



МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ЛЬВІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ

ФАКУЛЬТЕТ МЕХАНІКИ, ЕНЕРГЕТИКИ  
ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

КАФЕДРА ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Першого (бакалаврського) рівня вищої освіти  
Спеціальність 151 – „Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології”

“ЗАТВЕРДЖУЮ”

Завідувач кафедри \_\_\_\_\_

д.т.н., проф. А.М. Тригуба

“ \_\_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2023 р.

## ***ЗАВДАННЯ***

на кваліфікаційну роботу студенту

Колтун Богдан Романович

1. Тема роботи: «Автоматизація процесу пастеризації у виробництві морозива»

Керівник роботи Лиса Ольга Володимирівна, к.т.н., доцент.

Затверджені наказом по університету від 27 листопада 2023 року № 641/к-с.

2. Строк подання студентом роботи 14.06.2024 р.

3. Початкові дані до роботи: 1. Технологічна карта пастеризації у виробництві морозива; 2. Функціональні ознаки технологічного процесу пастеризації у виробництві морозива; 3. ДСТУ, СНіПи.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки:

1. Аналіз технологічного процесу пастеризації молока як об'єкта керування

2. Розробка автоматизованої системи керування технологічним процесом пастеризації у виробництві морозива.

3. Розрахунок і моделювання системи автоматичного регулювання процесу пастеризації молока

4. Охорона праці

5. Розрахунок економічної ефективності проекрованої системи автоматизації

Висновки.

Список використаних джерел.

5. Перелік презентаційного матеріалу :

Тема, автор, керівник роботи. Технологічна схема пастеризаційної установки. Структурна схема взаємозв'язку між технологічними параметрами об'єкта регулювання (пастеризатора). Оптимальна спрощена функціональна схема автоматизації процесу пастеризації морозива. Реалізація контуру регулювання температури суміші на виході в ALPHA 2.0. Реалізація контуру контролю та регулювання температури суміші в секції доохолодження в ALPHA 2.0. Схема підключення термоперетворювача опору ТСП1088 з під'єднанням до нього нормуючим перетворювачем Siemens TH100. Графік перехідного процесу САР температури при стрибкоподібній зміні температури суміші(морозива) на 3 °С.

6. Консультанти з розділів:

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1, 2, 3, 5	<i>Лиса О.В., доцент кафедри інформаційних технологій</i>		
4	<i>Городецький І.М., доцент кафедри управління проектами та безпеки виробництва</i>		

7. Дата видачі завдання 28 листопада 2023 р.

### **КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН**

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	<i>Написання першого розділу та означення головних завдань роботи</i>	28.11.23-21.01.24	
2	<i>Виконання другого розділу та формування головних показників для розрахунків</i>	23.01.24-01.03.24	
3.	<i>Виконання третього розділу та узагальнення отриманих результатів роботи</i>	02.03.24-01.04.24	
4.	<i>Виконання четвертого розділу та узагальнення вимог охорони праці</i>	02.04.24-21.04.24	
5.	<i>Вартісне оцінення ефективності пропозицій роботи</i>	22.04.24-06.05.24	
6.	<i>Завершення оформлення розрахунково-пояснювальної записки та презентації</i>	07.05.24-22.05.24	
7.	<i>Завершення роботи в цілому</i>	23.05.24-14.06.24	

Студент \_\_\_\_\_ Колтун Б.Р.  
(підпис)

Керівник роботи \_\_\_\_\_ Лиса О.В.  
(підпис)

УДК 631.365.2

Автоматизація процесу пастеризації у виробництві морозива. Колтун Б.Р.  
– Кваліфікаційна робота бакалавра. Кафедра інформаційних технологій –  
Дубляни, ЛНУП, 2024.

64 с. текст. част., 26 рис., 8 табл., 15 літ. джерел.

Текстова частина включає вступ, п'ять розділів, висновки, список використаних джерел.

У вступі висвітлено суть процесу пастеризації, обґрунтовано необхідність автоматизації даного технологічного процесу.

В першому розділі описано процес пастеризації морозива в пластинчастому пастеризаторі, матеріальний та тепловий баланс, визначено значення параметрів, які потрібно регулювати та допустимі відхилення, визначено вхідні величини та збурення, які впливають на перехідний процес і побудовано структурну схему взаємозв'язків.

В другому розділі опрацьовані існуючі схеми автоматизації окремих контурів регулювання пластинчастого пастеризатора і наведено аргументи в підтримку обраних контурів, вибрано засоби автоматизації, описано їхні характеристики, програму роботи контролера та представлено фрагменти схеми підключення.

У третьому розділі розраховано систему автоматичного регулювання, змодельовано перехідні процеси при впливі збурення, описано роботу обраної схеми автоматизації – роботу кожного з контурів, розроблено специфікацію на обрані технічні засоби автоматизації.

У четвертому розділі охарактеризовано небезпеки, що виникають в пастеризаторі, документи, відповідно до яких вони нормуються та заходи для уникнення цих небезпек. У п'ятому розділі розраховано витрати на автоматизацію, кількість обслуговуючого персоналу, річний економічний ефект, термін окупності та коефіцієнт економічної ефективності.

На підставі виконаної роботи зроблено відповідні висновки.

Ключові слова: автоматизація, технічні засоби, контролер, функціональна схема автоматизації, моделювання.

## АНОТАЦІЯ

В даній бакалаврській кваліфікаційній роботі розроблена система автоматизації процесу пастеризації у виробництві морозива.

Описано процес пастеризації морозива в пластинчастому пастеризаторі, матеріальний та тепловий баланс, визначено значення параметрів, які потрібно регулювати та допустимі відхилення, визначено вхідні величини та збурення, які впливають на перехідний процес і побудовано структурну схему взаємозв'язків. Опрацьовані існуючі схеми автоматизації окремих контурів регулювання пластинчастого пастеризатора і наведено аргументи в підтримку обраних контурів, вибрано засоби автоматизації, описано їхні характеристики, програму роботи контролера та представлено фрагменти схеми підключення. Розраховано систему автоматичного регулювання, змодельовано перехідні процеси при впливі збурення. Описано роботу обраної схеми автоматизації – роботу кожного з контурів, розроблено специфікацію на обрані технічні засоби автоматизації. Охарактеризовано небезпеки, що виникають в пастеризаторі, документи, відповідно до яких вони нормуються та заходи для уникнення цих небезпек; розраховано потрібну систему вентиляції. Розраховано витрати на автоматизацію, кількість обслуговуючого персоналу, річний економічний ефект, термін окупності та коефіцієнт економічної ефективності.

## ABSTRACT

In this bachelor's qualification work, a system for automating the pasteurization process in the production of ice cream was developed.

