночки з морозивом, без належної техніки або допомоги також може підвищити ризик травмування.

Небезпека ураження електричним струмом: На підприємствах з виробництва морозива є електричні системи для живлення машин та обладнання. Несправна проводка, пошкоджені шнури або неправильне використання електрообладнання можуть призвести до ураження електричним струмом, смерті або пожежі. Працівники повинні бути навчені процедурам електробезпеки та усвідомлювати потенційні ризики, пов'язані з роботою поблизу або з джерелами електрики.

Шум і вібрація: Певне обладнання, що використовується у виробництві морозива, наприклад, компресори або міксери, може генерувати високий рівень шуму та вібрації. Тривалий вплив надмірного рівня шуму може призвести до втрати слуху, а безперервна вібрація може викликати вібраційний синдром рук.

Для зменшення цих небезпек слід вжити належних заходів щодо захисту слуху та віброгасіння [12].

Охорона праці є важливим аспектом забезпечення безпечного та здорового робочого середовища у виробництві морозива. Вона передбачає впровадження заходів і протоколів, спрямованих на запобігання професійним небезпекам, мінімізацію ризиків і забезпечення добробуту працівників. Ось деякі ключові міркування щодо охорони праці у виробництві морозива:

Засоби індивідуального захисту (ЗІЗ): Працівники, задіяні у виробництві морозива, повинні бути забезпечені відповідними ЗІЗ, такими як рукавички, захисні окуляри, сітки для волосся та захисний одяг, щоб звести до мінімуму вплив потенційних небезпек. Це особливо важливо під час роботи з інгредієнтами, експлуатації обладнання або в холодильних камерах.

Навчання та освіта: Працівники повинні пройти всебічне навчання з охорони праці та техніки безпеки, характерних для виробництва морозива. Сюди входять інструкції щодо правильного поводження з обладнанням, машинами та інгредієнтами, а також протоколи дій у надзвичайних ситуаціях. Регулярні тренінги та курси підвищення кваліфікації допомагають закріпити навички безпеки та гарантують, що працівники знають про потенційні ризики.

Ідентифікація небезпек та оцінка ризиків: Проведення регулярної ідентифікації небезпек та оцінки ризиків є важливим для виявлення потенційних небезпек на робочому місці, пов'язаних з виробництвом морозива. Це передбачає вивчення виробничого процесу, обладнання та робочого середовища з метою виявлення ризиків і вжиття відповідних заходів для їх зменшення. Оцінка повинна охоплювати такі сфери, як ковзання, спотикання та падіння, вплив небезпечних речовин, ергономічні ризики та безпека машин [13].

Безпека обладнання: Виробництво морозива передбачає використання різноманітного обладнання, включаючи міксери, морозильні камери та пакувальне обладнання. Забезпечення належного встановлення, обслуговування та захисту цього обладнання має важливе значення для запобігання нещасним випадкам і травмам. Регулярні перевірки, графіки технічного обслуговування та

дотримання правил безпеки, наданих виробниками обладнання, є критично важливими в цьому відношенні.

**Ергономіка:** Слід приділяти увагу ергономічним факторам, щоб запобігти захворюванням опорно-рухового апарату та сприяти добробуту працівників. Це включає оптимізацію робочих місць, забезпечення ергономічними інструментами та обладнанням, впровадження належних технік підйому, а також заохочення до регулярних перерв і вправ на розтяжку.

**Гігієна та санітарія:** Підтримання високого рівня гігієни та санітарії є життєво важливим у виробництві морозива для запобігання забрудненню та забезпечення безпеки харчових продуктів. Повинні бути створені належні умови для миття рук, санітарної обробки обладнання та поверхонь, а також належної утилізації відходів. Працівники повинні бути навчені належним гігієнічним практикам і заохочуватися до їх постійного дотримання [14].

