

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Прикладних інформаційних технологій та електроінженерії

(повна назва факультету)

Комп'ютерно-інтегрованих технологій

(повна назва кафедри)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

бакалавр

(назва освітнього ступеня)

на тему: Розроблення автоматизованої системи керування технологічним процесом сушіння молока.

Виконав(ла): студент(ка) 4 курсу, групи КТЗ-41
спеціальності 151 – Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

(шифр і назва спеціальності)

_____ Кухарук І.Р.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник _____ Чихіра І.В.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Нормоконтроль _____ Левицький В.В.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Завідувач кафедри _____ Микитишин А.Г.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Рецензент _____ Шовкун ОП.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Тернопіль
2024

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Факультет прикладних інформаційних технологій та електроінженерії
(повна назва факультету)

Кафедра комп'ютерно-інтегрованих технологій
(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Микитишин А.Г.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

«13» 06

2024 р.

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

на здобуття освітнього ступеня бакалавр
(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології
(шифр і назва спеціальності)

студенту Кухарук Ірина Русланівна
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Розроблення автоматизованої системи керування технологічним процесом сушіння молока

Керівник роботи Чихіра Ігор Вікторович, к.т.н., доцент

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від «14» 06 2024 року № 4/7-516

2. Термін подання студентом заведеної роботи 12.06.2024 р.

3. Вихідні дані до роботи технічна документація

4. Зміст роботи (перелік питань, які потрібно розробити)

1. Аналітична частина 2. Проектна частина 3. Спеціальна частина 4. Безпека життєдіяльності, основи охорони праці

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, слайдів)

1. Мета роботи. 2. Функціональна схема техпроцесу сушіння молока. 3. Характеристики термоперетворювача. 4. Графік роботи ТЕН. 5. Функціональна схема системи керування технологічним процесом. 6. Параметрична схема сушильної установки. 7. Структурна схема сушильної установки. 8. Еквівалентна параметрична схема сушильної вежі. 9. Структурна схема АСУ промисловим об'єктом керування. 10. Схема розп. сушарки. 11. Висновки

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Безпека життєдіяльності, основи охорони праці	Гурик О.Я., доцент кафедри МТ		

7. Дата видачі завдання 17.05.2024

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналітична частина	17.05-22.05	
2	Проектна частина	23.05-30.05	
3	Спеціальна частина	31.05-04.06	
4	Безпека життєдіяльності, основи охорони праці	05.06-10.06	

Студент

(підпис)

Кухарук І.Р.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Чихіра І.В.

(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Кваліфікаційна робота бакалавра складається з наступних частин: пояснювальної записки та графічної частини (ілюстративний матеріал – слайди). Об'єм графічної частини роботи становить 11 слайдів.

Обсягпояснювальної записки складає 65 друкованих сторінок формату А4(210×297), об'єм додатків – - друкованих сторінок формату А4.

Робота міститьчотири розділи, в яких нараховується 19 рисунків та 2 таблиці з даними.

В роботі використано 35 літературних джерел.

Метою даної роботи є розробка автоматизованої системи керування технологічним процесом сушіння молока. Удосконалена система автоматично регулює температуру у зоні її дії, коли речовина надходить у сушарку, слідуючи показанням температури від датчика, який являється термопарою. Використано пакет прикладних програм Matlab для аналізу та прогнозування роботи системи. По даних розрахунків побудовано графіки залежностей технологічних процесів роботи обладнання.

Були вибрані сучасні автоматизовані засоби, які відповідають вимогам, визначеним у технічному завданні.

Ключові слова: СУШИЛЬНИЙ АГЕНТ, СИХИЙ КОНЦЕНТРАТ, ПРОМЕТР, ДАТЧИК ТЕМПЕРАТУР.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
1. АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА.....	9
1.1. Аналіз наявних систем управління переробкою молочних продуктів ..	9
1.2 Постановка завдання	12
1.3 Опис етапів виробництва резервного напівфабрикату.....	13
1.4 Вибір об'єкту управління.....	15
2 ПРОЕКТНА ЧАСТИНА.....	17
2.1 Створення функціональної схеми керування процесом.....	17
2.1.1 Засіб для реалізації АСУ.....	17
2.1.2 Вибір елементної бази.....	19
2.2 Структурна схема	23
2.3 Схема сигналізації та блокування.....	29
2.4 ЗСхематичний показ монтажного щиту контролера.....	30
2.5 Схематична блок-схема імітації.....	32
2.6 Аналіз управляючого об'єкта	33
3 СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА.....	46
3.1 Створення математичної моделі керованого об'єкта	46
3.2 Рівні АСУ контролю вологості продукції подальшої обробки за лініями управління.....	51
3.3. Стабільна робота керованого об'єкта.....	53
4. БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ	55

<i>4.1</i>	<i>Покращення умов праці у виробничому приміщенні.....</i>	<i>55</i>
<i>4.2</i>	<i>Використання правил техніка безпеки.....</i>	<i>56</i>
<i>4.3</i>	<i>Безпека експлуатаційних електроустановок.....</i>	<i>56</i>
<i>4.4</i>	<i>Визначення опору заземлення та монтаж його елементів</i>	<i>57</i>
<i>4.5</i>	<i>Запобігання впливу вібрації.....</i>	<i>61</i>
	<i>Висновки</i>	<i>62</i>
	<i>ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....</i>	<i>63</i>

ВСТУП

У контексті ринкових умов, велике значення набуває питання про вихід на ринок України продукції споживчої високої якості, особливо молочними продуктами.

Важливим елементом збільшення якісної продукції є раціональне використання надходжуючої сировини та з можливість зменшення відходів з даного виробництва на мінімуму. У даному контексті, одними з головних завдань переробних галузей в агропромисловому секторі є зменшення втрат на всіх етапах виробничого процесу та максимізація обсягів продукції з кожної одиниці сировини.

Автоматизована переробка молока охоплює обробку молока до всіх видів кінцевої продукції, що виробляється в молочному господарстві. Молоко має високу харчову та біологічну цінність. Воно містить необхідні для організму людини та компоненти, що без важких зусиль засвоюються: утворюють молекулярні та іонні розчини. Особливістю молока як сировини є те, що воно, будучи джерелом повноцінного білка, є багатокomпонентним за складом, різноманітним за функціонально-технологічними властивостями, біологічно активним і під впливом зовнішніх факторів змінює свої властивості та параметри.

Тим не менш, проблема підвищення якості та рентабельності молочної продукції, а також ефективного управління процесами переробки молока залишається важливою.

Одним із важливих етапів процесу переробки молока є безперервний моніторинг і контроль рівня температури та вологості, оскільки це безпосередньо впливає на ефективність обладнання, витрати та загальну якість кінцевої продукції.

Таким чином, ми створимо сучасну автоматизовану систему, яка відповідає стандартам і забезпечує високу продуктивність при мінімальних витратах.

Проаналізувати технологічний процес у молочній промисловості та визначити ключові фактори, які суттєво впливають на якість готової продукції.

Створити математичну модель управління регульованим об'єктом, враховуючи як статичні, так і динамічні особливості цього об'єкта.

Використовуючи математичну модель управління сушильною установкою, провести імітаційне моделювання АСУТП через канали керування.

Створити систему автоматизованого керування процесом переробки молока.

На ринковому полі одним із способів підвищення продуктивності виробництва є виробництво високоякісної продукції, зокрема, швидкорозчинних сухих порошоків молочних продуктів, які відповідають міжнародним стандартам якості.

У зв'язку з великою різноманітністю кінцевих продуктів, які виготовляються з основної сировини — молока, є розумним та найбільш обґрунтованим в рамках обмеженого обсягу дипломного проекту обрати одну конкретну галузь комплексної переробки молока. В даному випадку цим напрямком є виготовлення швидкорозчинної концентрату-суміші.

Автоматизована система управління технологічними процесами - це комплекс засобів, які контролюють та керують виробничими та технологічними процесами. Вона забезпечує зворотний зв'язок та активно втручається у хід процесу у випадках, коли він відхиляється від заданих параметрів, що дозволяє регулювати та оптимізувати керований процес [19].

1. АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА

1.1 Аналіз наявних систем управління переробкою молочних продуктів

У нашій країні доступний різноманітний асортимент молочних продуктів, який відрізняється за методом теплової обробки, хімічним складом та наявністю або відсутністю наповнювачів. Основний вид - це незбиране молоко з вмістом жиру не менше 3,2%.

Враховуючи змінну виробництва молока протягом різних періодів, вигідно мати запаси концентрованого продукту у ті часи, коли виробництво молока приносить збитки.

Сухі молочні швидкорозчинні суміші-концентрати, які використовуються як резервовані продукти, є економічно вигідними, оскільки, являючись напівфабрикатами, можуть бути оптимально використані при подальшій обробці для забезпечення більш вигідної реалізації.

Інтегрований підхід до виробництва молочної продукції.

Загалом, пропозиції щодо поставки молочних заводів включають наступні складові:

- Устаткування для приймання молока
- Молочна переробка
- Виготовлення пастеризованого молока
- Виготовлення кефіру або йогурту
- Виготовлення сметани та масла
- Виготовлення сиру
- Виготовлення сухого та згущеного молока
- Фасувальне обладнання
- Загальне виробниче обладнання
- Шеф-монтаж, введення в експлуатацію та навчання персоналу

Матеріал для виготовлення сухого незбираного молока:

- для продукту з вмістом жиру 20-25%;
- молоко коров'яче має відповідати другому сорту згідно з ДСТ 13264;
- вершки з вмістом жиру не перевищують 40% і кислотність плазми не перевищує 26 °Т, отримані з коров'ячого молока, відповідають другому сорту згідно зі стандартом ДЕРЖСТАНДАРТ 13264;
- молоко з вмістом жиру не перевищує 26 °Т кислотності, отримане з коров'ячого молока, відповідає другому сорту за стандартом ДСТ 13264;
- сироватка, що утворюється під час виробництва несолоного вершкового масла, відповідно до нормативно-технічної документації.

Складність розв'язання завдань аналізу та синтезу різноманітних різнопланових динамічних виробничих систем, які діють на ринковому середовищі, породжує проблеми з їхньою ефективністю при помилках у керуванні. Неможливість проведення фізичних експериментів над системою для прогнозування негативних ситуацій, включаючи вплив людини як керівного елемента, ускладнює аналіз, синтез та моделювання роботи таких систем на ринкових умовах, основний підхід до яких ґрунтується на імітаційному моделюванні [1].

Підвищення ефективності управління ґрунтується на розробці теоретичних засад, що сприяють підвищенню якості та обґрунтованості управлінських рішень. Це допомагає уникнути впровадження неефективних (часто просто збиткових) стратегій розвитку і забезпечує значний економічний приріст практично без додаткових витрат [2].

На даний час автоматизовані системи управління (АСУ) відіграють більш важливу роль, адже зростає складність і вартість апаратного забезпечення, такого як сучасні ПК, сервери, мережі та системи SCADA. Це призводить до збільшення витрат ресурсів і годин на проектування, а також підвищує вимоги до кваліфікації обслуговуючого персоналу. В результаті

зростають витрати на обслуговування [3].

З іншого боку, протягом понад 20 років інтелектуальний рівень АСУ залишається сталим. В цих системах автоматизується широкий спектр традиційних і добре вивчених функцій, таких як телеметрія (вимірювальні канали), автоматичне регулювання, захисти і блокування за параметрами (ТЗ, ТБ), динамічне керування (ДК) і, в кращому випадку, функціонально-групове керування.

Функціонально, сучасні автоматизовані системи управління технологічними процесами (АСУТП) майже повністю збігаються з системами СТОСІВіА, які були використані 60-70 років тому. У цих системах дуже розповсюджені методи управління параметрами потрібних потоків, але майже відсутні АСУ регламентами та конфігураціями потоків у об'єкті. Це може призводити до втрат через неефективне функціонування АСУТП, такі як невиконання регламентів з негативними наслідками [4].

Підвищення продуктивності виробництва за допомогою АСУ є ключовою науково-практичною задачею, особливо важливою в умовах невизначеності під час переходу до ринкових стосунків.

Однією з головних переваг АСУТП є зменшення або навіть повне усунення впливу некоректної дії людини на керований процес, що призводить до скорочення працівників заводу, зменшує витрат сировини та покращення якості виробленої продукції. У кінцевому підсумку, якість готової продукції покращується, а її характеристики стають стабільнішими [5].

АСУТП - це комплекс технічних і програмних засобів, які контролюють і керують виробничими і технологічними процесами. Вона використовує зворотний зв'язок, що активно реагує на відхилення від заданих параметрів, здійснює керування та оптимізацію процесу управління [19].

Впровадження АСУТП виробництва та обробки молочних продуктів визнається одним із головних напрямків технічного розвитку у молочній

промисловості.

Для успішного впровадження АСУ процесами виробництва молочних концентратів потрібні певні умови: неперервність або потоковий характер виробництва, комплексна механізація, масове виробництво приладів та технічних засобів автоматизації, володіння спеціалізованими проектами та монтажньо-налагоджувальних організацій. У теперішній час на промисловості спостерігається поступова автоматизація не тільки окремих операцій а і всього технологічного циклу. Витрати на автоматизацію, які в середньому становлять 10-25% вартості технологічного обладнання, швидко окупаються.

1.2 Постановка завдання

На основі проведеного аналізу визначені наступні завдання дипломного проекту:

1. Провести оцінку технологічного процесу загальної обробки молока та його похідних продуктів.
2. Дослідити молоко як сировину та розглянути більшість продуктів, які можуть бути виготовлені з нього.
3. Підготувати функціональну схему процесу інтегрованої переробки молока та визначити необхідні компоненти для його втілення.
4. Розробити математичну модель для управління об'єктом, яка враховуватиме як статичні, так і динамічні характеристики.
5. Виконати імітаційне моделювання АСУТП з використанням математичної моделі, що дає можливість управляти розпилювальною сушильним пристроєм.
6. Проаналізувати та описати функції, структуру та принцип роботи обладнання, яке входить у технологічну лінію переробки молока та молочних продуктів.
7. Ознайомитися зі стандартами експлуатації та нормами техніки безпеки і ще провести розрахунки та підготувати необхідні креслення для

обладнання даної технологічної лінії.