The process of ice cream pasteurization in a plate pasteurizer is described, the material and heat balance, the values of the parameters that need to be adjusted and the permissible deviations are determined, the input values and disturbances that affect the transition process are determined, and a structural diagram of relationships is constructed. The existing automation schemes of individual control circuits of the plate pasteurizer are worked out and arguments are given in support of the selected circuits, automation tools are selected, their characteristics are described, the controller's program is presented, and fragments of the connection scheme are presented. The system of automatic regulation was calculated, transient processes under the influence of disturbances were simulated. The operation of the selected automation scheme is described - the operation of each of the circuits, the specification for the selected technical means of automation is developed. The dangers arising in the pasteurizer, documents according to which they are regulated and measures to avoid these dangers are characterized; the necessary ventilation system is calculated. The costs of automation, the number of service personnel, the annual economic effect, the payback period and the coefficient of economic efficiency were calculated.

## Зміст

<b>Вступ.....</b>	<b>8</b>
<b>1. Аналіз технологічного процесу пастеризації молока як об'єкта керування.....</b>	<b>9</b>
1.1 Опис технології процесу пастеризації молока.....	9
1.2 Матеріальний та тепловий баланс пастеризаційної установки.....	11
1.3. Визначення та аналіз факторів, що впливають на технологічний процес.....	12
1.4. Складання та аналіз структурної схеми взаємозв'язку між технологічними параметрами об'єкта.....	13
<b>2. Розробка автоматизованої системи керування технологічним процесом пастеризації у виробництві морозива.....</b>	<b>15</b>
2.1. Синтез оптимальної функціональної схеми автоматизації пастеризатора.....	15
2.2. Вибір первинних перетворювачів та виконавчих механізмів.....	17
2.3. Опис мікропроцесорного контролера МІК-51Н.....	19
2.4. Опис програми функціонування мікропроцесорного контролера МІК-51Н.....	21
2.5. Електричні схеми з'єднань контролера із засобами автоматизації.....	26
<b>3. Розрахунок і моделювання системи автоматичного регулювання процесу пастеризації молока.....</b>	<b>31</b>
3.1. Складання математичної моделі об'єкта регулювання і розрахунок її параметрів .....	31
3.2. Розрахунок параметрів налаштування автоматичного регулятора .....	36
3.3. Дослідження перехідних процесів в САР при оптимальних параметрах налаштування ПІ-регулятора .....	41
3.4. Опис схеми автоматизації.....	45
3.5. Специфікація засобів автоматизації.....	46
<b>4. Охорона праці .....</b>	<b>47</b>
4.1. Аналіз стану виробничої санітарії і гігієни праці.....	47

4.2. Обґрунтування організаційно-технічних рекомендацій з охорони праці.	48
4.3. Пожежна безпека.....	54
<b>5. Розрахунок економічної ефективності проектованої системи автоматизації.....</b>	<b>56</b>
<b>Висновки.....</b>	<b>64</b>
<b>Список використаних джерел.....</b>	<b>65</b>

## ВСТУП

Автоматизація — новий тип виробництва, який підготовлений сукупним розвиток науки і техніки, перш за все переведенням виробництва на електронну основу, з допомогою застосування електроніки і нових досконалих технічних засобів.

Одним із основних рушійних сил швидкого прогресу промислового комплексу як у технологічному, так і в економічному плані завжди була автоматизація виробництва.. Зараз вона набула нових рис у зв'язку з бурхливим розвитком технічних засобів - мікропроцесорної техніки і персональних комп'ютерів, функціональні можливості яких дають змогу використовувати найдосконаліші методи в рамках сучасних складних систем управління. Мікропроцесорні пристрої та ПК, пов'язані між собою обчислювальними й керуючими мережами з використанням загальних баз даних, дозволяють впроваджувати комп'ютерні технології у нетрадиційні сфери діяльності підприємства, що проявляється в інтеграції виробничих процесів та управлінні.

Пастеризація - спосіб знезараження органічних рідин шляхом нагрівання їх до температури близької до точки кипіння, коли гинуть тільки вегетативні форми мікроорганізмів. При цьому продукти звільняються від неспоронних патогенних мікроорганізмів, дріжджів, пліснявих грибків (мікробна забрудненість знижується на 99-99,5%). Пастеризовані продукти майже повністю зберігають харчові і смакові властивості. Автоматизація процесу пастеризації сприяє нарощуванню об'ємів виробленого продукту, якості продукту і зменшує витрату ресурсів на виготовлення продукту.

В даній бакалаврській кваліфікаційній роботі розглядається технологічний процес в пастеризаційній установці, як об'єкт керування, САР цим технологічним процесом, а також проводиться розрахунок системи автоматичного регулювання процесом.

Метою кваліфікаційної роботи є розроблення системи автоматичного керування процесом пастеризації у виробництві морозива.

Об'єктом дослідження є процес пастеризації у виробництві морозива.



# 1. АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ПАСТЕРИЗАЦІЇ МОЛОКА ЯК ОБ'ЄКТУ РЕГУЛЮВАННЯ

## 1.1. Опис технології процесу пастеризації молока

Пастеризаційна установка представляє собою апарат, який нагріває продукт задля термічної обробки. Технологічний процес пастеризації морозива полягає в нагріванні суміші до рівня, який близький до точки кипіння. Однак, процес закипання при цьому не допускається, оскільки це призведе до зміни властивостей молочного продукту. Основною метою пастеризації є знищення різних мікроорганізмів, які можуть там перебувати та негативно впливати на якість морозива. При цьому, ступінь цього впливу, як правило, визначається температурою, до якої суміш нагрівають. Якщо не провести пастеризацію, то бактерії, що знаходяться в рідинах призведуть до швидкого псування продукту. Крім того пастеризації дає змогу зробити продукт більш однорідним, але основним завданням є значне збільшення терміну придатності. Для прикладу - термін зберігання пастеризованого морозива 10 місяців.

На даний час існують дві схеми автоматизації процесу пастеризації – з підігріванням і без нього. В сучасних технологіях застосовують відмовляються від схеми з підігріванням, оскільки вона є не доцільною через свою енергозатратність. В схемі з підігріванням застосовують секцію рекуперації, яка дає змогу зекономити енергію як на нагріванні так і на охолодженні морозива. Але не зважаючи на це, пластинчастий пастеризатор без підігрівання є набагато ефективнішим і використовується частіше. Тому в даній роботі застосуємо схему без підігрівання.

Для пастеризації використовують теплообмінники. Найбільш поширений серед них є пластинчастий. Залежно від напрямку руху теплоносіїв теплообмінники можуть бути проточними при паралельному русі в одному напрямку, протитечійними при паралельному зустрічному русі, а також перехреснотечійними при взаємно перпендикулярному русі двох взаємодіючих середовищ.

На практиці застосовують такі режими пастеризації:

- миттєва або високотемпературна — нагрівання до  $85^{\circ}\text{C}$  і вище без витримки.
- короткочасна — нагрівання до  $75^{\circ}\text{C}$  з витримкою впродовж 15-25 с.
- тривала—нагрівання до  $63^{\circ}\text{C}$  з витримкою впродовж 30хв.

Приведені режими пастеризації забезпечують достатньо повне знищення в рідині вегетативних форм бактерій.

В запропонованій мною схемі автоматизації процесу пастеризації морозива є три секції:

- секція нагрівання суміші
- секція охолодження суміші
- секція доохолодження.