**Готовність до надзвичайних ситуацій:** Наявність чітко розроблених планів реагування на надзвичайні ситуації, включаючи процедури евакуації та протоколи надання першої медичної допомоги, має вирішальне значення у виробництві морозива. Працівники повинні бути ознайомлені з цими планами та навчені їх виконанню. Регулярні тренування та навчання допоможуть оцінити ефективність заходів з готовності до надзвичайних ситуацій.

## ВИСНОВКИ

Виробництво морозива відіграє важливу роль у економічній секторі, це і робочі місця для людей і заводи по виготовленню і робітники з логістики, маркетингу, роздрібна торгівля, а також малий та середній бізнес на морозиві, все це надає цьому процесу актуальність та підштовхує до впровадження новітньої автоматизації даного процесу, що і є темою даного дипломного проекту.

В якості об'єкта керування обраний збивальноохолоджувальний апарат – фризер Taylor 710, який є популярним на вторинному ринку України, його рідна система керування є вже застарілою та не енергоефективною, тому вона потребує нової автоматизації для покращення його характеристик.

Метою даної дипломної роботи було підвищення ефективності автоматичного регулювання температури в робочій камері фризера під час збивання та охолодження вершково-молочної суміші.

Було розроблено схему матеріальних та інформаційних потоків, яка показує процес перетворення рідкого морозива (сировини) в готовий продукт з урахуванням додаткових засобів, а також надає функціональні задачі керування які повинні виконуватися.

В наступному розділі на базі схеми матеріальних та інформаційних потоків було розроблено функціональну схему автоматизації роботи фризера Taylor 710 з якої виділено 3 контури управління:

- Контур подачі сировини та її перемішування;
- Контур регулювання температури всередині робочого циліндра;
- Контур охолодження та фільтрації відпрацьованого хладогену.

Також в цьому розділі розглянуто вхідні та вихідні сигнали системи, які є основним критерієм при виборі ПЛК.

Наступним кроком було обрано технічні засоби автоматизації, адже саме вони будуть проводити контроль над усіма параметрами які будуть проходити в системі. В якості ПЛК було обрано Modicon M258 який буде чудовим рішенням

як для мінімальної автоматизації так і для більш складної, він має чудову швидкодію та достатню кількість роз'ємів для підключення всіх датчиків та виконавчих механізмів.

Далі розроблено алгоритми функціонування кожного контуру керування, виділено основні аспекти управління та сконцентровано увагу на енергоефективності управління та якості кінцевого продукту.

Проведено економічні розрахунки впровадження даної системи автоматизації. Отримано, що загальна ціна впровадження мінімальної системи автоматизації буде коштувати 32 269,4 грн, що є досить демократичною ціною для такого виду автоматизації, яка забезпечить енергоефективність, а також полегшить роботу оператора та продовжить експлуатаційний період фризера в цілому.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Аналіз ринку морозива в Україні. 2019 рік [Інтернет-джерело]. – Режим доступу до ресурсу: <https://pro-consulting.ua/ua/issledovanie-rynka/analiz-rynka-morozhenogo-ukrainy2019-god>. Дата звернення: 10.04.2023
2. Бартковський І. Перспективи українського морозива та заморожених напівфабрикатів на ринку Китаю/ Журнал УКРАЇНА-КИТАЙ. – 2021. – №2(22). – С. 53-56.
3. Сухенко Ю.Г., Поліщук Г.Є., Сарана В.В. Наукове і технічне забезпечення виробництва морозива [Монографія] / За ред.. проф. Г.Є. Поліщук – К.: НУБіП України, 2019 – 299 с.
4. OPERATOR'S MANUAL TAYLOR [Інтернет-джерело]. – Режим доступу до ресурсу: [https://www.taylor-company.com/assets/pdfs/downloadables/0702\\_741\\_772op0.pdf](https://www.taylor-company.com/assets/pdfs/downloadables/0702_741_772op0.pdf). Дата звернення: 10.04.2023
5. ДТСхх5. Термоопори з комутаційною головкою [Інтернет-джерело]. – Режим доступу до ресурсу: <https://owen.ua/ru/datchiki/dtsxx5-termosoprotivlenija-s-kommutacionnoj-golovkoj/tehnicheskie-harakteristiki> . Дата звернення: 11.04.2023.
6. Промисловий контролер Modicon M258 [Інтернет-джерело]. – Режим доступу до ресурсу: <https://www.electrocentr.com.ua/ru/products/plc/m258.html#description>. Дата звернення: 12.04.2023
7. Easy Harmony ET6 [Інтернет-джерело]. – Режим доступу до ресурсу: <https://www.electrocentr.com.ua/ru/products/plc/m258.html#description>. Дата звернення: 12.04.2023.
8. Ємнісний сигналізатор реле рівня серії ECASm 101 для провідної рідини [Інтернет-джерело]. – Режим доступу до ресурсу: <https://asutp.shop/ua/p1492025190-emkostnyj-signalizator-rele.html>. Дата звернення:



12.04.2023.

9. Клапан електромагнітний нормально-закритий ZW прямої дії (сідлової) [Інтернет-джерело]. – Режим доступу до ресурсу: <https://ukravateh.com.ua/ua/p740357294-klapan-elektromagnitnyj-normalno.html>.

Дата звернення: 12.04.2023.

10. Блок живлення на DIN-рейку Mean Well 120W 5A 24V NDR-120-24 120W 5A 24V [Інтернет-джерело]. – Режим доступу до ресурсу: [https://svetum.com.ua/catalog/istochniki-pitaniya/blok-pitaniya-na-din-reyku-mean-well-120w-5a-24v-ndr-120-24/?gclid=Cj0KCQjwmZejBhC\\_ARIsAGhCqndQ3V9iVIJ1LnbEBiATIMHtl6eYvoKzha8Gkh7pz8I9Nb8teSgBSHUaAu8XEALw\\_wcB](https://svetum.com.ua/catalog/istochniki-pitaniya/blok-pitaniya-na-din-reyku-mean-well-120w-5a-24v-ndr-120-24/?gclid=Cj0KCQjwmZejBhC_ARIsAGhCqndQ3V9iVIJ1LnbEBiATIMHtl6eYvoKzha8Gkh7pz8I9Nb8teSgBSHUaAu8XEALw_wcB). Дата звернення: 12.04.2023.

11. Gremski, L.A.; Coelho, A.L.K.; Santos, J.S.; Daguer, H.; Molognoni, L.; do Prado-Silva, L.; Sant'Ana, A.S.; da Silva Rocha, R.; da Silva, M.C.; Cruz, A.G.; et al. Antioxidants-Rich Ice Cream Containing Herbal Extracts and Fructooligosaccharides: Manufacture, Functional and Sensory Properties. *Food Chem.* 2019, 298, 125098.

12. Giudici, P., Baiano, A., Chiari, P., De Vero, L., Ghanbarzadeh, B., & Falcone, P. M. (2021). A mathematical modeling of freezing process in the batch production of ice cream. *Foods*, 10(2), 334.

13. Masuda, H., Sawano, M., Ishihara, K., & Shimoyamada, M. (2020). Effect of agitation speed on freezing process of ice cream using a batch freezer. *Food Process Engineering*, 43(4), 1-8.

14. Lee, M.H.; Lee, M.K.; Ryu, S.I.; Kim, B.H.; Kim, Y.J.; Jeon, J.E.; Lee, S.H. Quality characteristics of ice creams added with fermented black rice bran powder. *Culi. Sci. Hosp. Res.* 2018, 24, 55–61.

15. Cesare Maria Joppolo (2014) Advanced sequential dual evaporator domestic refrigerator/freezer: System energy optimization. *International Journal of Refrigeration*. 239с.

16. Liu Z, Tan H (2019) Thermal performance of ice-making machine with a multi-channel evaporator. *Int J Green Energy* 16(7):520–529

17. Liu Z, Yan J, Gao P, Tan H (2019) Experimental study on temperature distribution in an ice-making machine multichannel evaporator. *Sci Technol Built Environ* 25(1):69–82