8. Створення методології управління процесом виробництва концентрованого резервного молока з метою досягнення високої продуктивності об'єктів управління за способом зменшення часу переходу між процесами та зменшення від'ємного впливу безконтрольних факторів.

9. Підготувати АСУ комплексним процесом переробки молока.

1.3 Опис етапів виробництва резервного напівфабрикату

Два ключові етапи у виробництві додаткового проміжного товару з молока це процеси випарювання та розпилювального сушіння [6, 7, 8].

Випарювання - це процес, який використовується для концентрування молока методом знищення води. Для цього використовуються вакуумні випарні установки багатокамерного та плівкового типу.

Серед найбільш перспективних варіантів є випарний пристрій з плівкою, що падає з сировини. Беручи до уваги якість сировини, випарні пристрої цього типу виявляються бажаними, оскільки вони характеризуються коротким часом витримки та можливістю регулювання температури кипіння. Це сприяє зменшенню небажаних змін у білках, які мають дію на випускні властивості відповідного сухого порошку.

Ці апарати відрізняються значною продуктивністю, мінімальним впливом підвищених значень температури на сировину та високою ефективністю завдяки задіюванню ефекту тепла друнгої пари.

Процес випарювання є важливим кроком у виробництві високоякісного порошку. Важливо ретельно розглядати хімічні, мікробіологічні та інші характеристики виробленого швидкорозчинної суміші під час проектування випарного апарата, оскільки пізніше на більш пізніх етапах не можна компенсувати пошкодження сировини, що виникли під час створення пари.

Концентрат, що виходить з випарного апарата, зазвичай має температуру в діапазоні 40-45° С і зазвичай піддається додатковому

нагріванню до 60-80° С безпосередньо перед розпиленням. Це попереднє нагрівання перед розпиленням здійснюється з метою оптимізації процесу сушіння та регулювання в'язкості продукту. Регулювання в'язкості необхідне для досягнення потрібних характеристик порошку. Попереднє нагрівання є складним процесом, оскільки зазвичай піддається товстий продукт, який зазвичай містить загальний вміст сухої речовини у розмірі 45-50%. Під час виробництва, нестабільні білки можуть відкладатися на поверхні нагрівального обладнання.

Технологічні процеси виробництва молочних концентратів відзначаються постійністю та великою інтенсивністю, що призводить до наближення процесу до критичних показників, та високими вимогами до якості готової продукції та обмеженням її параметрів.

Для методу висушування молока та молочних продуктів застосовують різноманітні типи конвективних сушарок, включаючи розпилювальні, барабанні, вихрові та вібраційні.

Розпилювальне сушіння означає перетворення згущеного концентрату з рідкої форми в суху, розпилюючи його у гарячий сушильний агент. Іншими словами, це процес, під час якого згущений та попередньо нагрітий концентрат перетворюється на дрібні краплини [9].

Головна мета розпилення концентрату полягає в тому, щоб отримати дуже велику поверхню, з якої може відбуватися випаровування. Чим менші краплі, тим більша щільність, що дозволяє ефективніше й швидше випаровувати вологу, підвищуючи продуктивність сушарки. З точки зору процесу сушіння, оптимально мати краплі одного розміру, що сприяє рівномірному висиханню усіх частинок. Однак, враховуючи насипну щільність порошку, це не бажано, оскільки це може призвести до утворення порошку з низькою насипною щільністю, що збільшить витрати на його фасування. Щоб відповідати вимогам до процесу сушіння й насипної щільності, розпилення повинне, насамперед, забезпечити:

- велике співвідношення масової частки, що призводить до високої ефективності випару;
- формування часток потрібної форми, розміру та щільності.

Під час соплового розпилення головна роль нагнітальних сопелів полягає в задіюванні енергії, яка направлена помпою високого тиску, у кінетичну енергію, яка створює тонку плівку концентрату. Стійкість цієї плівки залежить від характеристик вихідного концентрату, таких як густина, реакція водної поверхні, щільність та відсоток на одиницю часу.

Спеціально спроектовані низькотискові сопла дає можливість роздрібнення вмісту при загальному об'ємі висушеного елемента 48% та з збільшеним тиском від норми 150-200 бар, не діючи негативно на перетворитись в ціле з агентом порошку.

1.4 Вибір об'єкту управління.

На ПАТ "Тернопільський молокозавод" процес сушіння молока виконується на розпилювальній сушильній установці "Нема-500". Під час сушіння продукт розпилюється та висушується в середовищі гарячого повітря. Знищення вологи з площини дрібних крапель молока відбувається шляхом її випару. Розпилювальне сушіння дозволяє отримати продукт високої якості за рахунок ефективного видалення вологи з поверхні крапель молока, при цьому споживаючи порівняно невелику кількість енергії.

Перед початком процесу сушіння активується основний вентилятор, який пропускає повітря через масляні фільтри в калорифери 1 та 2. У калориферах повітря очищається й нагрівається до температури 165-180°C, після чого проходить через дві щілини в сушильну вежу, що знаходиться під легким вакуумом. У цей період насос постачає згущене молоко на площину розпорошеного паротурбінного приводу розпилювальної сушарки, який обертається зі швидкістю 7,85-8,15 тис. обертів у хвилину. Дискові розпилювачі є більш універсальними у застосуванні порівняно з

форсуночними, оскільки дає можливість бути рівномірному розпиленню коли змінюється витрата згущеного молока. Якщо подали молока на дискові розпилювачі, навіть не потрібно створювати високий тиск. Згущений продукт подається в центральний отвір диска, який з'єднаний із шістьма радіальними каналами. Рідина, що виходить через периферійну частину диска, розпорошується під дією відцентрових сил (з периферійною швидкістю близько 100 м/с). Для досягнення великих обертових швидкостей використовується парова турбіна.

Велика швидкість сушіння зумовлена значною загальною поверхнею крапель молока, що становить при розмірі крапель від 30 до 80 мікрон близько 100-150 м² на 1 літр молока. Під час швидкого випару вологи температура середовища в зоні розпилення зменшується до 75-95°C, що унеможливує сильний тепловий вплив на молочний продукт, також діє як накопичувач біологічно активних елементів у висушеному продукті.

Великі гранули сухого напівфабрикату, аналогічно порошку, опускаються на дно вежі, звідки збираються шкребкам через щілину і потрапляють на шнековий транспортер, а подальше - на сито. Дрібніші частки переносить потік повітря й уловлюються матеріальними фільтрами. Сухе молоко, яке залишилося на фільтрах, видаляється в бункер, а потім - на сито з розміром сітки 2x2 мм.

Просіяне молоко охолоджують на етапі пневмотранспортування до температури 15-20°C. Після охолодження висушені молочні продукти складають і зберігають до моменту відвантаження замовнику. Термін зберігання незбираного сухого молока при температурі 1-10°C не перевищує 10 місяців при вологості продукту не більше 4%, якщо воно герметично упаковане.

Найвища якість готової продукції досягається за допомогою розпилювальних сушарок. Розчинність сформованої суміші є значення 96%.

2 ПРОЕКТНА ЧАСТИНА

2.1 Створення функціональної схеми керування процесом

2.1.1 Засіб для реалізації АСУ.

Для становлення технологічного етапу сушіння молока і молочної сировини пропонується використати програмно-апаратний засіб, функціональна схема якого наведена на рис. 2.1.

Для виробництва традиційного сухого знежиреного та молока, яке попередньо пастералізується, крім того, для кристалізованого концентрату сироватки застосовується процес відцентрового розпилення. Для сипких порошків з високою щільністю та легкою здатністю до розпилення без попереднього ущільнення доцільно застосовувати сопла низького тиску в поєднанні з процесом двоступінчастого сушіння.

Метод розпилювального сушіння є у переробці концентрату в безліч дрібних крапель, які піддаються впливу гарячого повітря.

Сушіння відбувається переважно під час проходження краплі через гаряче повітря. Це відбувається в межах 1 метра від точки розпилення, де випаровування вологи з концентрату забезпечує головну зміну температури гарячого повітря.

Сушильний процес може бути одноступінчастим або двоступінчастим [10].

Для виготовлення сухих молочних продуктів використовують молоко не менше другого сорту з кислотністю не більше 20°T , продукт отриманий в процесі сепарування з вмістом жиру $\leq 40\%$ і кислотністю $\leq 26^{\circ}\text{T}$, а також знежирене молоко і склотини з кислотністю не більше 20°T . Молоко попередньо проходить підготовку, включаючи очищення та охолодження.

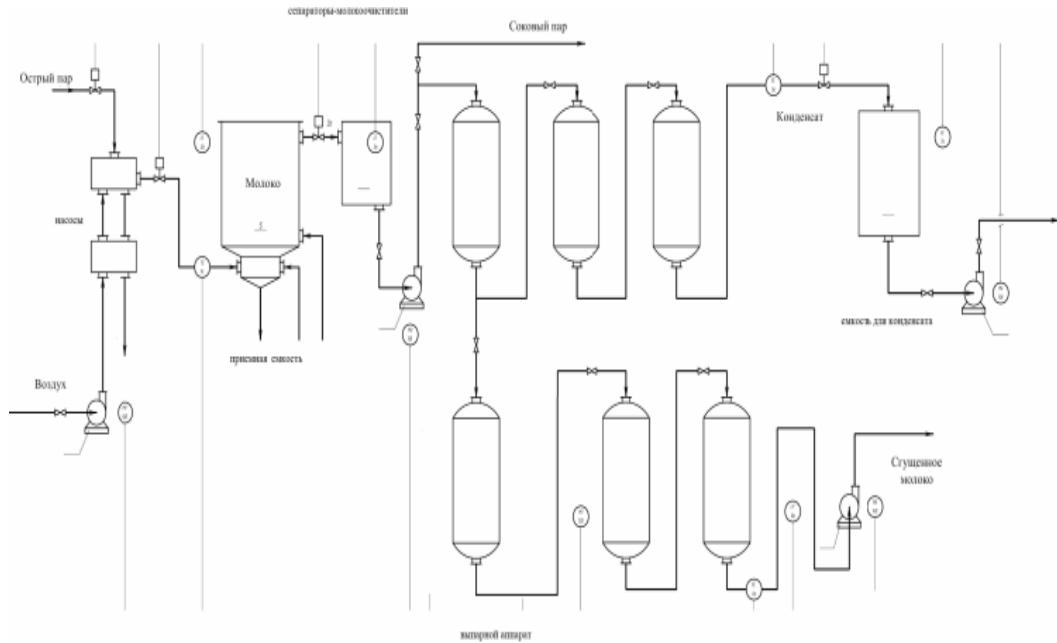


Рис. 2.1 Схема процесу висушення молока

Нормалізацію молока здійснюють методом подачі до нього вершків, знежиреного молока або плазма вершків. У хорошій молочній суміші вміст жиру та СОМО (сухого знежиреного молочного залишку) повинно відповідати показникам готового продукту. Молоко пастеризують при 95°C без подовженої витримки, фільтрують і відправляють на згущення у вакуум-випарну установку.

Основні завдання АСУ процесом сушіння молока полягають у:

- зборі та обробці технологічної інформації, взаємодії з програмованим логічним контролером (ПЛК), елемент збору даних у технологічному процесі та виконавчими механізмами;

- подання технологічного процесу у візуальній формі;
- автоматичне керування температурою повітря на вході шляхом регулювання регуляторного органу, який встановлений на лінії подачі повітря в калорифері; забезпечення стабільної температури повітря на виході з сушильної вежі на заданому рівні;
- збір інформації щодо історії роботи системи та її подання у вигляді

графіків, таблиць, звітів і подібного.

2.1.2 Вибір елементної бази

Використовуються термоперетворювачі ТСМУ / ТСПУ / ТХАУ-205, -205Ех, ТСМУ / ТСПУ-055 зі стандартизованими вихідними сигналами у цьому процесі автоматизації.

Дані засоби вимірювання зареєстровані у Госреєстрі під номером 15200-01 з сертифікатом № 10115.

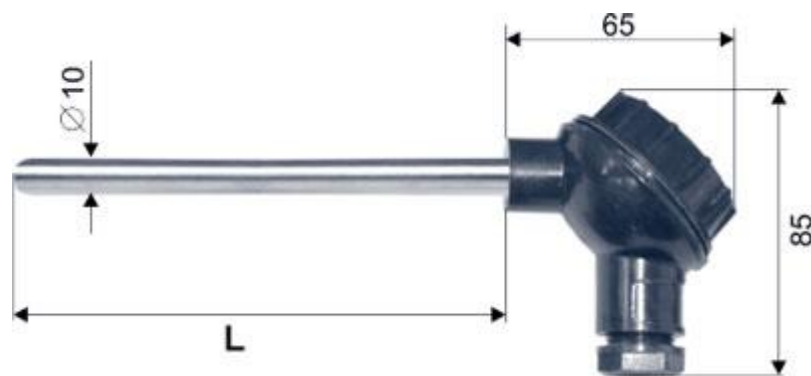


Рис. 2.2 Загальний вид датчика

Мета та сфера використання.

Термоперетворювачі призначені для конвертації температурних значень рідких, газоподібних та сипких речовин в стандартний електричний вихідний сигнал.

Вони забезпечують вимір температури як у нейтральних, так і у агресивних середовищах, які не впливають на матеріал захисних оболонок.

Характеристики конструкції та її переваги.