Крім того до складу пастеризаційної установки входять регулююча арматура і помпи для перекачування суміші (рис. 1.1).

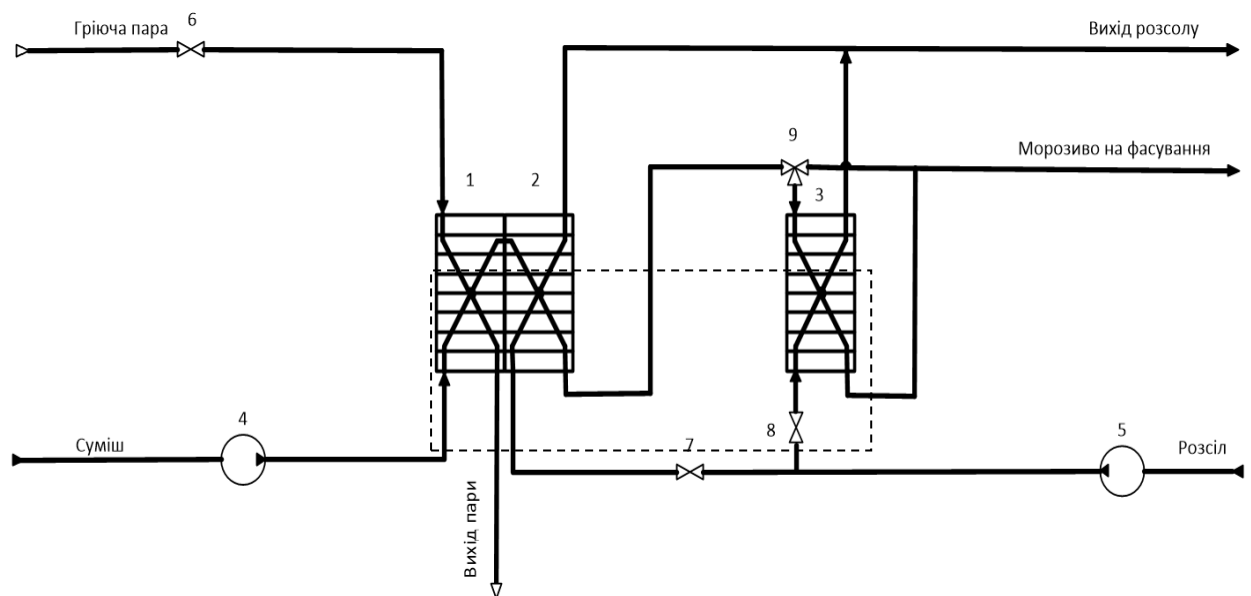


Рис. 1.1. Технологічна схема пастеризаційної установки: 1,2,3-теплообмінники; 4-помпа подачі суміші; 5-помпа подачі розсолу; 6,7,8-регулюючі клапани; 9-триходовий регулюючий клапан  
Пастеризаційна установка працює так:

Суміш попереднього процесу помпою подається в секцію нагрівання при температурі  $35\text{-}40^{\circ}\text{C}$ .

Після цього суміш нагрівається до температури  $86^{\circ}\text{C}$ . У секції нагрівання циркулює гаряча пара, яка підвищує температуру продукту до пастеризаційної і

для знищення 99.8% бактерій. Температура продукту регулюється зміною витрати пари (регулюючим клапаном).

Після цього суміш направляється в секцію охолодження, де охолоджується за допомогою розсолу. Розсіл подається помпою. Його витрату контролюємо регулюючим клапаном. Після проходження через охолоджувач, температура суміші знижується до 4 °С. Продукт (морозиво) за допомогою помпи подається на зберігання або фасування.

Якщо температура продукту після секції охолодження не відповідає заданій, за допомогою триходового клапана суміш перенаправляється на доохолодження для доведення до потрібної температури.

Доохолодження відбувається в додатковому теплообміннику за допомогою розсолу. Подається розсіл тією самою помпою, що подає його в основний охолоджувач. Після того, як температура продукту досягне 4 °С, морозиво за допомогою помпи подають на зберігання або фасування.

## 1.2. Матеріальний та тепловий баланс пастеризаційної установки

Щоб здійснити пастеризацію морозива, необхідно нагріти суміш до температури 86 °С. Кількість пари  $D_{п}$ , котру треба при цьому підвести до теплообмінника, визначається з розрахунку теплової схеми. В розрахунку поруч з рівняннями теплового балансу всіх підігрівників необхідно використовувати рівняння теплового і матеріального балансу. Ці рівняння можуть бути складені для повних потоків пари і суміші, або з розрахунком на 1 кг суміші, підведеного до теплообмінника.

Рівняння теплового балансу пастеризатора має вигляд:

$$(D_{п} \cdot i_{п} + \sum_1^n D_{j.в.} \cdot i_{j.в.} + D_{о.к.} \cdot i_{о.к.}) \cdot \eta_{д} = D_{п.в.} \cdot i_{п.в.} + \sum_1^n D_{j.н.} \cdot i_{j.н.} \quad (1.1)$$

Де  $D_{п}$  і  $i_{п}$  – відповідно витрата і ентальпія пари, яка поступає в теплообмінник пастеризатора;  $D_{j.в.}$  і  $i_{j.в.}$  – витрата і ентальпія суміші, що подається в пастеризатор;  $n$  – число потоків суміші;  $D_{о.к.}$  і  $i_{о.к.}$  – витрата і ентальпія основного конденсату;  $D_{j.н.}$  і  $i_{j.н.}$  – витрата і ентальпія потоків пари, які відводяться

від пастеризатора;  $k$  – число потоків пари;  $\eta_d$  – коефіцієнт, що враховує втрати тепла в навколишнє середовище ( $\eta_d \approx 0.99$ );

Рівняння матеріального балансу має вигляд:

$$(D_{\text{п}} + \sum_1^n D_{j.\text{в.}} + D_{\text{о.к.}}) \cdot \eta_d = D_{\text{п.в.}} + \sum_1^n D_{j.\text{л.}} \quad (1.2)$$

Зміни масового і теплового потоків на вході і виході впливають на тиск в системі пастеризації. За рівняннями матеріального і теплового балансів вибирають раціональну структуру керування процесом.

### **1.3. Визначення та аналіз факторів, що впливають на технологічний процес**

Пастеризатор як об'єкт керування має чотири контури регулювання, а саме температури суміші в пастеризаторі, температури суміші в основному охолоджувачі, температури суміші на виході з пастеризатора і температури суміші в додатковому охолоджувачі.

Збуренням на температуру суміші в пастеризаторі є зміна витрати гріючої пари, збуренням на температура суміші в основному охолоджувачі є зміна витрати холодоагента (розсолу), збуренням на температуру суміші в додатковому охолоджувачі є також зміна витрати розсолу.

На даний технологічний процес впливають такі фактори:

1. Температура гріючої пари.
2. Зміна параметрів довкілля.
3. Температура розсолу.

Цілеспрямовано вплинути на ці параметри не можна, тому що вони визначаються попереднім технологічним процесом.