Термоперетворювач включає в себе первинний перетворювачі вбудованого в головку першого перетворювача вимірювального пристрою (ВП).

В якості первинних перетворювачів використовуються термоперетворювачі опору, такі як НСХ - 100М, 100П, а також

термоелектричні перетворювачі, такі як НСХ - ХА(ДО).

Таблиця 2.1 – Типи термоперетворювачів

Тип термоперетворювача	Основна наведена погрішність, %				
Діапазон температур, °С	Довжина, мм				
ТСМУ-055, ТСМУ-205 (100М)	60	80	100	120	160 i >
-50... +50, -50...+100, 0...+50, 0...+100	—	0,5	0,25	0,25	0,25
-50... +150, 0...+150, 0...+180	—	1,0	0,5	0,25	0,25
ТСПУ-055, ТСПУ-205 (100П)	60	80	100	120	160 i >
-50... +50, 0...+100	—	0,5	0,25	0,25	0,25
-50... +200, 0...+200	—	1,0	0,5	0,25	0,25
0... +300, 0...+400, 0...+500	—	—	1,0	0,5	0,25
ТСПУ-205 (Pt100)	60	80	100	120	160 i >
-50... +50, 0...+50, 0...+100	1,0	0,5	0,25	0,25	0,25
0... +150, 0...+200	—	1,0	0,5	0,25	0,25
0... +300	—	—	1,0	0,5	0,25
ТХАУ-205 (ХА (ДО))	100, 120	160	200	250	300 i >
0... +300, 0...+400, 0...+500, 0...+600	1,5	1,0	0,5	0,5	0,5

Додаткова погрішність, яка виникає внаслідок зміни температури навколишнього середовища від потрібної до будь-якої температури в відстанях зміна робочої температури на кожних 10 °С не перевищує 0,5 меж основної допустимої погрішності.

Вимірювальний перетворювач - це друкована плата з діаметром 43 мм, покрита компаундом з обох сторін, на якій розміщені компоненти електронної схеми.

Вимірювальний перетворювач здійснює конвертацію сигналу першого перетворювача формується стандартизований струмовий вихідний сигнал, що дозволяє створити АСУТП без необхідності використання додаткових нормуючих перетворювачів.

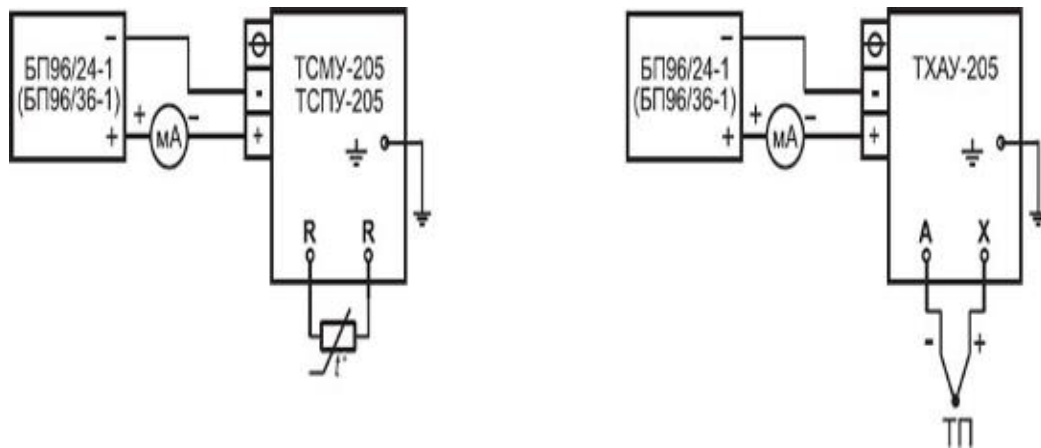


Рис 2.3 Схема підключень

План з'єднання:

У складі вимірювального перетворювача передбачений запобіжник нелінійності вхідного сигналу, а для моделей ТХАУ-205 та ТХАУ-205ЕХ також - запобіжник температури "холодного спаю".

Напруга, що подається на пристрій.

- Напруга, яка може коливатися від 18 до 36 вольтів постійного струму, призначена для використання з термоперетворювачами ТСМУ/ТСПУ/ТХАУ-205 -055.

- "Іскробезпечний електричний ланцюг" рівня "Іа" відповідає вимогам безпеки для вибухонебезпечних НС за ДСТ 12.1. 011. Цей ланцюг має напругу холостого ходу $U_{хх}$ менше 24 вольт та струм короткого замикання $I_{КЗ}$ менше 120 міліампер для термоперетворювачів ТСМУДСПУ/ТХАУ-205Ех.

Термоперетворювачі відмінно переносять динамічні зміни напруги живлення, включаючи переривання живлення тривалістю від 10 мілісекунд до 10 секунд, коливанням $\pm 20\%$ від номінальної напруги протягом 10 мілісекунд до 5 секунд. Споживана потужність не перевищує 0,8 ват-ампер. Ці термоперетворювачі відносяться до групи вібростійких N3 за ДСТ 12997.

Ступінь захисту від пилу та води відповідає IP54 за ДСТ 14254.

Пірометри, що вимірюють випромінювання.

Пірометри випромінювання використовуються для вимірювання температури за допомогою теплового випромінювання нагрітих об'єктів. Верхня межа вимірювання температури пірометра випромінювання майже необмежена. Вимірювання базується на безконтактному методі, що усуває вплив на температурне поле, спричинений введенням датчика приладу у середовище вимірювання. Цей метод дозволяє вимірювати температуру полум'я та високих температур газових потоків при значних швидкостях.

Під впливом тепла нагріте тіло випромінює енергію у формі різних довжин хвиль. При невисоких температурах, до 500 градусів Цельсія, це виявляється у випромінненні інфрачервоних променів. При збільшенні температури спектральний колір нагрітого тіла змінюється від темно-червоного до білого. Збільшення інтенсивності монохроматичного випромінювання із збільшенням температури можна описати відповідними математичними рівняннями.

Молочні насоси серії ТЕН відзначаються надійністю та широким спектром застосування в харчовій промисловості. Вони призначені для перекачування рідин і сумішей з в'язкістю до 1500 сП або рідин з твердими частками, які мають вагу (до 20% твердих часток), діаметр яких не перевищує 30 мм. Головний варіант конструкції з зовнішнім торцевим ущільненням передусім застосовується в галузях хімічної та фармацевтичної промисловості. Також ця модель насоса задіяна з змішувачем ВЛ 120 для змішування порошку з рідиною (наприклад, борошна з водою, порошка з молоком) з метою уникнення утворення грудочок.

Механізм, що виконує функцію, - це молочний насос ТЕН.

Під час вибору насоса найважливішим аспектом є його санітарно-технічні характеристики. Насос пройшов випробування та повністю відповідає стандартам EHEDG (European Hygienic Engineering and Design Group) "Report № V6603".

Характеристики та особливості технічної природи:

- Виготовлено з нержавіючої сталі AISI 316.
- Ротор відкритого типу з трьома лопатками діаметром від 115 мм до максимальних 230 мм.
- Ніпель типу DIN 11851 (стандартний) з фіксатором, на вимогу може постачатися з ніпелем DIN 11864 та іншими типами.
- Електродвигун молочних насосів ТЕН має такі технічні характеристики: 2-4 полюса, клас ізоляції F, ступінь захисту IP55, робоча напруга 400-690 В, трьохфазний, частота 50 Гц, з робочою швидкістю 2900 обертів на хвилину.

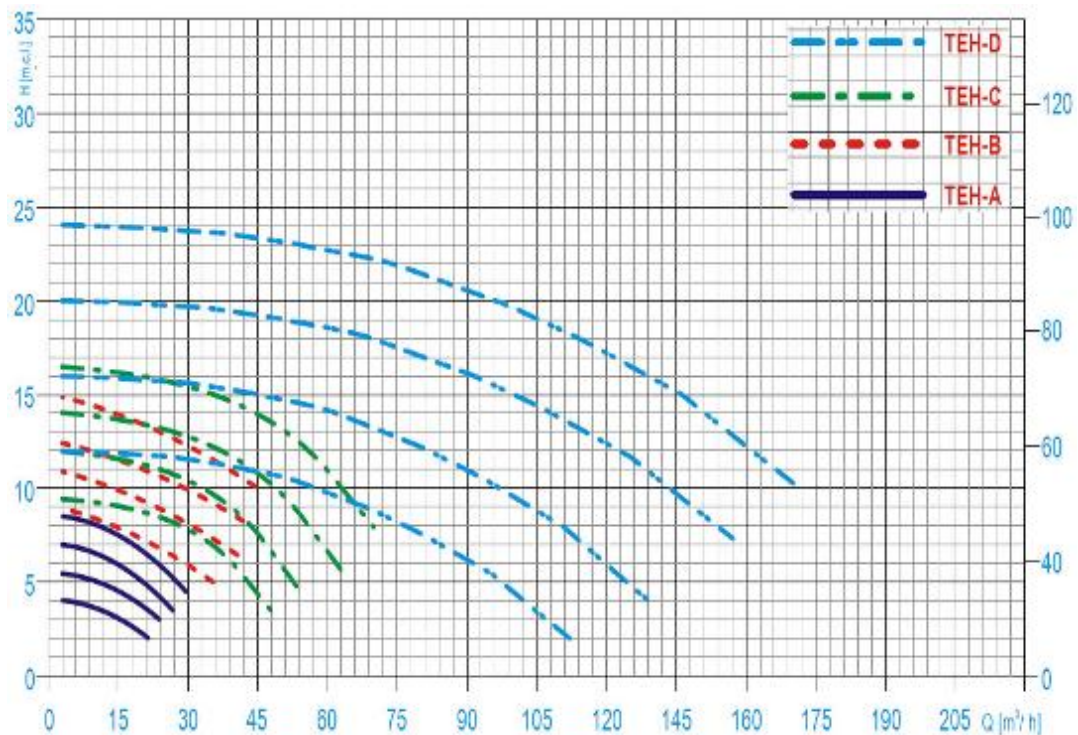


Рис 2.4 –Графік роботи ТЕН

2.2 Структурна схема

Резервний напівфабрикат створюється за допомогою двох методів: розпилювального (аерозольного) і плівкового (контактного).

У розпилювальному методі нормалізоване молоко піддається пастеризації при температурі 90°C , після чого відбувається його згущення у

вакуумних випарних апаратах до вмісту сухої речовини в межах 43-52%. Після цього молоко проймає процес гомогенізації. З гомогенізатора при тій же температурі відправляється у форсунку або на диск сушильної вежі. Сухий продукт з вежі через шнек направляється на фасування.

Існують два типи сушильних установок: дискові, де молоко потрапляє на обертальний диск з високою швидкістю, та форсуночні, де молоко подається у форсунки ротаційним насосом під тиском. У вежі для сушіння молоко розпилюється на дрібні крапельки, які потім направляються вгору, де їх зустрічає потік гарячого повітря з калорифера (з температурою 140...170°C).

Сухі частки молока, що були висушені гарячим повітрям, випадають на дно сушильної вежі. У зоні сушіння температура молока становить приблизно 60°C, що перешкоджає згортанню білка. Повітря, що виходить із сушильної вежі, проходить через фільтри перед видаленням.

Сухий концентрат, який виходить з сушильної вежі, транспортується пневматично до бункера, де його охолоджують до 15-20°C. У відповідності від розчинності, органолептичних властивостей та других показників, сухе молоко по якості ділять на вищий і перший сорт. У молоці вищого сорту, яке було отримане методом розпилення й сушіння, допустима пропорція нерозчинного осаду до 0,2 мол, а для молока першого сорту - до 0,8 мол.

Резервний концентрат упаковують як у невеликі, так і у великі металеві банки й інші контейнери. Щодо сухого молока у порошку, яке використовується як напівфабрикат, його зберігають у бочках або барабанах вагою 20-30 кг. Молоко, яке щільно упаковане, може зберігатися до 8 місяців при температурі 1...10...10°C та вологості повітря в сховищі, що не перевищує 85%. У випадку негерметичного упакування, термін зберігання скорочується лише до 3 місяців.

Під час виробництва швидкорозчинного молока методом сушіння на плівці використовуються вальцеві (барабанні) сушарки.

Продукт, виготовлений цим методом, має меншу якість порівняно з розпилувальним способом. Тому на вальцевих сушарках використовують лише знежирене молоко та склотини. Вальцеві сушарки складаються з двох барабанів, розташованих один над одним на відстані 0,6–1 мм. Усередину барабана подається пар під тиском, а на поверхню обертових барабанів поступово наноситься згущене молоко.

Молоко, коли торкається гарячої поверхні барабанів, починає висихати. Суху плівку молока відділяють ножами, прикріпленими до поверхні вальців, і вона потрапляє у ринву, звідти шнеком подається до млина. У млині плівку розмелюють до порошку. Отриманий сухий порошок, що формується на барабанних сушарках, застосовується в хлібопекарській та інших галузях виробництва.

Також виготовляють сухі вершки без цукру. Вони містять не більше 4% вологи при герметичній упаковці та не більше 7% при негерметичній. Вміст жиру становить не менше 42%.

Швидкорозчинне сухе молоко виробляють за допомогою спеціальних установок, де елементи концентрованого продукту видаляються з вежі та потрапляють у циклони. Тут вони відділяються від повітря і знову подаються в розпилуючу турбіну за допомогою відповідного устаткування. У турбіні сухі частки молока змішуються з краплями згущеного молока, формуючи скупчення більшого розміру, які після висушування будуть вати вид великих розчинних часткок сухого молока.

Створення швидкорозчинного проміжного продукту включає наступні кроки: перш ніж процес розпочнеться, молоко перевіряється на якість і зважується, після чого його очищують та охолоджують. Далі, воно подається у об'єкт для збереження нормалізованої суміші, де може додаватися знежирене молоко або склотини (рідше вершки), в залежності від потреб і специфікацій продукту.

Перед процесом випарювання нормалізовані суміші піддаються

термічній обробці. Спочатку вони підігріваються в підігрівниках до температури 85-86 градусів Цельсія, а потім завершуються підігрівом гострою парою до 140 градусів Цельсія, після чого відбувається охолодження у самовипарнику. Нормалізована суміш, що пройшла теплову обробку, стає більш густою в перших 2-х резервуарах вакуум-випарного пристрою. Вона має масову частку сухих речовин у діапазоні від 46% до 50%. З калоризатора третього корпусу ця суміш направляється на гомогенізацію в одноступінчастому апараті при температурі від 45 до 60 градусів Цельсія і тиску від 10 до 15 МПа. У двоступінчастому апараті тиск становить від 11,5 до 12,5 МПа (P1) та від 2,5 до 3,0 МПа (P2). Гомогенізація сприяє зменшенню кількості жиру на поверхні у готовому продукті в 2-3 рази. В камері для просушки розпилювальованого обладнання (одноступінчасте сушіння) підготовлена й гомогенізована нормалізована суміш висушується гарячим повітрям (температура може бути 165-180 або 140-170 градусів Цельсія, залежно від типу сушильної установки). Частиці продукту, що осідають на дні камери, подаються в систему пневматичного транспорту через вібралоток. Дрібні частки виводяться з камери разом із відпрацьованим повітрям (температура 65-85 градусів Цельсія) у батарею циклонів, де виділяються частки порошку розміром більше 10 мікрометрів. Ефективність очищення в циклоні становить 95,0-97,4 відсотків. Частиці продукту, які збираються в циклонах, подаються в загальну лінію пневматичного транспорту, яка переносить готовий продукт до розвантажувального циклона. При введенні продукту в розвантажувальний циклон він охолоджується на 10-15 градусів Цельсія нижче температури повітря, що відсмоктуються з цеху. З розвантажувального циклона продукт направляється в бункер-накопичувач, звідки його можна відправити на фасування у споживчу тару (пакети з вкладишами з непроникного матеріалу до повітря та вологи) або у транспортну упаковку (паперові мішки, бочки, фанерні барабани з вкладишами з поліетилену). Високий гігроскопічний

потенціал продукту, спричинений його ангідридним станом лактози, вимагає надійного герметизування при фасуванні.

Створення складу та характеристик швидкорозчинних сумішей відбувається у два етапи. У першому етапі, під час згущення, одля вмісту сухих речовин зростає з 11,5% до 48-50%, а на другому етапі, під час сушіння, - від 48-50% до 96%. У першій фазі відбувається збільшення кислотності від 18-20 до 70-80 Т, збільшення в'язкості з 2 до 120 мПа-с, та щільності з 1028 до 1130-1140 кг/м³. Продукт на першому етапі зберігає текучість при температурі випарювання. Під час процесу сушіння, згущений відповідний концентрат перетворюється в сипкий сухий продукт.

Використання мікропроцесорної АСУТП сприяє досягненню наступних цілей: створення якосної продукції, збільшення продуктивності лінії, підвищення надійності роботи обладнання, збільшення продуктивності, забезпечення екологічності та безпеки праці персоналу [14].

Разом із мережевою інфраструктурою, у цій системі застосовується стандартна операційна система Windows 7 для мережі, яка потребує невеликого обсягу пам'яті на вузлі інформаційної системи, а саме на робочому місці оператора (технолога).

Для вирішення цих завдань рекомендується використовувати АСУТП, яка має ієрархічну трьохрівневу структуру (див. мал. 2.1. 4): на нижньому рівні розташовані датчики та виконавчі механізми; на середньому рівні - мікропроцесорна система; на верхньому рівні (оперативного управління) - робоче місце оператора (технолога), зроблене на базі сучасного комп'ютера.

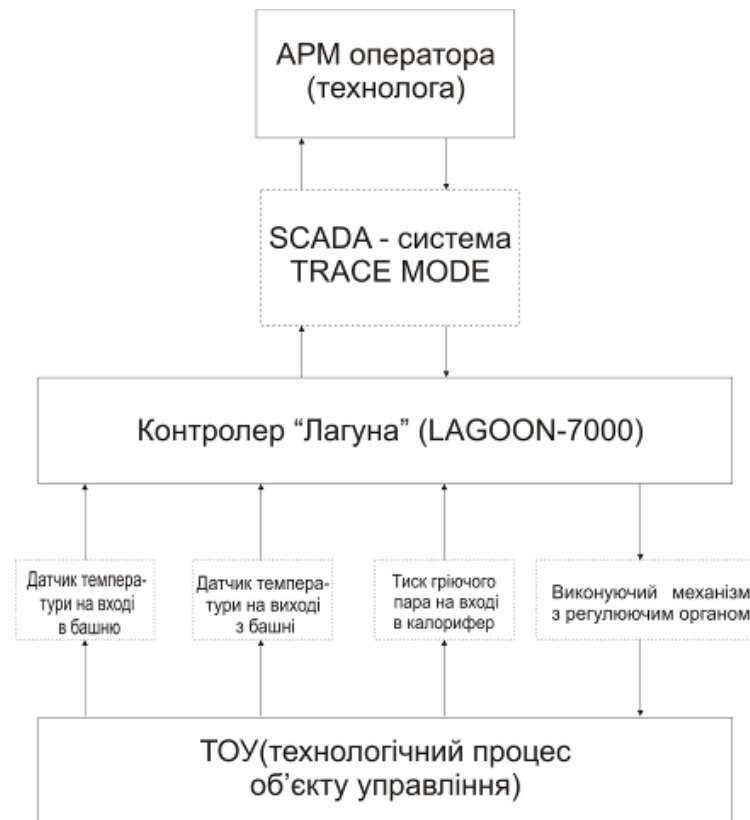


Рис. 2.5. – Взаємозв'язок між об'єктами керування

Робоче місце оператора виконує такі функції:

- забезпечення постійного обміну даними з контролерами.
- аналіз отриманих даних, формування таблиці замірів, а також аналіз стану поточних подій;
- показ отриманих даних у формі табличних даних і мнемосхем з властивістю відображення як загального переліку властивостей, так і властивостей, які стосуються конкретної технологічної підсистеми.
- створення графіків, які відображають тенденції запровадження технологічних процесів;
- управління обладнанням на відстані;
- створення та друк документів для звітності та обліку.

2.3 Схема сигналізації та блокування

Системи електричної сигналізації та блокування призначена для докладного відображення вихідних даних, що виходять за рамки, встановлені технологічним процесом. Схеми блокування допомагають у виявленні та уникненні аварійних ситуацій та нещасних випадків. Технологічна схема сигналізації має забезпечувати одночасне випромінювання світлового і звукового сигналів, можливість вимкнення звукового сигналу за допомогою кнопкового вимикача, а також повторне виконання дії виконавчого пристрою.

Після відключення звукового сигналу шляхом натискання точкового вимикача існує можливість перевірки роботи виконавчих механізмів сигналізації (світлових і звукових) за допомогою одного кнопкового вимикача.

Схема сигналізації процесу виробництва напівфабрикату забезпечує виявлення та сигналізування щодо наступних параметрів:

- Температура при вході в пункт 5 зросла.
- Температура при вході в пункт 5 зменшилася.
- Рівень у пункті 5 перевищено.
- Висота рівня в пункті 6 перевищує задане значення.
- Рівень в позиції 36(2) перевищено.
- Рівень в позиції 36 перевищено.
- Рівень у позиції 55 перевищено.
- Рівень у позиції 57 перевищено.

Послідовність дій схеми:

Сигнальний ланцюг для параметрів працює при напрузі постійного струму 24 В. Тому в схемі потрібний блок живлення, який складається з трансформатора, що зменшує напругу TV1 та діодів, що дозволяють перетворити напругу на постійну VD1-VD4. Напруга, що змінила свій напрямок на постійну подається на лінію 508 сигналізації, що має зв'язок з

загальною лінією 802.

При активації будь-якого з параметрів відбувається замикання відповідного контакту у частині контролера де розміщені дискретних виводи, і світиться лампа накалу НЛ. Додатково, коли приймається позитивний сигнал, елемент VD6 підзаряджає відповідний конденсатор. Після того, як конденсатор зарядиться, відбувається розрядка через обмотку реле KV1, що призводить до активації реле.

Після активації реле, контакт KV1.1 відведе живлення реле, що призведе до його автономного увімкнення. Одночасно розімкнутий контакт KV1.2 активує звукову сигналізацію HA1. Для вимкнення звукової сигналізації використовується кнопковий перемикач SB2. Для перевірки роботи сигналізації використовується кнопковий перемикач SB1. При нажимі даної кнопки плюсовий сигнал подається через діод VD5 на світлову сигналізацію, та проходячи по шляху VD6-C1R1-KV1 активізується звукова сигналізація. Функціонування сигналізації для інших параметрів подібне до описаного вище сценарію. При активації сигналізації спрацьовують всі світлові індикатори, а також вмикається дзвінок.

Графічна частина включає в себе схему сигналізації та блокування.

2.4 Схематичний показ монтажного щиту контролера

Монтажні схеми є документами, які використовуються для проведення монтажних робіт з встановлення приладів та автоматизаційних засобів. Матеріалами, що використовуються для створення монтажних схем, це принципова робота схеми з автоматизації, общее зображення щита, принципові електричні і пневматичні схеми, а також блоку живлення, зовнішніх електричних і трубних проводок, а також інструкції з монтажу та експлуатації приладів і засобів автоматизації.

Рекомендується створювати монтажні схеми щитів та пультів у форматі креслень 24 за стандартом ДСТУ 2301:68.

Встановлюючи схеми щитів і пультів на кресленнях демонструють наступне: конфігурацію монтажної сторони щита або пульта, де зображені прилади, апарати, монтажні вироби, електричні і трубні проводки до них, а також зборки затискачів та інше; розміщення апаратури на передній частині щита або пульта; розгорнуті схеми реле та інших апаратів; та пояснювальні написи.

На кресленнях встановлюючих схем щитів або пультів монтажну сторону відображають без масштабу, але розміщення приладів та апаратів, також клем та інших компонентів має відповідати їхньому реальному розміщенню на щиті. На графічному представленні приладів і апаратів вони відтворюються у спрощеному вигляді, тобто показують лише зовнішні контури, контакти, ламелі та монтаж затискачів. Кожен прилад або апарат, який зображено на монтажній стороні щита або пульта, має свою умовну позначку у вигляді дробу, який розміщений у колі. У чисельнику вказується порядковий номер приладу або апарата згідно монтажної схеми, а в знаменнику - його позначення відповідно до принципової електричної схеми. Якщо відсутнє позначення приладу чи апарата на принципових електричних або пневматичних схемах, то у знаменнику зазначається їхня позиція відповідно до замовлених специфікацій. На монтажній схемі порядкові номери для кожної панелі надаються відповідно до розташування панелі, починаючи з лівого верхнього кута і закінчуючи правим нижнім кутом.

Монтажні схеми щитів і пультів можуть бути створені за допомогою графічного, адресного або табличного методів. В даний час переважна більшість монтажних схем щитів і пультів розробляються відповідно до адресного методу.

У випадку адресного методу замість графічного зображення внутрішніх шдяхів усіх з'єднання між робочими частинами, зборками затискачів і пневмоклеммінгами відображаються як прямі лінії з підписом адрес, що вказують на них. Адресою служить номер, який був наданий

приладу, апарату, збірці клем або пневмоклемній блок на монтажній схемі.

Зображення внутрішніх з'єднань виконується за допомогою зустрічного адресування, яке передбачає проведення прямих відрізків від вивідних затискачів, ламелей і штуцерів. На кінцях цих відрізків вказується напрямок з'єднання проводів (адреса). Над кожним відрізком цих ліній розміщується ідентифікація елементів відповідно до принципів електричних та пневматичних схем. З кожного з'єднання пневмоклемника малюється пряма лінія, на кінці якої зазначається напрямок (адреса) приладів і апаратів.

Всі відрізки, які відтворюють проводку в трубі, мають бути однакової довжини, з чітким та упорядкованим маркуванням.

Петлеві перемички зображуються графічним методом всередині одного апарата; між освітленням та показом даних, які розташовані поруч; між сигнальними лампами та кнопками, якщо вони розташовані на відстані не більше 100 мм одна від одної; між запобіжником і контактним вимикачем, які розташовані в межах однієї стінки щита.

2.5 Схематична блок-схема індикації.

На молокозаводі розміщено шість казанів, в яких варять молоко. Для контролю температури у відповідному робочому процесі ми використали всі 12 аналогових входів, два з чотирьох дискретних входів та всі 16 дискретних виходів.

Особливості конструкції включають відстеження обриву термопари, автоматичне перевищення температури, припинення нагрівання при вимкненні приладу, можливість оператору самостійно контролювати процес без перенастроювання приладу, а також можливість визначення часу процесу кожної хвилини.

У всіх схемах представлених у форматі A1, на першій сторінці зазначено розташування всіх частин у щиті, на другій сторінці - особливості підключення з урахуванням фазового розподілу, на третій - повна електрична

принципова схема, на четвертій - принципова схема, що працює на 24В, а на п'ятій - панель з 25 світлодіодами, що відображають стан процесу, 6 перемикачів для регулювання температурних режимів та 2 кнопки для перевірки та скидання світлової і звукової сигналізації.

2.6 Аналіз управляючого об'єкта

Оцінка технологічної системи як об'єкта управління дозволила розробити комплекс критеріїв, які повністю відображають результативність робочого процесу створення запасного напівфабрикату.