Тому, щоб при наявності вказаних збурень, мета керування була досягнута і були стабілізовані параметри суміші в пастеризаторі, потрібно в якості головної регульованої величини прийняти показник ефективності процесу пастеризації, а регулюючий вплив здійснювати зміною витрати гріючої пари та розсолу.

Якість процесу пастеризації є важливим технологічним чинником, тому він підлягає контролю, оскільки впливає на якість вихідного продукту.

Номінальні значення параметрів технологічного процесу вписують в технологічну карту яка наведена в таблиці 1.1. Вона є основним документом технологічної документації, в якому планується технологія виробництва.

Таблиця 1.1

### Технологічна карта процесу

№ п/п	Назва параметра	Одиниця вимірювання	Номінальне значення	Допустимі відхилення
1	Температура суміші, що поступає на пастеризацію	°C	35	±1 °C
2	Температура суміші після гарячої секції пастеризатора	°C	86	±3 °C
3	Температура суміші після секції охолодження пастеризатора	°C	4	±1 °C

#### 1.4. Складання та аналіз структурної схеми взаємозв'язку між технологічними параметрами об'єкта

На рис. 1.2. зображена структурна схема взаємозв'язку між технологічними параметрами об'єкта регулювання (пастеризатора). Структурна схема визначає основні функціональні частини пристроїв і процесів, їх призначення, взаємозв'язки. Вона базується на основі аналізу технологічного процесу. Структурна схема розкриває зв'язки між вхідними і вихідними параметрами об'єкта.

Позначення на рис. 1.2:

$F_{\text{пари}}$  – витрата гріючої пари;

$F$  – витрата розсолу;

$P$  – тиск суміші;

$P_{\text{пари}}$  – тиск гріючої пари;

$P_p$  – тиск розсолу;

$T_{\text{пари}}$  – температура пари;

$T_p$  – температура розсолу;

- $T_{п}$  – температура суміші після пастеризації;  
 $T_{д.о.}$  – температура суміші після додаткового охолоджувача;  
 $T_{в}$  – температура суміші на виході;  
 $\delta$  – зміна параметрів довкілля.

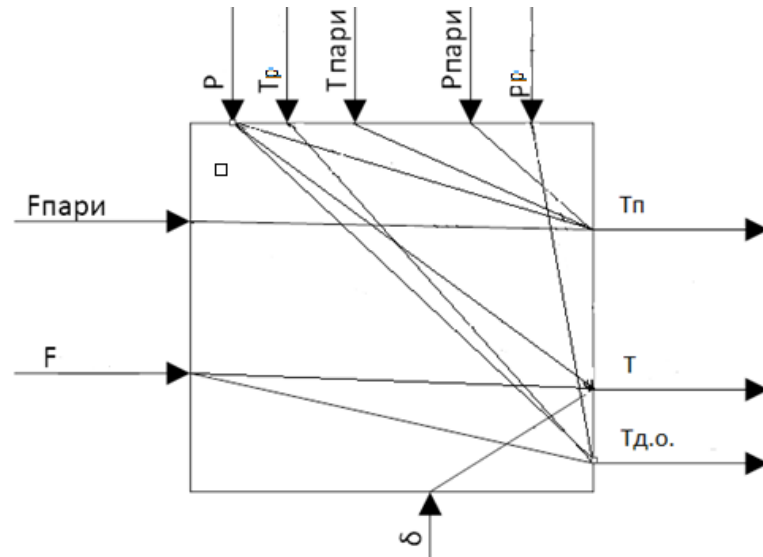


Рис.1.2. Структурна схема взаємозв'язку між технологічними параметрами об'єкта регулювання (пастеризатора)

Аналіз структурної схеми взаємозв'язків між параметрами технологічного процесу показує, що основними показниками, які визначають ефективність процесу пастеризації є температура морозива в різних секціях пастеризатора. Вона залежить в основному від витрати пари та розсолу. Ці параметри є основними вхідними параметрами і їх зміною буде регулюватися якість процесу пастеризації.

Описано основи технологічного процесу пастеризації морозива в пластинчастому пастеризаторі, наведено матеріальний і тепловий баланси процесу. Проаналізовано фактори, що впливають на технологічний процес.

Проаналізовано технологічний процес як об'єкта регулювання, визначено вхідні, вихідні і збурюючі величини. Вибрано основні вхідні параметри за допомогою яких буде забезпечуватися регулювання процесу пастеризації.

## 2. РОЗРОБКА АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИМ ПРОЦЕСОМ ПАСТЕРИЗАЦІЇ У ВИРОБНИЦТВІ МОРОЗИВА

### 2.1. Синтез оптимальної функціональної схеми автоматизації пастеризатора

Аналіз технологічного процесу як об'єкта автоматизації та аналіз існуючих схем автоматизації показує, що оптимальною можна вважати функціональну схему автоматизації, зображену на рис. 2.1.

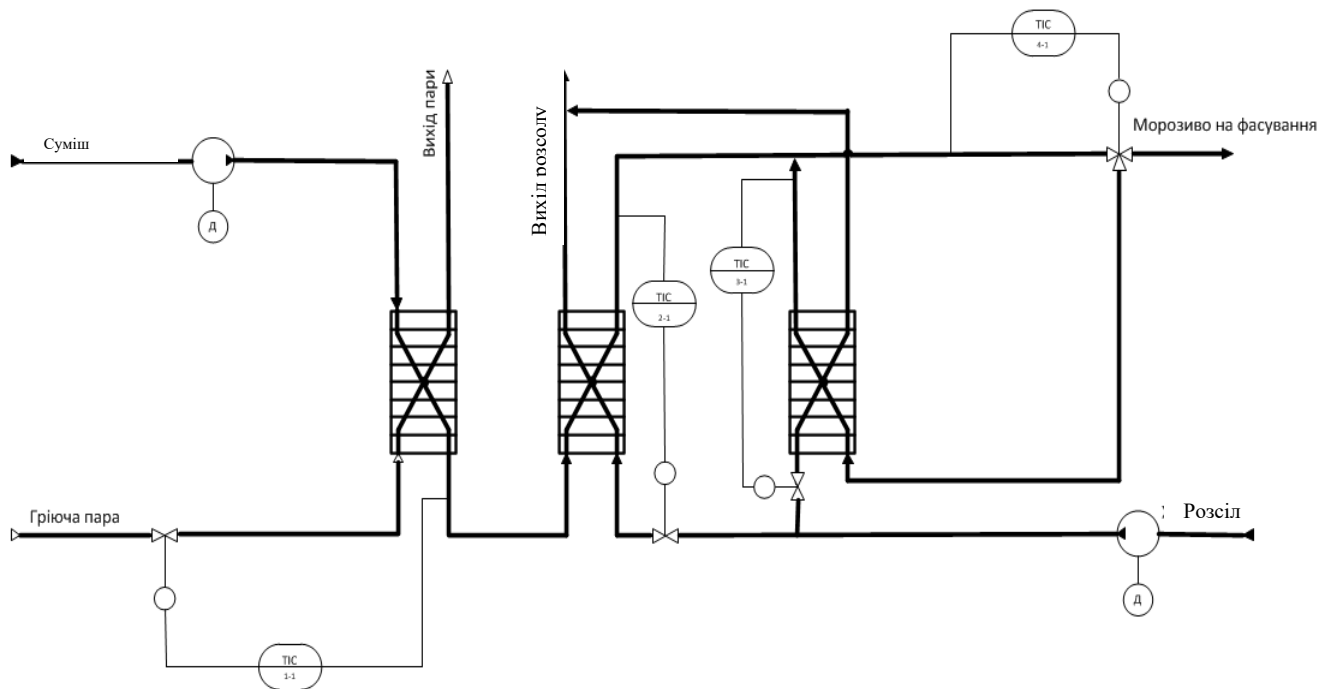


Рис.2.1. Оптимальна спрощена функціональна схема автоматизації процесу  
пастеризації морозива