Результати огляду зони управління – сушильного пристрою "Нема-500", а також аналіз наукових даних [11-17, 22, 29-33] підтверджують, що вологість сухого молока та молочних продуктів є найбільш вагомим критерієм ефективності технологічного процесу сушіння, а також основним показником якості готової продукції.

Для управління методу висушування у роздрібнюючих висушувальних пристроях можна використовувати дві автоматичні схеми регулювання: за прямим налаштуванням – ступінь зволоження висушеного продукту, який виходить з висушальної башні, або за непрямим налаштуванням - ступінь зволоження висушеної сировини до температури вихідного значення.

Наразі доступні прилади для моніторингу вологості в реальному часі. Проте ці прилади характеризуються низькою надійністю, і їх використання у регулюючому контурі може призвести до неочікуваних наслідків. Тому для управління процесом використовується індиректний параметр - температура повітря на виході з сушарного вузла.

Дослідження, проведені Тихомировою Г. П. [33] та Брусиловським [34], підтверджують взаємозв'язок між вологістю сухого молока та температурою вихідного повітря. Кореляційний коефіцієнт між цими показниками збільшується за умов постійних вхідних параметрів гарячого

повітря, таких як обсяг Q_i , вологовміст W_v та температура t . При сталих вхідних параметрах продукту (об'ємний потік Q_{in} , вологість W_{in} і температура t_{In}) цей коеф. наближається до 1.

Вираз, що описує зв'язок між параметрами W_{2p} та t_{2B} , має вигляд:

$$W_{2p} = A - B t_{2B} \quad (2.6. 1)$$

де W_{2p} — вологість виробу., %; t_{2B} — температура вихідного повітря, в градусах Цельсія.

Тому для автоматичного контролю процесу сушіння використовується косвенний показник - температура виходячого повітря з сушильної вежі. Вологість у сухому молоці та температура повітря, яка відводиться, взаємозалежні

$$W_2 = A - B * t_2, (2.6. 2)$$

де

W_2 - вологість у сухому молоці, %;

t_2 - температура повітря, яке відпрацьовано З; А и В - коефіцієнти регресії.

Під час сушіння незбираного молока в сушильному обладнанні «Німа - 500» коли температура повітря в діапазоні від 60 до 75 градусів Цельсія, ця залежність проявляється у такому вигляді[35]:

$$W_2 = 16,5 - 0,2 * t_2 \quad (2.6. 3)$$

Температура гарячого повітря для парових калориферів досягається шляхом регулювання тиску пари, яка нагріває радіатор.

Характеристики об'єктів регулювання, які стосуються сушильних установок «Нема-500», включають як статичні, так і динамічні властивості, які будуть наведені нижче.

Характеристика сушильної вежі в залежності від потоку Q_{in} та температури t_{2B}

$$t_{2b} = t_{oc} - K_{вс} Q \quad (2.6.4)$$

де t_{2b} вказує на температуру виходячого повітря., $^{\circ}\text{З}$;
 $K_{пс}$ - визначає коефіцієнт передачі об'єкта. К-ч/ кг ($K_{пс} = 0,0255$) ;
 $Q_{п}$ - об'єм згущеного молока, який проходить через систему., кг/ч ; t_{oc} -
 фіксована константа., $^{\circ}\text{З}$ ($t_{oc} = 90$).

Статична характеристика калорифера для каналу $p_k \rightarrow t_i$:

$$t_{ib} = t_{0K} + K_{пк} P \quad (2.6.5)$$

де t - представляє температуру гарячого повітря., $^{\circ}\text{З}$; $K_{пк}$ - описує
 коефіцієнт підсилення системи ($K_{пк} = 34$); p_k - позначає тиск пари, яка
 нагріває Мпа ; t_{0K} - вказує на постійну величину., $^{\circ}\text{З}$ ($t_{0K} = 126,5$).

Вологість виробленого продукту має залишатися на постійному рівні з
 точністю до $\pm 0,5\%$, що дорівнює температурі вихідного повітря в діапазоні
 $\pm 2,5^{\circ}\text{С}$. У той час температура поступаючого теплого повітря повинна
 залишатися стабільною з точністю $\pm 4,8^{\circ}\text{С}$ і коливання вологості згущеного
 молока не мають перевищувати $\pm 2\%$ від норми.

Практично вологість згущеного молока може змінюватися в більших
 межах, тому при створенні АСУ температур вхідного та вихідного повітря
 рекомендується прийняти менші відхилення регульованих параметрів,
 зокрема $\Delta t_1 = \pm 3^{\circ}\text{С}$ та $\Delta t_2 = \pm 2^{\circ}\text{С}$.

Формули (2.6.2) і (2.6.3) можна використовувати для діапазонів $Q_{п}$ від
 450 до 1150 кг вологи, що випаровується протягом часу, і для p_k від 0,32 до
 1,18 МПа . На заводі ПАТ "ТМК" витрата згущеного молока коливається від
 990 до 1000 кг на годину, а тиск пари, що нагріває калорифер, знаходиться в
 діапазоні від 1,0 до 1,05 МПа . Ці параметри дозволяють використовувати
 залежності (2.6.3) - (2.6.5), як зазначено у цій роботі. (примітка: 760 мм рт. ст.
 $= 101325 \text{ Па}$)

Під час досліджень встановлено, що існують чинники, що впливають
 на основний показник якості виготовленої продукції - вологість сухого

молока. Виявлено, що ефективно управління сушильною установкою, що включає калорифер для нагрівання повітря до 160-180°C та сушильну вежу, доцільно здійснювати на основі непрямого параметра - температури повітря на зоні виходу з сушильної камери, оскільки цей параметр є найбільш доступним для контролю.

За допомогою АСУ необхідно забезпечити температуру повітря на виході сушильної вежі у діапазоні 65-70°C, щоб забезпечити вологість готового продукту на рівні 3-3,2%.

Під час виготовлення сухих продуктів з молока у розпилювальному сушильному обладнанні необхідно досягти встановленого рівня вологості готового продукту та підтримати продуктивність установки [31]. Досягнення заданої продуктивності установки зазвичай відбувається шляхом регулювання температури теплого повітря, що поступає з калорифера. Збільшення температури повітря, що вводиться в сушильну камеру, обмежено ризиком самозаймання проміжного продукту, а зниження температури призводить до збільшення витрат теплоносія на 1 тону випарованої вологи. Зниження об'єму повітря також обмежене ризиком самому спалахнути напівфабрикату, а збільшення об'єму призводить до збільшення втрат продукту.

Для автоматизованого вирівнювання роботи обладнання на ПАТ "ТМК" використовується схема, яка передбачає використання проміжного резервуару для зберігання згущеного молока між установками для згущення та сушіння. В цьому випадку зміна обсягу згущеного молока, яке подається з резервуара на розпилювальну сушильну установку, не впливає на роботу установки для згущення молока. Погодженість продуктивності установок згущення та сушіння оцінюється за зміною рівня молока в поточному резервуарі. Якщо рівень молока залишається сталим, це свідчить про погодженість продуктивностей; у випадку його зниження продуктивність установки для сушіння перевищує продуктивність установки для згущення, і

навпаки. Рівень молока в проміжному резервуарі є важливим фактором, що впливає на продуктивність як установки для згущення, так і для сушіння, керівники керуються цим показником при управлінні обома процесами.

Було проведено оцінку ефективності налагодження продуктивності сушарки шляхом зміни температури повітря, що входить у сушильну вежу, як у випадку одноступінчастого, так і двоступінчастого процесів сушіння згущеного молока. Виявлено, що зі збільшенням температури повітря на вході в сушильну камеру спостерігається зниження споживання теплової енергії у всьому діапазоні зміни вмісту вологи в продукті, що випускається. Сушіння молока до вмісту вологи від 8% до 10% є більш економічним у розпилювальній сушарці, тоді як для додаткового висушування продукту до вмісту вологи в 4% вигідніше використовувати виброконвективну сушарку.

Під час процесу розпилювальної сушіння можливі коливання масової частки вологи в готовому продукті на виході з установки. Для уникнення цих коливань використовується комплект обладнання та пристроїв для контролю та підтримки температури теплоносія, що використовується. Контроль регулювання здійснюється через зміну об'єму витрати сировини [19].

Принцип роботи системи управління залежить від внутрішніх процесів, на які впливають зовнішні фактори. У відділу автоматики управління частина цих зовнішніх впливів представлена інформацією про поставлену мету регулювання. Ці впливи можуть бути згенеровані самим регулятором або задані оператором.

На ПАТ "Тернопільський молокозавод" були зібрані дані про вхідні та вихідні параметри процесів висушення молочної сировини у сушильному приладі "Нема-500" шляхом проведення експериментів. Показники послідовного процесу сушіння молока та молочних продуктів були записані кожні 3 хвилини протягом 2,5 години. Всього було проведено 15 експериментів.

Була проведена статистична обробка досліджень, що проводяться в

експериментальному порядкусушильної установки "Нема-500". Були розраховані математичне сподівання, розчинність, а також створені криві залежностей вхідних і вихідних величин сушильної башні (рис. 2.6 - 2.11).

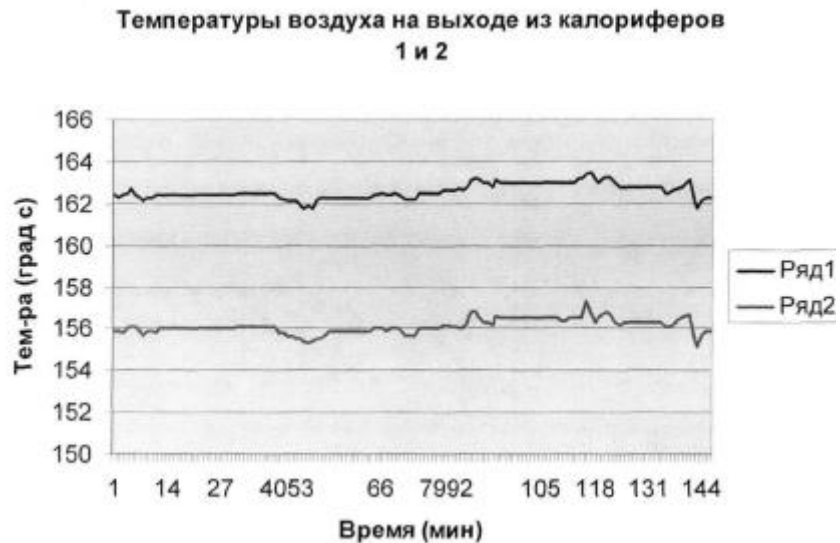


Рис. 2.6 - Графіки температур вихідного повітря з калориферів №1 та №2.



Рис. 2.7 -Графіки відхилень температур вихідного повітря з калориферів №1 та №2 від середніх значень.



Рис. 2.8 -Графік показує середню температуру повітря, яке входить у сушильну вежу



Рис. 2.9 -Цей графік демонструє різницю між середньою температурою повітря на вході в сушильну вежу та її математичним очікуванням.



Рис. 2.10 -Цей графік відображає температуру повітря, яке виходить з сушильної вежі.



Рис. 2.11 -Цей графік показує різницю між температурою повітря на виході з сушильної вежі та середньою температурою.

Статистичні властивості вхідних і вихідних параметрів сушильної вежі:

1. Середнє значення температури повітря (СЗТП) на виході з калорифера 1 за реалізацію склало $164,24^{\circ}\text{C}$.;
2. СЗТП на виході з калорифера 2 за реалізацію становить $155,60^{\circ}\text{C}$.;
3. СЗТП на виході з сушильної вежі за реалізацію складає $68,06^{\circ}\text{C}$.
4. У середньому кількість обертів парової турбіни за реалізацію становить 8070 обертів на хвилину;

5. Середнє значення тиску пари, яка нагріває калорифер 1, складає 7,55 МПа.;
6. Середнє значення тиску пари, яка нагріває калорифер 1, становить 7,44 МПа.;
7. Розмах значень температури повітря (РЗТП) на виході з калорифера 1 складає 13,42°C.;
8. РЗТП на виході з калорифера 2 складає 0,31°C.;
9. РЗТП на виході з сушильної вежі склала 7,43°C.;
10. Розмах значень для кількості обертів парової турбіни дорівнює 0,0 обертів за хвилину.;

11. Розмах значень для тиску пари, що нагріває калорифер 1, становить 0,02 МПа.;

12. Розмах значень для тиску пари, що нагріває калорифер 2, становить - 0,05 МПа.;

13. Коефіцієнт кореляції (КК) між реалізаціями температури повітря на виході з калориферів 1 й 2 - 0,956;

14. КК між середньою температурою на вході в сушильну вежу та температурою на виході складає 0,0659.

На рисунку 2.12 наведено основні вхідні та вихідні параметри, а також зовнішні фактори, які впливають на роботу сушильної установки, що складається з сушильної вежі та двох калориферів.

Параметрами вхідних калориферів є тиск пари, що постачається, на вхід кожного з калориферів: $P_{гр_пари_1}$ та $P_{гр_пари_2}$.

1. Вихідними параметрами для калориферів є значення температури повітря на виході з кожного калорифера:
2. Температура гарячого повітря (ТГП) на виході з калорифера 1, яка є вхідною для сушильної вежі, позначається як t_i' .

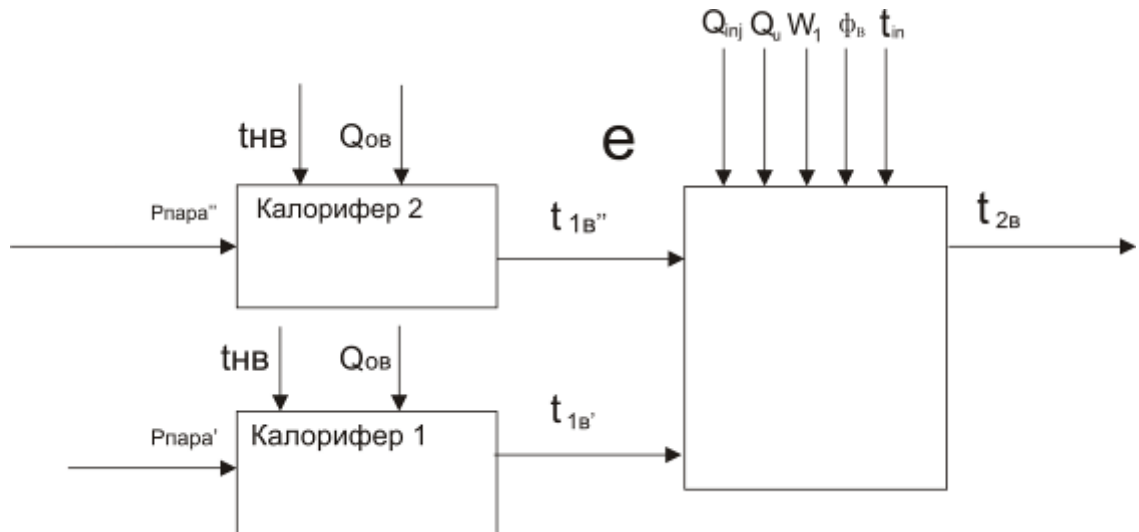


Рис. 2.12 -Схематичне представлення параметрів сушильної установки.

2. ТГП на виході з обігрівача 2, яка виступає вхідною для сушильної вежі, позначається як $t_{1в}''$.

Факторами, які впливають на роботу калориферів, є:

- T - навколишнього середовища у зоні роботи – $t_{нв}$;
- витрата повітря навколишнього середовища - $Q_{ов}$.

Параметрами, що впливають, для сушильної вежі є:

3. Температура, витрата та вологість (ТВВ) гарячого повітря на початку роботи сушильної башні - $t_{1в}'$, - $t_{1в}''$, Q_u , ϕ_b ;

4. ТВВ згущеного молока на початку роботи в сушильній башні - t_{in} , $Q_{inj} < P_{in}$;

- дія пару на турбіну- $r_{пр}$;

Дані, що виходять з висушильної башні є:

- T_n - на виході з сушильної башні - $t_{2в}$.

За даними результатів об'єкта управління побудовано структурну схему сушильної установки, яка дає можливість спостерігати за динамічними властивостями об'єкта за каналами керування та збурювань (рис. 2.13).

На цьому об'єкті керування можна виділити керуючі впливи та впливи, що збурюють. Керуючими впливами є розхід сировини, а також T і розхід

повітря. На ПАТ "Тернопільський молокозавод" зробено аналіз досліджень у яких елементом керування був об'єкт регулювання температури повітря на початку поступлення в висушительну башню.

Інші параметри розглядаються як збурюючі. Природа цих збурюючих впливів є випадковою, таким чином на елемент керування діють неконтрольовані впливи, які можуть бути такими що їхній вплив сумується.

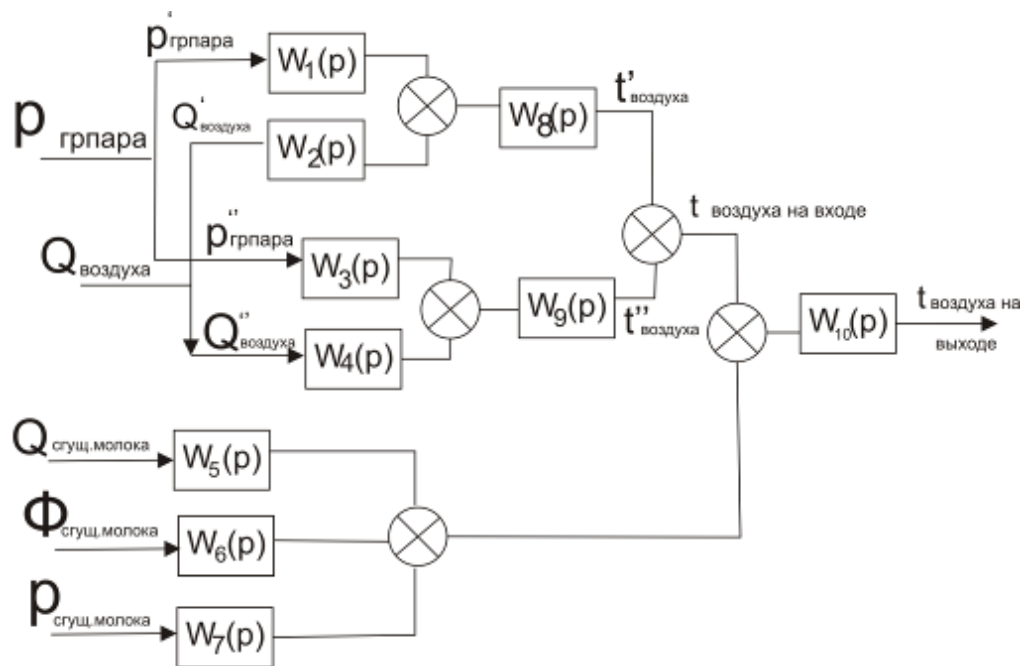


Рис. 2.13 – Схема управління сушильного пристрою

Таким чином, в цьому випадку доцільно замінити всі неконтрольовані збурювання одним еквівалентним вектором впливів, що обурюють.(рис. 2.14)

Аналіз об'єкта керування показав, що для забезпечення вологості напівфабрикату у межах 3-3,2%, достатньо підтримувати температуру на виході із сушильної вежі в діапазоні 65-75°C. Також важливо, щоб вологість згущеного молока, яке поступає в сушильну установку, залишалася в рамках 58-52% (42-48% у термінах концентрації сухих речовин), а оберти розпилувального диска складали 8 тисяч у хвилину. Такий діапазон температур дозволить забезпечити можливість підтримувати систему

автоматичного регулювання вологості готового продукту. В цій системі використовується цифровий регулятор, який базується на мікропроцесорному контролері.



Рис. 2.14 -Параметрична схема сушильної вежі в еквівалентному вигляді.

Аналіз функціонування сушильної установки показав, що досягнення стабільного режиму роботи сушильної вежі є завданням складним, оскільки введення сировини (згущеного молока) у сушильну вежу характеризується нерівномірністю як за кількістю, так і за якістю (вологість і температура), що призводить до появи перехідних процесів у системі (рис. 2.15).

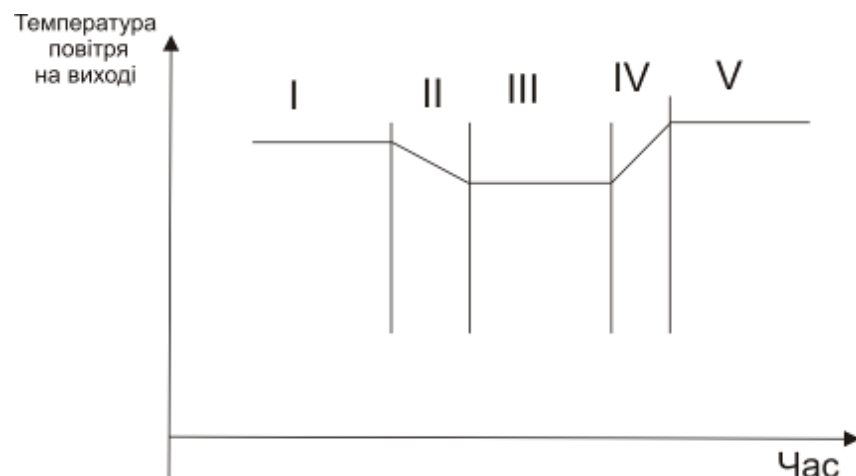


Рис. 2.15 - Типові сегменти технологічного процесу висушіння

збереженого продукту.

Розглянемо типові етапи послідовного процесу виготовлення напівфабрикату:

- ділянка I - стабільний режим;
- ділянка II – збільшення вмісту вологи сухої сировини викликало зменшення температури повітря, що виходить із сушильної башні, що в свою чергу призвело до погіршення якості виробу;
- ділянка III - стаціонарний режим;
- ділянка IV - спадання вмісту вологи сухої сировини призвело до збільшення температури повітря, що виходить із сушильної башні, що в свою чергу призвело до виникнення втрат через спалення готового виробу.;
- ділянка V - стабільний режим.

3 СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА

3.1 Створення математичної моделі керованого об'єкта

Засоби обчислювальної техніки дозволяють створювати моделі різноманітних систем, які можуть бути описані не алгебраїчними або диференціальними рівняннями, а через машинну імітацію їхньої роботи у формі простого алгоритму.

У цьому сценарії використовується імітаційне моделювання, яке передбачає відтворення на комп'ютері поведінки контрольованої виробничої системи, складних технологічних комплексів і процесів, які неможливо легко вивчити за допомогою прямих експериментів або аналітичних методів. Для створення імітаційних моделей, окрім універсальних мов програмування, використовують відповідні до потреб виробництва мови для масштабного опису середовища та створення подібності моделі[18].

В процесі розробки АСУ сушіння серовини у розпилювальних сушильних пристроях слід забезпечити досягнення необхідної вологості продукту та продуктивності обладнання. У процесі автоматизованого керування сушильним пристроєм покажемо два ключові параметри: ступінь зволоження готового продукту на виході з сушильної вежі та T теплого повітря на виході з обігрівача.

При виготовленні сухих молочних продуктів можливі коливання значень параметрів технологічного процесу, що призводить до відхилень від стандартних умов експлуатації. АСУ гарантує збереження параметрів технологічного процесу в заданому діапазоні значень. У нашому сценарії об'єктом контролю є сушильна установка, яка складається з сушильної вежі та калорифера для підігріву повітря.

Процес висушування вологих предметів є загальним явищем як у природі, так і в побуті, де повітря є звичайним носієм цього процесу. Інтенсивність сушіння зазвичай залежить від температури та швидкості руху

повітря, більш висока температура та швидкість сприяють більш швидкому висушуванню.

При виробництві молочних виробів для сушіння використовується чисте повітря, яке, на відміну від випарювання під вакуумом, застосовується переважно при атмосферному тиску. Під час сушіння волога поглинається та переноситься повітрям. Обсяг поглиненої вологою повітря залежить від характеристик повітря та його властивість для розчинення.

Під час конвекційного сушіння повітря не лише поглинає та транспортує вологу, але й діє як джерело тепла, необхідного для перетворення води на пару. Така подвійна роль повітря як забирач вологості і провідник тепла створює матмодель об'єкта керування [21, 23].

Щоб визначитися в оптимальній структурі неоднорідного та нестационарного матеріального потоку в технічній системі виробництва молока доцільно використовувати комплексні імітаційні моделі виробництва. Він відтворює різні зразки моделі на вашому комп'ютері та оцінює їх оптимальність з точки зору: Вихід і якість кінцевого продукту, раціональність використання сировини, оптимізація технологічних прийомів.

Розробка дослідницької моделі діяльності підприємства, що відтворює різні технічні ситуації, що виникають під час комплексної переробки сировини в певну номенклатуру продукції, базується на таких основних принципах:

- доцільно відображати структуру властивостей і властивостей багатокomпонентних технологічних процесів, з можливістю зміни параметрів процесів, що відтворюються на досліджуваній території;

- максимально використовує апріорну інформацію про об'єкти та оптимально розподіляє функції між людьми та машинами, забезпечуючи менший вхід оператора на етапі моделювання процесу прийняття рішень;

- гнучка гнучкість та самоорганізування моделі, які використовуються для відновлення, доповнювання та складання функцій.

Процес висихання молока та молочних виробів відбувається, так би мовити, у сушарному спорядженні [24].

Очищення свіжого повітря з температурам t_0 і вологою температурою d_0 призводить до вентиляції 1 в Калорифері 2, в якому, коли постійною вологістю нагрівається, падає молоко, а потім, знизу, у посушливу башту 3, в якій на верхній частині згорткового диску 4 падає молоко.

Повітряна маса, яка завершила свою роботу, виходить із висушальної башні з t_2 параметрами d_2 . Залишимо вираз матбалансу етапу висушіння:

$$G_H = G_k + U, \quad (3.0)$$

де

G_k - об'єм сухої сировини, що поступає із пристрою висушення з кінцевою вологістю $W_k(\%)$, кг/з;

U – об'єм видаленої вологості з сировини, кг/с.

Далі опишемо формулу матбалансу, враховуючи, що об'єм сухої сировини в матеріалі в процесі висушіння сталий.

Отримаємо об'єм знищеної вологи

$$U = G_k \frac{W_H - W_K}{100 - W_H}. \quad (3.1).$$

Розрахуємо матбаланс висушального пристрою.

Сировина, що має вологість G_U . Сировина, яка висушена G_k

Додавши вхідні й вихідні об'єми, маємо

$$L + Ld_0 \cdot 10^{-3} + G_H = L + Ld_2 \cdot 10^{-3} + G_k, \quad (3.2)$$

або

$$G_H - G_k = L(d_2 - d_0) \cdot 10^{-3}.$$

Тоді з (3.2) запишемо подальший результат,

$$U = L \frac{d_2 - d_0}{1000}, \quad (3.3)$$

Розхідний об'єм повітря,

$$L = U \frac{1000}{d_2 - d_0}. \quad (3.4)$$

Поділ на U,

$$l = L/U, \quad (3.5)$$

У даному контексті розхід повітря в гарячій башні є значенням кількості висушеного повітря, потрібного для знищення тисячі грам вологи з сировини.

Тоді:

- Наша сушильна башня є об'єктом із конкретними властивостями.
- Кінетична енергія часток зовнішнього середовища коливається від стартового значення T_i на вході в просушувальну башню до T_g на виході за прямолінійною формулою.
- Етап створення згущеного в сухе молоко триває від 1,5 сек до 2 сек.