Запропонована функціональна схема автоматизації містить такі контури регулювання:

#### 1. Контур регулювання температури суміші в секції нагрівання

Температура суміші вимірюється за допомогою термоперетворювача опору (поз. 1-1). Сигнал з нього поступає на мікропроцесорний контролер, де відбувається його оброблення. У разі відхилення температури суміші від заданого значення, контролер подає сигнал на електропневматичний перетворювач (поз. 1-2) для збільшення або зменшення подачі пари.

#### 2. Контур регулювання температури суміші в секції охолодження

Температура суміші вимірюється за допомогою термоперетворювача опору (поз. 2-1). Сигнал з цього перетворювача поступає на мікропроцесорний контролер, де відбувається його оброблення. Якщо температура суміші відхилилася від заданого значення, встановленого в технологічній карті, то контролер подає сигнал на електропневматичний перетворювач (поз. 2-2) для збільшення або зменшення подачі розсолу, який служить холодоагентом.

### 3. Контур регулювання температури суміші на виході з пастеризатора

Температура суміші вимірюється за допомогою термоперетворювача опору (поз. 3-1). Сигнал з нього поступає на мікропроцесорний контролер, де відбувається його оброблення та реєстрація. У разі відхилення температури суміші від заданого значення, контролер подає сигнал на електропневматичний перетворювач (поз. 3-2), який за допомогою триходового клапана перенаправляє суміш на доохолодження.

### 4. Контур регулювання температури суміші в секції доохолодження

Температура суміші вимірюється за допомогою термоперетворювача опору (поз. 4-1). Його вихідний сигнал поступає на вхід мікропроцесорного контролера, де відбувається його оброблення. У разі відхилення температури суміші від заданого значення, контролер подає сигнал на електропневматичний перетворювач (поз. 4-2) для збільшення або зменшення подачі розсолу.

Для реалізації оптимального протікання даного процесу передбачені також такі контури сигналізації технологічних параметрів:

#### 1. Контур сигналізації температури суміші в секції нагрівання

Температура суміші вимірюється за допомогою термоперетворювача опору (поз. 1-1). Сигнал з нього поступає на вхід мікропроцесорного контролера, де відбувається його оброблення. У разі відхилення температури суміші від заданого допустимого значення на пульті оператора вмикається лампочка сигналізації.

#### 2. Контур сигналізації температури суміші в секції охолодження

Температура суміші вимірюється за допомогою термоперетворювача опору (поз. 2-1). Сигнал про значення температури суміші поступає на вхід



контролера, де відбувається його оброблення. При відхиленні температури суміші від заданого допустимого значення на пульті оператора вмикається лампочка сигналізації.

### 3. Контур сигналізації температури суміші на виході з пастеризатора

Температура суміші вимірюється за допомогою термоперетворювача опору (поз. 3-1). Сигнал про значення температури поступає на контролер, де відбувається його оброблення. При відхиленні температури суміші від заданого допустимого значення на пульті оператора вмикається лампочка сигналізації.

### 4. Контур сигналізації температури суміші в секції доохолодження

Температура суміші вимірюється за допомогою термоперетворювача опору (поз. 4-1). Сигнал про значення температури поступає на контролер, де відбувається його оброблення. При відхиленні температури суміші від заданого допустимого значення на пульті оператора вмикається лампочка сигналізації.

Крім цього є можливість дистанційного керування з автоматизованого робочого місця оператора. За допомогою автоматизованого робочого місця оператора можна змінювати витрату пари в секції нагрівання за допомогою регулюючого клапана (поз. 1-3), витрату розсолу в секції охолодження за допомогою регулюючого клапана (поз. 2-3), витрату розсолу в секції доохолодження за допомогою регулюючого клапана (поз. 4-3). Також дистанційно є змога перенаправляти суміш на доохолодження примусово.

## **2.2. Вибір первинних перетворювачів та виконавчих механізмів**

В процесі пастеризації морозива необхідно регулювати температуру в секціях нагрівання, охолодження та доохолодження в пастеризаторі. Оскільки температури в цих процесах не досягають високих значень (знаходяться в межах від 4 до 86 °С) то для їх вимірювання застосуємо серійні термоперетворювачі опору, які призначені для вимірювання температури газоподібних, рідких і сипучих речовин в різних галузях народного господарства.

*Контур регулювання температури в секції нагрівання*

Температура в секції нагрівання вимірюється за допомогою термоперетворювача опору типу ТСПУ-1088 (поз. 1-1), вихідний сигнал 4-20мА, діапазон вимірювання від 0 до 200 °С. Вихідний аналоговий сигнал контролера поступає на електропневматичний перетворювач Samson IP 3747 (поз. 1-2), який змінює положення регулюючого клапану Samson 3520-1 (поз. 1-3), а він своєю чергою змінює подачу пари в секції нагрівання.

*Контур регулювання температури в секції охолодження*

Температури в секції охолодження вимірюється за допомогою термоперетворювача опору ТСПУ-1088 (поз. 2-1) , вихідний сигнал 4-20мА, діапазон вимірювання – 0 - 200 °С. Вихідний аналоговий сигнал контролера поступає на електропневматичний перетворювач Samson IP 3747 (поз. 2-2), який змінює положення регулюючого клапану Samson 3520-1 (поз. 2-3). Зміна положення регулюючого клапана призведе до зміни подачі розсолу в секції охолодження.

*Контур регулювання температури суміші на виході пастеризатора*

Температура на виході пастеризатора вимірюється за допомогою термоперетворювача опору ТСПУ-1088 (поз. 3-1), вихідний сигнал 4-20мА, діапазон - 0...200 °С. Вихідний дискретний сигнал контролера поступає на електропневматичний перетворювач (поз. 3-2), змінює положення клапану триходового регулюючого Samson 3253 (поз. 3-3), який перенаправляє суміш на доохолодження.

*Контур регулювання температури в секції доохолодження*

Температура в секції доохолодження вимірюється за допомогою термоперетворювача опору ТСПУ-1088 (поз. 4-1), вихідний сигнал 4-20мА, діапазон – 0...200 °С. Вихідний аналоговий сигнал контролера поступає на електропневматичний перетворювач Samson IP 3747 (поз. 4-2), який змінює положення регулюючого клапану Samson 3520-1 (поз. 4-3). Завдяки зміні положення буде забезпечуватися зміна подачі розсолу в секції доохолодження.

### 2.3. Опис мікропроцесорного контролера МІК-51Н

МІК-51Н - це компактний малоканалний багатфункціональний мікропроцесорний контролер фірми МІКРОЛ, призначений для автоматичного регулювання і логічного керування технологічними процесами. Контролер МІК-51Н дає змогу вести локальне, каскадне, програмне, супервізорне, багатопов'язане регулювання. Загальний вигляд контролера показано на рис. 2.2.



Рис. 2.2. Загальний вигляд контролера МІКРОЛ серії МІК-51Н

Архітектура контролера забезпечує можливість вручну або автоматично вмикати, вимикати, перемикаєти і реконфігурувати контури регулювання, причому всі ці операції виконуються незалежно від складності структури керування. У сполученні з обробкою аналогових сигналів контролер МІК-51Н дозволяє виконувати також логічні перетворення сигналів і виробляти не тільки аналогові або імпульсні, але і дискретні команди керування. Логічні функціональні блоки формують логічну програму покрокового керування з аналізом умов виконання кожного кроку, заданням контрольного часу на кожному кроці і умовним або безумовним переходом програми до заданого кроку. У сполученні з обробкою дискретних сигналів контролер дозволяє виконувати також різноманітні функціональні перетворення аналогових сигналів і виробляти не тільки дискретні, але і аналогові керуючі сигнали.

МК-51Н містить засоби оперативного керування, розташовані на лицьовій панелі контролера. Ці засоби дозволяють вручну змінювати режими роботи, установлювати завдання, управляти ходом виконання програми, вручну управляти виконавчими пристроями, контролювати сигнали і помилки. Стандартні аналогові і дискретні датчики і виконавчі пристрої підключаються до контролера МК-51Н за допомогою індивідуальних кабельних зв'язків. У середині контролера сигнали обробляються в цифровій формі. Контролери МК-51Н можуть поєднуватися в локальну керуючу мережу шинної конфігурації по інтерфейсу RS-485 та протоколу ModBus. Для такого об'єднання ніяких додаткових пристроїв не потрібно. Основні технічні параметри контролера:

- До 9 незалежних контурів регулювання, кожний з яких може бути локальним або каскадним, з аналоговим або імпульсним виходом, з ручним, програмним (у тому числі багатопрограмним) або супервізорним задавачем.

- Більше 80 типів зашитих у ПЗУ функціональних блоків безперервної і дискретної обробки інформації, включаючи функціональні блоки ПД-регулювання, функціональні блоки математичних, динамічних, нелінійних, аналого-дискретних і логічних перетворень.

- До 98 використовуваних блоків з вільним їхнім заповненням будь-якими функціональними блоками з бібліотеки і вільним конфігуруванням між собою і із входами-виходами контролера. Ручна установка або автопідстроювання будь-яких властивостей, параметрів і коефіцієнтів у будь-яких функціональних блоках.

- Зміна режимів керування, включення/відключення, перемикання і реконфігурування контурів регулювання будь-якого ступеня складності.

- Оперативне керування контурами регулювання за допомогою клавіш лицьової панелі, 2-х чотирирозрядних і одного трирозрядного цифрових індикаторів і набору світлодіодів, що дозволяють міняти режими, встановлювати завдання, управляти виконавчими механізмами, контролювати сигнали та аварійні ситуації. При програмному регулюванні засоби оперативного керування дозволяють вибирати необхідну програму, пускати, зупиняти, і скидати

програму, переходити до наступної ділянки програми, а також контролювати хід виконання програми.

Об'єднання до 32 контролерів у локальну керуючу мережу, причому в цю мережу можуть включатися також і інші моделі контролерів.

Контролери МІК-51Н можуть комплектуватися модулем розширення.

Кількість входів/виходів в базовій моделі контролера:

- аналогові входи – 4 (2 універсальних, 2 уніфікованих);
- аналогові виходи – 1;
- дискретні входи – 3;
- дискретні виходи – 5.

В даній роботі застосовується МІК-51Н Т-03-03-03-03-3, де:

Т – транзисторний вихідний сигнал;

Коди вхідного сигналу 1-го і 2-го каналу (03-03) – 4-20 мА;

Коди вхідного сигналу 3-го і 4-го каналу (03-03) – 4-20 мА;

Код вихідного сигналу – 3 відповідає уніфікованому аналоговому сигналу – 4-20 мА; Напруга живлення – 220 V AC.

Для реалізації функціональної схеми автоматизації процесу пастеризації морозива потрібно використати 4 аналогових входи, 3 аналогових виходи, 1 дискретний вихід. Для цього потрібно використати МІК-51Н і модуль розширення МР-51Н-17.

#### **2.4. Опис програми функціонування мікропроцесорного контролера МІК-51Н**

Програмування контролера здійснюється за допомогою клавіш передньої панелі або по інтерфейсу за допомогою спеціального програмного забезпечення - візуального редактора FBD-програм АЛЬФА.

В якості мови програмування в системі реалізовано мову функціональних блокових діаграм Function Block Diagram (FBD), що надає користувачеві механізм об'єктного візуального програмування.

Процес програмування зводиться до того, що вибором з бібліотеки

функціональних блоків, викликаються потрібні і об'єднуються в систему конфігурацій, в яких встановлюються необхідні параметри налаштування.

Масштабування вхідного аналогового сигналу відбувається у блоці AIN(05):

AIN(05)		1
01 nINP=1		
02 nTYPE=2	01	dERR
03 tFLT=0:00:00.1		
04 BIAS=0.	02	dMAX
05 OUT_H=500.		
06 OUT_L=-200.	03	dMIN
07 MAX=42.		
08 MIN=38.	04	OUT_SCAL
09 HYS=1.500		
10 IN_H=0.	05	OUT
11 IN_L=0.		
12 PV=0.		

nINP – номер аналогового входу

nTYPE – тип аналогового входу

OUT\_H - верхня границя виходу

OUT\_L – нижня границя виходу

OUT\_SCAL – вихід масштабованого сигналу

Масштабування здійснюється за наступною формулою:

$$OUT\_SCAL = (INP - IN\_L) \cdot \frac{(OUT\_H - OUT\_L)}{(IN\_H - IN\_L)} + OUT\_L \quad (2.1)$$

Завдання здійснюється за допомогою блоку SP(53):

SP(53)		3
01 SP=40.	01	OUT

SP – значення завдання.

OUT – вихід блоку.

Блок аналогового регулятора PID(60):

PID(60)		2
01 nDISP=1		
02 nDIR=0	01	dMAN
03 nSTR=0		
04 nTYPE=0	02	dLOC
05 nQNT_SP=2		
06 nCONV=0	03	dMAX
07 dTRK=0		
08 nMODE=0	04	dMIN
09 TI=0:00:02.0		
10 TD=0:00:00.0	05	dOUT_H
11 KP=0.800		
12 SP=0.	06	dOUT_L
13 SP_EXT=0.		
14 OUT=0.	07	OUT
15 PV_RNG=700.		
16 SP_H=100.	08	DELTA
17 SP_L=0.		