Створимо графік залежності техпроцесу висушення молока, застосовуючи формулу балансу теплоти. Якщо невраховувати втратами тепла в зовнішній простір через корпус сушильної башні, тому що вони мають теплоізоляцію [16].

$$Q_1 + Q_2 = Q_3 + Q_4, \quad (3.6)$$

де

Q_1 – енергія з додатнім значення, що поступає в колону

Q_2 - енергія з додатнім значення, де згущене молоко віддає в висушній колоні,

Q3- - енергія з додатнім значення, що одержує висушене молоко

Q4 - енергія з додатнім значення, що віддає після охолодження.

Таким чином,

$$Q1=L*I1, \quad (3.7)$$

$$Q2=Gn*C2*T2, \quad (3.8)$$

$$Q3=Gk*C3*T3, \quad (3.9)$$

$$Q4=L*I2, \quad (3.10)$$

де

C2 і C3 – обем енергії на масову частку згущеного й сухого молока (Дж/кг),

I1 й I2 – виконана системою робота вхідного й вихідного повітря, (Дж/(кг)),

T2 і T3 – вхідне та вихідне значення темп. пов., C⁰.

Головна мета висушення є у знищенні вологості з сировини, яка дає можливість змінити стан вологи на пар. Тому потрібно енергія для даного процесу, що не обчислена у формулі теплового балансу. Коли в даному процесі утворилась пара вона має усю дану енергію тепла, що була задіяна на створення, далі відповідна пара змішується з повітрям, і не пернетворюючи при цьому значення тепловмісткості повітря.

Тому, напишемо отримане рівняння теплового балансу:

$$LI1+Ghc2*T2=Gkc3+LI2, \quad (3.11)$$

Задіявши рівняння (3.11) та T3, будемо мати формулу, що характеризує статистику техпроцесу висушення молока.

В подальшому, визначаючи параметри теплофізичні та кориктуючи їх в відповідних відхиленнях, можна визначити табличні дані статичних характеристик, що характеризують будь-які режими роботи висушильної башні.

- Було також досліджено динамічні характеристики регульованих

об'єктів, як сушильна башня та калорифер, через відповідні лінії:

- Межі виробництва згущеного молока - температура повітря на виході з сушильної башні;
- Сила на одиницю площі пару, на вході калорифера - T -повітря при виході з обігрівача.

Додатково було досліджено такі лінії:

- кількість повітря при вході в висушильну башню – T - повітря при виході з висушильної башні;
- T - повітря у вході в висушильну башню - температура повітря при виході з висушильної башні;
- вміст води у згущеному молоці - температура повітря на виході;
- T згущмолока - T повітря при виході з висушильної башні.

У дослідженнях спостерігали за роботою сушильного пристрою "Нема-500", і було визначено перехідні властивості об'єкта регулювання через різні лінії. Дані дослідження було задіяно у налаштуваннях властивостей стандартних регуляторів.

3.2 Рівні АСУ контролю вологості продукції подальшої обробки за лініями управління.

Виробнича лінія з одноконтурною АСУ рис. 3.1. Містить елементи:

АР – елемент керування, що генерує виконавчий сигнал для зміни вихідного параметра, УМ – елемент керування, в якому є збільшення потужності сигналу, ИМ – елемент управління, що створює механічне переміщення, РО – елемент контролю, розміщений перед органом регулювання, СОУ – елемент управління, що забезпечує керування параметрів, Д – давач, НП – елемент контролю, що створює сигнал у потрібну для управління форму, ЗД – задаючий сигнал, ЭС – елемент контролю, який здійснює порівнює між корегуючим сигналом з еталонним.

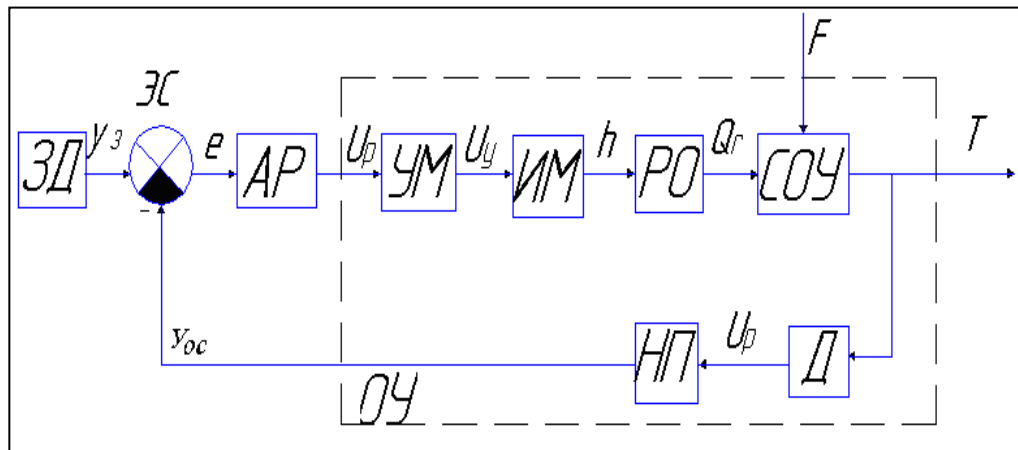


Рис 3.1 – схематичне зображення роботи АСУ

Де U_z – сигнал, який задається,

e – похибка керування,

U_p - вихідна напруга регулятора,

U_y - управляюча напруга,

h - зміна положення керованого органу,

Q_r - використання потрібної енергії,

F – сигнал, що змінює параметри,

T – параметр який контролюємо (температура),

U_{oc} - значення параметру зворотного зв'язку.

Потрібні налаштування до заводських систем управління:

- Заводська АСУ задає стабільне керування процесу на межі повного діапазона завантаження системи;

- Керуюча система в робочій зоні визначає потрібну якість процесів керування для надійної роботи;

- Керуюча система стабільно служить на протязі усього часу з відповідною точністю. Також система дає нульову статичну похибку. Потрібно встановити режим роботи системи надійним при відхиленні від потрібних параметрів у дозволених межах.

Дані зауваження потрібно виконувати, якщо керуючий елемент є стаціонарним або його зміна властивостей невелика та стабілізується за рахунок стійкості системи.

3.3 Стабільна робота керованого об'єкта

Розрахунок перехідної функції

У роботі задіяно програмне забезпечення Mathcad. В результаті обчислень передаточної функції визначимо перехідну у системі

$$\begin{array}{l}
 \left(\begin{array}{l} 0 \\ 10 \\ 20 \\ 30 \\ 40 \\ 50 \\ 60 \\ 70 \\ 80 \\ 90 \\ 100 \\ 110 \\ 120 \\ 130 \end{array} \right) t1 := \begin{array}{l} \Delta y := 10 \quad \Delta x := 10 \\ k := \frac{\Delta y}{\Delta x} \quad k = 1 \\ k := 1.6 \\ \tau := 15 \\ T := 50 \\ W(p) := \frac{k \cdot e^{-\tau \cdot p}}{T \cdot p + 1} \\ \frac{W(p)}{p} \left| \begin{array}{l} \text{invlaplace, } p \\ \text{float, } 2 \end{array} \right. \rightarrow -1.0 \Phi(t - 15.0) \cdot (1.6 e^{-0.02 \cdot t + 0.3} - 1.6) \\ h(t) := -1.0 \Phi(t - 15.0) \cdot (1.6 e^{-0.02 \cdot t + 0.3} - 1.6) \end{array}
 \end{array}$$

В процесі обчислень встановили криву перехідного процесу. Далі генеруємо графіки дослідницької та розрахункової перехідної функції.

1- розрахункова функція $h(t)$; 2 - дослідницька функція (перехідного процесу)

$y(t)$

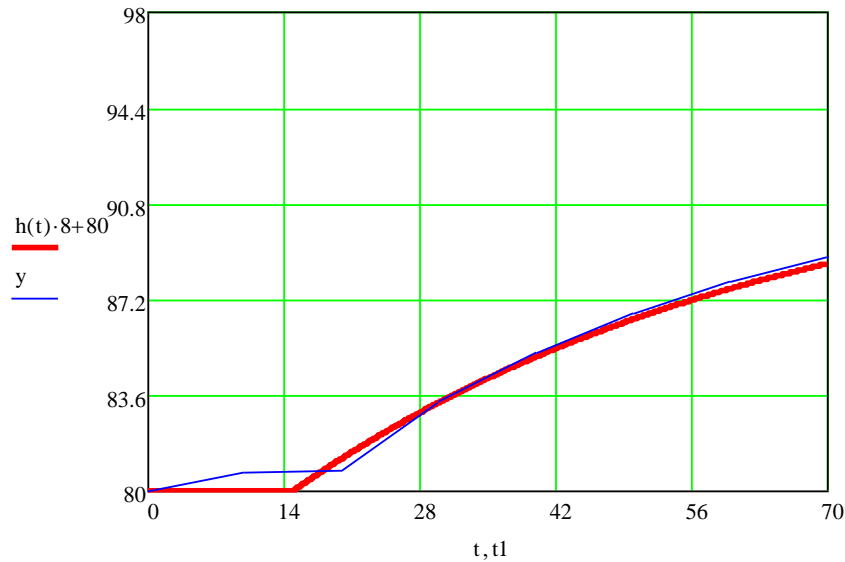


Рис 3.2 – Графік залежності від часу при дослідницькій та розрахунковій

Щоб проаналізувати надійність роботи перехідних процесів у АСУ з ПІ- і ПІД- регуляторами покажемо коефіцієнти роботи цих процесів у вигляді таблиці. В даному аналізі тільки ПІ - регулятор дає можливість забезпечити відповідну якість керування.

Таблиця 3.1 – Параметри роботи перехідних процесів

	Час регулювання, $t_{рег}$	Перерегулювання σ	Ступінь загасання ψ
ПІ - регулятор	220 сек	46%	1
ПІД - регулятор	-	-	-

4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ

4.1 Покращення умов праці у виробничому приміщенні.

Умови праці оператора у виробничому приміщенні поруч з апаратами та засобами автоматизації, а також в операторському пункті, де розміщені щит живлення і перетворювачі, мікропроцесорний контролер і комп'ютер [6] У виробничому приміщенні наявні такі шкідливі та небезпечні фактори:

- підвищена температура повітря та поверхні обладнання;
- шум і вібрація;
- недостатній рівень освітленості робочої зони;
- електрична і пожежна безпека.

Під час роботи в пункті управління слід дотримуватись таких умов:

1. Не торкатися проводів, які використовуються для обслуговування монтажної зони щита, або приладів, розташованих на щиті, якщо це не є необхідним для їх нормального функціонування;
2. Під час робіт за щитом або в щитовому просторі з використанням електроінструмента напругою 220 або 127 В, інструменти необхідно заземлити, а роботи виконувати в діелектричних рукавичках.
3. Під час монтажу та експлуатації ліній електромережі потрібно повністю виключити можливість виникнення електричного загоряння через коротке замикання або перевантаження проводів. Слід обмежувати використання проводів з пожегонестійкою ізоляцією та.
4. У разі аварійної ситуації потрібно негайно відключити ПЕОМ з ВДТ і ПП від електричної мережі [4].

4.2 Використання правил техніки безпеки

Обладнання, що застосовується в системі працює під тиском. Тому дані пристрої безпечна доцільно щоб відповідати правил ав ДНАОП 0.00-1.07-94

"Правила будови та безпечної експлуатації посудин, що працюють під тиском", та технічним вимогам до даного обладнання.

Апарати лінії безперервної сушки молока працюють під тиском. Їх обладнання та безпечна експлуатація повинні відповідати вимогам ДНАОП 0.00-1.07-94 "Правила будови та безпечної експлуатації посудин, що працюють під тиском" та технічним умовам на апарати. До запуску обладнання та налагодження допускаються фахівці з контрольно-вимірювальних приладів і автоматики з розрядом не нижче п'ятого.

Оператор керує технологічним процесом з операторського пункту за допомогою комп'ютера в режимі реального часу через дисплейну панель. Ця система забезпечує автоматичне ввімкнення двигунів і пневмонасосів, аварійне повідомлення звукова або світлове та інших параметрів, а також сповіщає про порушенні ходу виконання техпроцесу. Передбачено також можливість ручного керування двигунами і насосами як з операторського пункту, так і на місці.

Під час роботи оператора з ПЕОМ необхідно бути уважним, не відволікатися на сторонні справи і не пропускати виявлення будь-яких несправностей. У разі виявлення несправностей оператор має негайно повідомити начальника відділу ПЕОМ, а в аварійних ситуаціях – негайно зупинити роботу.

1. Весь електропровід у кабінеті ПЕОМ має бути вкладений у труби (металорукави).
2. Розподільний щиток має бути розташований у центрі приміщення, найкраще біля входних дверей. Общий рубильник, що перекриває напругу від усіх споживачів, повинен бути встановлений всередині цеху, безпосередньо на стіні від дверей.

Оператор ПЕОМ повинен працювати відповідно до зазначеного графіку: 40 хвилин роботи, за якими слідує перерва тривалістю 10 хвилин [8].

4.3 Безпека експлуатаційних електроустановок.

Приміщення, де розташовані технологічне обладнання для сушіння молока відповідає групі обладнаних кімнат з підвищеною небезпекою і мають такі умовами:

- Відносна вологість зазвичай перевищує 75%.
- Присутність струмопровідного пилю та струмопровідної підлоги (металевої, земляної або залізобетонної).
- Висока температура зазвичай перевищує +35°C.
- Існує можливість одночасного дотику людини до металоконструкцій, будівель, машин, які мають з'єднання з землею та металеві корпуси електрообладнання [6].