PV – вхід регулятора

nDISP – номер дисплея

nDIR – напрям дії регулятора

nSTR – структура регулятора

nTYPE – тип регулятора

SP\_Q – кількість задавань

nCONV – обрахунок

TI – час інтегрування

TD – час диференціювання

KP – коефіцієнт пропорційності

SP\_EXTERN – зовнішнє завдання

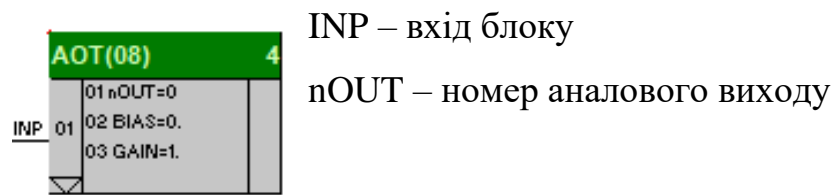
OUT\_H – верхнє обмеження виходу регулятора

OUT\_L – нижнє обмеження виходу регулятора

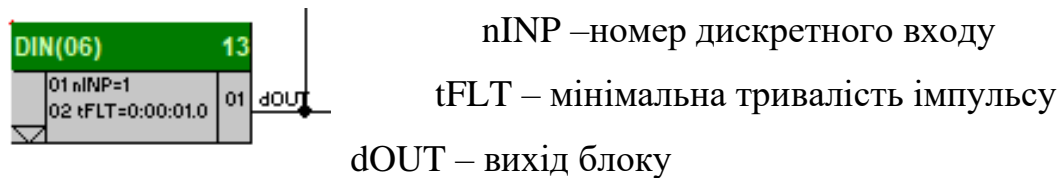
dMAN – ручне/автоматичне

OUT- вихід регулятора

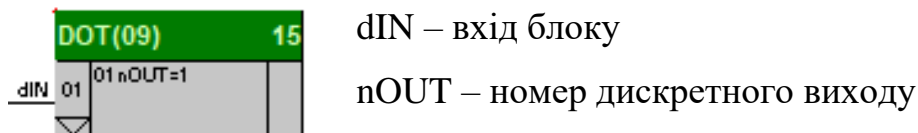
Блок аналогового виходу AOT(08):



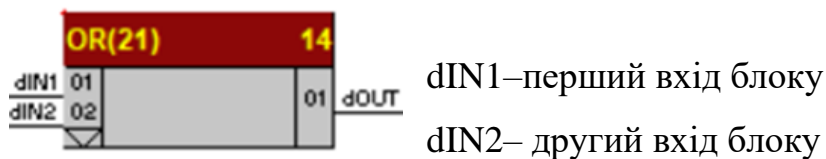
Блок дискретного входу DIN(6):



Блок дискретного виходу DOT(09):



Блок порівняння



До першого входу dIN1 підводиться вхідне значення, а до другого dIN2 – задання.

*Контур регулювання температури суміші в секції нагрівання (рис. 2.3)*

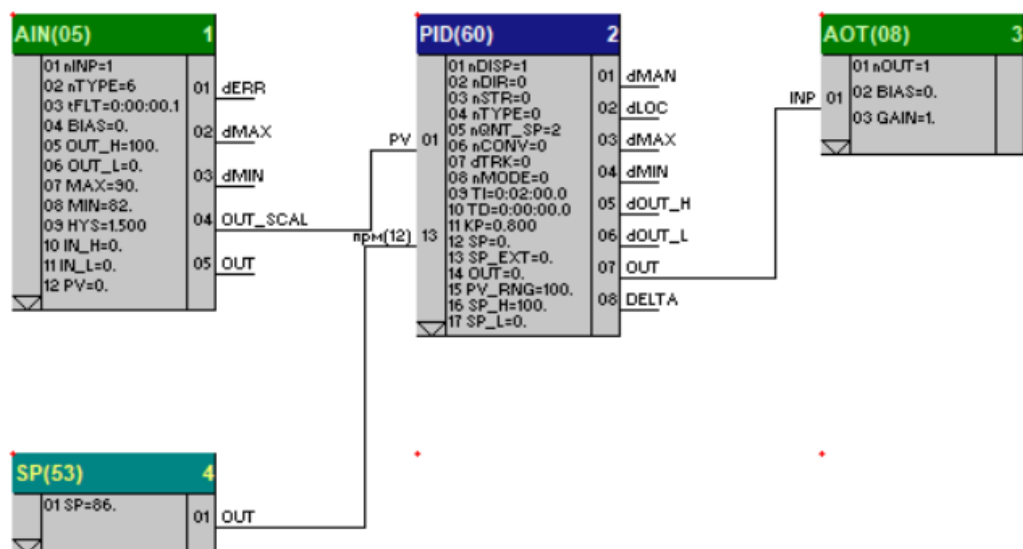


Рис.2.3. Реалізація контуру регулювання температури суміші в секції нагрівання в ALPHA 2.0

Масштабування вхідного аналогового сигналу температури з термоперетворювача опору відбувається у блоці AIN(05). Далі масштабований сигнал, що відповідає температурі суміші поступає на блок аналогового регулятора PID(60). Завдання здійснюється за допомогою блоку SP(53). Сигнал з регулятора поступає на аналоговий вихід AOT(08). Сигнали з виходу контролера подається на електропневматичний перетворювач, який пневматичним сигналом регулює положення клапану, змінюючи витрату пари.

Контур регулювання суміші в секції охолодження реалізується аналогічно, тільки напрям дії регулятора прямий.

*Контур регулювання температури суміші в секції охолодження (рис. 2.4)*

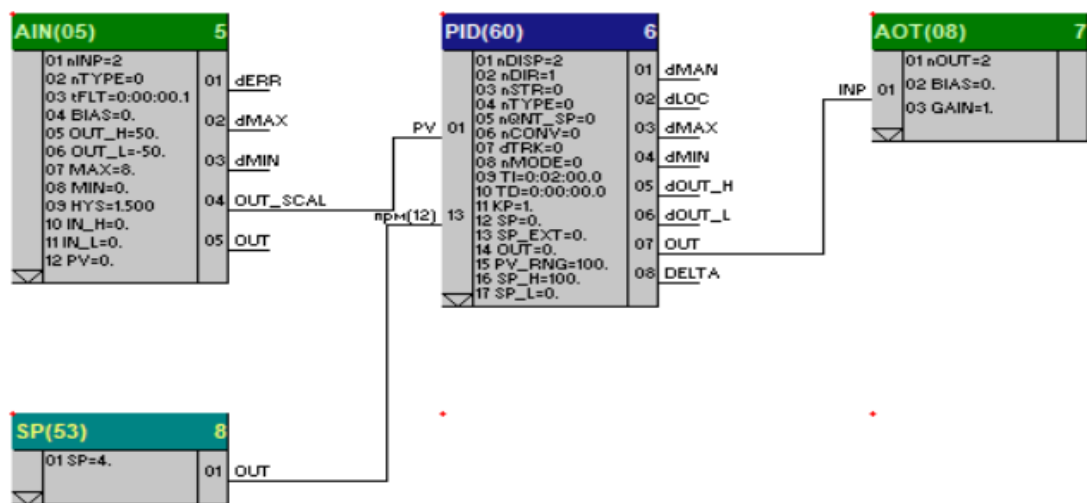


Рис.2.4. Реалізація контуру регулювання температури суміші в секції охолодження в ALPHA 2.0

Масштабування вхідного аналогового сигналу температури з термоперетворювача опору відбувається у блоці AIN(05). Далі масштабований сигнал, що відповідає температурі суміші поступає на блок аналогового регулятора PID(60). Завдання здійснюється за допомогою блоку SP(53). Сигнал з регулятора поступає на аналоговий вихід AOT(08). Сигнали з виходу контролера подається на електропневматичний перетворювач, який пневматичним сигналом регулює положення клапану, змінюючи витрату розсолу.