Безпечна експлуатація електроустановок відповідає вимогам ПУЕ, ДНАОП 0.00-1.21-98 "Правила експлуатації електроустановок" та ВСН 205-84 "Інструкція з проектування електроустановок систем автоматизації технологічного обладнання". Вона передбачає реалізацію таких заходів та використання таких засобів:

- Струмоведачі частини недоступні для доступу, електрокабелі прокладені під підлогою або у відповідних каналах, освітлювальна проводка виконана у прихований спосіб, а струмопровідні елементи ізольовані (опора ізоляції $R_{із} = 0.5 \text{ Мом}$).

- Всі металеві частини електроустановок, корпуси електродвигунів, щити живлення, мікропроцесорний контролер та комп'ютер повинні мати захисне заземлення (опір заземлення $R_з \text{ доп} = 4 \text{ Ом}$).

- Для відключення від струмів короткого замикання використовуються автоматичні вимикачі типу АП 50-2МТ.

- Використання напруги 36 В для аварійного освітлення щита, операторського пункту та виробничого приміщення, а також напруги 24 В для підключення коробки перетворювачів.

4.4 Визначення опору заземлення та монтаж його елементів.

Для вертикальних заземлювачів використана кутова сталь розміром 4 на 40 мм, завдовжки 3 метри. Для створення мережі підключень застосовується смугова сталь з перетином 4 на 25 мм. Ґрунт - суглинок.

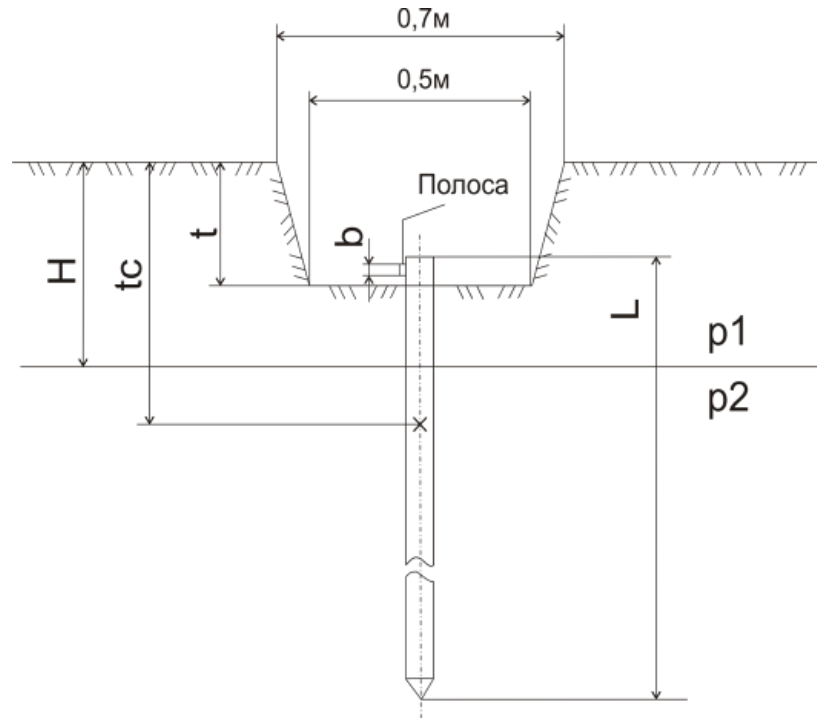


Рис 4.1 Схема заземлення

- 1) Давайте визначимо обчислювальний опір ґрунту за допомогою формули:

$$\rho = \rho_{\text{вим}} \cdot s \quad \text{Ом} \cdot \text{м}, (4.2.1)$$

де $\rho_{\text{вим}}$ - питомий опір ґрунту, Ом·м, який виміряли у суглинку $\rho_{\text{вим}} = 100$;

s - коефіцієнт пори року.

Вибираємо, зону для нашого клімату = 3. Для поперечної полоси 5 м і відповідної вологості для 3 зони $s = 1.2$;

$$\rho = 100 \cdot 1.2 = 120 \quad \text{Ом} \cdot \text{м}.$$

- 2) Давайте розрахуємо опір для розтікання струму через одиночне вертикальне заземлення, виміряно у Омах:

$$R_B = \frac{\rho_{\text{вим}}}{2 \cdot \pi \cdot l} \left(\ln \frac{2 \cdot l}{d} + 0.5 \ln \frac{4t + l}{4t - l} \right), \quad (4.2. 2)$$

де $\rho_{\text{вим}}$ - питомий опір ґрунту, Ом·м;

l - довжина заземлювача, м;

d - діаметр заземлювача, м ($d=B \cdot 0.95$);

$$d = 0.04 \cdot 0.95 = 0.038 \quad \text{м},$$

t - відстань на половину заземлювача, м;

$$t = 0.5 \cdot l + t_0, \quad (4.2. 3)$$

t_0 - уся довжина полоси заземлювача, м. Приймаємо $t_0=0.5$ м.

$$t = 0.5 \cdot 5 + 0.5 = 3 \quad \text{м},$$

$$R_B = \frac{100}{2 \cdot 3.14 \cdot 5} \left(\ln \frac{2 \cdot 5}{0.038} + 0.5 \ln \frac{4 \cdot 3 + 5}{4 \cdot 3 - 5} \right) = 19 \quad \text{Ом}.$$

3) Розраховуємо кількість заземлювачів, шт.

$$n = \frac{R_B}{(R_z \cdot \eta_B)}, \quad (6.2. 4)$$

де R_z - максимальний припустимий опір, Ом;

Тоді буде у нас $R_z=4$ Ом, тому що трансформатор потужністю 260кВа > 100кВа

η_B - число застосування вертикальних заземлювачів не враховуючи дію сполучної смуги ($\eta_B=0,74$).

$$n = \frac{19}{(4 \cdot 0.74)} = 6 \quad \text{шт.}$$

4) Розраховуємо опір проходження струму горизонтальної смуги, Ом:

$$R_\eta = \frac{\rho}{2 \cdot \pi \cdot l_1} \cdot \ln \frac{2 \cdot l_1^2}{6 \cdot t_1}, \quad (4.2. 5)$$

де l_1 - довжина з'єднувальної смуги, м;

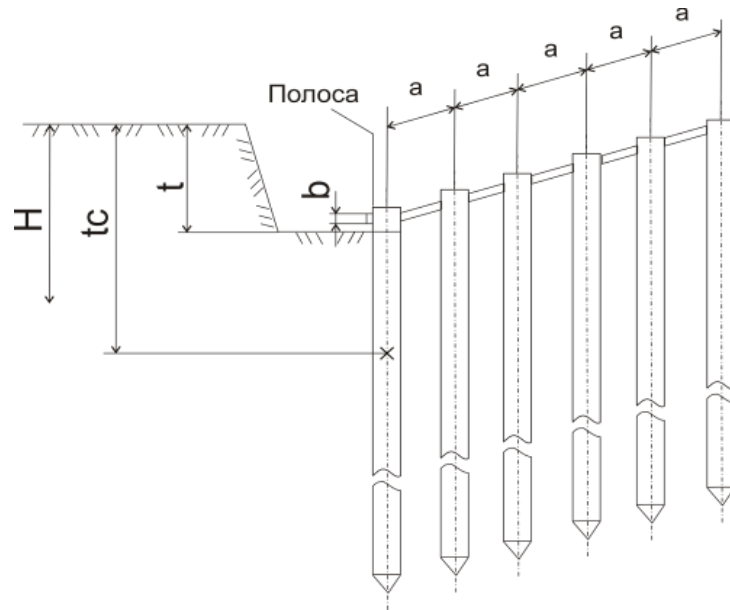


Рис .2 Монтаж штирів заземлень

$$l_1 = 1.05 \cdot a \cdot n, \quad (6.2. 6)$$

де а-відстань між вертикальними заземлювачами, м (а=(1 або 3))

Приймаємо а= 3 м

$$l_1 = 1.05 \cdot 3 \cdot 6 = 18.9 \quad \text{м},$$

t1– глибина закладення смуги, м;

у-ширина смуги, м (в=0.025)

$$R_\eta = \frac{120}{2 \cdot 3.14 \cdot 18.9} \cdot \ln \frac{2 \cdot 18.9^2}{0.025 \cdot 6} = 8.55 \quad \text{Ом}.$$

5) Розраховуємо опір розтікання струму заземлюючого, Ом:

$$R_0 = \frac{R_B \cdot R_\eta}{R_B \cdot \eta_\eta + R_\eta \cdot n \cdot \eta_B}, \quad (4.2. 7)$$

де η_n – число застосування горизонтальної полоси заземлювача, що має

вертикальні заземлювачі ($\eta_n=0,72$)

$$R_0 = \frac{8.55 \cdot 19}{19 \cdot 0.72 + 8.55 \cdot 6 \cdot 0.74} = 3.2 \text{ Ом.}$$

Тоді, $R_0=3.2$ Ом, $R_3= 4$ Ом; $R_0 < R_3$ що відповідає вимогам опору.

Кінцеві дані розрахунків : $R_0 = 3.2$ Ом ; $n=6$ шт ; $l_1 = 18.9$ м

4.5 Запобігання впливу вібрації

Заходи щодо захисту від вібрації можна розділити на технічні, організаційні та лікувально-профілактичні. Щоб запобігти негативному впливу вібрацій на людину під час роботи з машинами, слід приділяти увагу кінетичним і технологічним схемам, які будуються або зменшують до мінімуму динамічні процеси.

Вібrogасіння або динамічне приглушення коливань найбільш ефективно досягається завдяки встановленню віброуючих машин і механізмів на міцні масивні фундаменти. Масу фундаменту розраховують так, щоб амплітуда коливання його підосви становила 0,1 - 0,2 мм, а для особливо важливих споруд - 0,005 мм.

Щоб зменшити дію вібрації технічне обладнання встановлюється на фундаменти з амортизуючими частинами. Наприклад, вентилятори та насоси закріплюють на пружинних віброізоляторах. Фундаменти для обладнання, яке встановлюється на постійному місці, повинні бути розташовані на ґрунті, відокремленому від будівельних конструкцій, особливо це стосується великогабаритного механічного обладнання. Для з'єднання механічного обладнання з комунікаціями використовують гнучкі вставки.

ВИСНОВКИ

У даному дипломному проекті було розроблено автоматизовану систему управління технологічним процесом переробки молочної сировини. Розроблено послідовність керуючих елементів, що дає можливість автоматично налаштовувати температуру вхідного сушильного агента, буречи до уваги що показують сигнали давача температури, як реалізований у виді термопари.

У роботі створено модель системи за допомогою програмного продукту Matlab 6.5. Побудовані відповідні графіки процесів, що відбуваються в даній контролюючій системі. Зроблено апроксимацію й синтезована передатна функція об'єкта управління, а також замкнутої системи керування за допомогою програмного продукту Mathcad 13.

Обрано потрібні для стабільної роботи елементи контролю технологічного процесу. Дані елементи мають зручним інтерфейсом для роботи оператора. Контроль параметрів забезпечує потрібний рівень точності. В реальному часі контролюються показники температури й вологості, та корегуються в залежності від ситуації.

Обґрунтовано потребу у впровадженні розробленої системи автоматизованого управління.

Також, описано методи захисту в розділі охорона праці та техніки безпеки при роботі з устаткуванням.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Anirudh Vemula, Katharina Muelling, and Jean Oh. “Social Attention: Modeling Attention in Human Crowds”. In: 2018 IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA), 2017. pp. 1–7.
2. Автоматизовані системи керування на програмованих логічних контролерах: Навчальний посібник / Куцик А., Місюренко В.. — Львів: Львівська політехніка, 2011. — 200 с.
3. Програмування промислових контролерів у середовищі Unity Pro: Навчальний посібник / Пупена О.М., Ельперін І.В.. — К.: Ліра-К, 2013. — 376 с..
4. А.Г. Микитишин, М.М. Митник, П.Д. Стухляк, В.В. Пасічник Комп’ютерні мережі. Книга 1. [навчальний посібник] (Лист МОНУ №1/11-8052 від 28.05.12р.) - Львів, "Магнолія 2006", 2013. – 256 с.
5. Микитишин А.Г., Митник М.М., Стухляк П.Д. Телекомунікаційні системи та мережі : навчальний посібник для студентів спеціальності 151 «Автоматизація та комп’ютерно-інтегровані технології» – Тернопіль: Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2017 – 384 с.
6. Введення в комп’ютерну графіку та дизайн: Навчальний посібник для студентів спеціальності 174 "Автоматизація, комп’ютерно-інтегровані технології та робототехніка"/Укладачі: О.В. Тотосько, П.Д. Стухляк, А.Г. Микитишин, В.В. Левицький, Р.З. Золотий - Тернопіль: ФОП Паляниця В.А., 2023 - 304с. <http://elartu.tntu.edu.ua/handle/lib/41166>.
7. Пилипець М. І. Правила заповнення основних форм технологічних документів : навч.-метод. посіб. / Уклад. Пилипець М. І., Ткаченко І. Г., Левкович М. Г., Васильків В. В., Радик Д. Л. Тернопіль : ТДТУ, 2009. 108 с. <https://elartu.tntu.edu.ua/handle/lib/42995>.
8. Галкін П. В., Ключник І. І. Програмування ПЛК в CODESYS : навчальний посібник. Харків : ФОП Панов А. М., 2019. – 92 с.

9. Губський А. І., Цивільна оборона.- К.: Міністерство освіти, 1995. - 216 с.
10. Пістун І.П., “Безпека життєдіяльності” – Суми: Університетська книга, 2000, - 302с.
11. Губський А.І. Цивільна оборона. – К.: Міністерство освіти, 1995. – 216 с.
12. Депутат О.П., Коваленко І.В., Мужик І.С. Цивільна оборона. Навчальний посібник / За ред. Полковника В.С.Франчука. – Львів : Афіша, 2000. – 336с.