*Контур регулювання температури суміші на виході (рис. 2.5)*



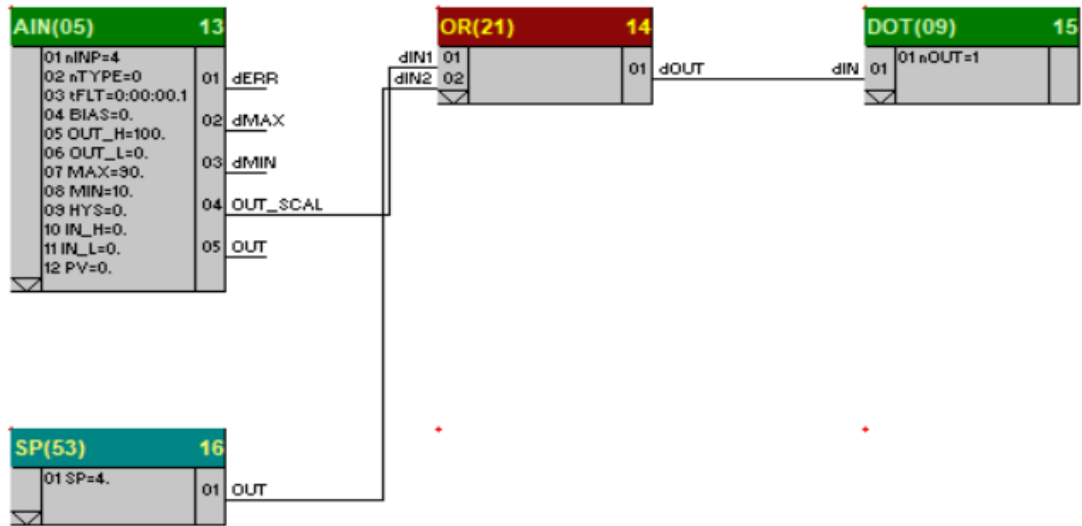


Рис.2.5. Реалізація контуру регулювання температури суміші на виході в ALPHA 2.0

Масштабування вхідного аналогового сигналу температури з термоперетворювача опорю відбувається у блоці AIN(05). Далі масштабований сигнал, що відповідає температурі суміші поступає на блок порівняння OR(14). Завдання здійснюється за допомогою блоку SP(53). Сигнал з блоку порівняння поступає на дискретний вихід DOT(09). Сигнали з виходу контролера подається на електропневматичний перетворювач, який пневматичним сигналом регулює положення триходового клапану, що перенаправляє суміш на доохолодження.

*Контроль та регулювання температури суміші в секції доохолодження (рис. 2.6)*

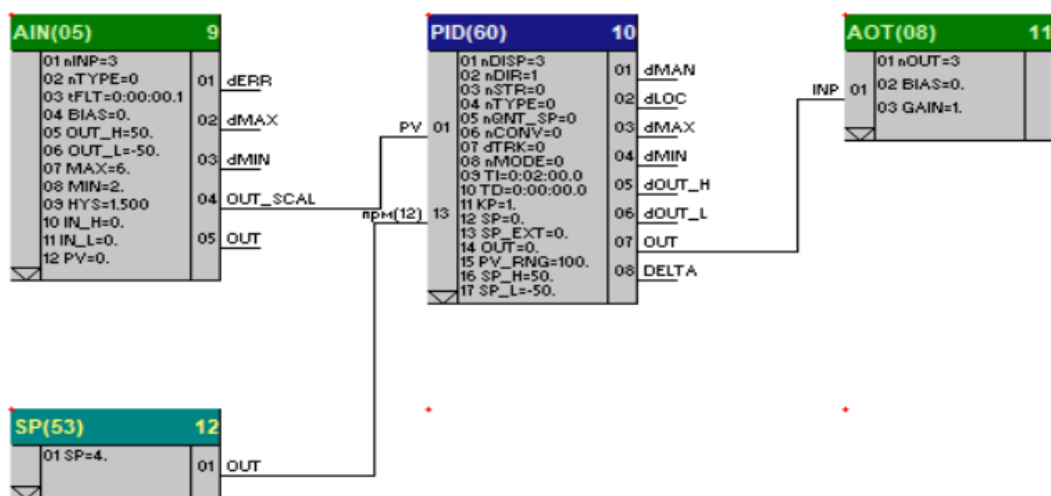


Рис.2.6. Реалізація контуру контролю та регулювання температури суміші в секції доохолодження в ALPHA 2.0

Масштабування вхідного аналогового сигналу температури з термоперетворювача опору відбувається у блоці AIN(05). Далі масштабований сигнал, що відповідає температурі суміші поступає на блок аналогового регулятора PID(60). Завдання здійснюється за допомогою блоку SP(53). Сигнал з регулятора поступає на аналоговий вихід AOT(08). Сигнали з виходу контролера подається на електропневматичний перетворювач, який пневматичним сигналом регулює положення клапану, змінюючи витрату розсолу.

*Увімкнення і вимкнення відцентрових двигунів (рис. 2.7)*

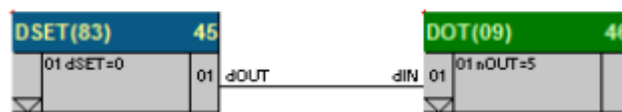


Рис.2.7. Реалізація увімкнення і вимкнення відцентрових двигунів в ALPHA 2.0

За допомогою блоку дискретного задання DSET(83) та дискретного виходу DOT(09) будемо вмикати або вимикати відцентрові насоси.

## 2.5. Електричні схеми з'єднань контролера із засобами автоматизації

В даній роботі була розроблена принципова електрична схема з'єднань контролера МІК-51Н. Схема передбачає під'єднання:

- два термоперетворювачі опору ТСПУ-1088
- два термоперетворювачі опору з під'єднаним до нього нормуючим перетворювачем Siemens TH100;

- двох контакторів Siemens Sirius 3RT1026

- трьох електропневматичних перетворювачів Samson I/P6111;

- одного електропневматичного перетворювача ППЕ-2;

До аналогових входів контролера під'єднуються провідники від двох термоперетворювачів опору ТСПУ-1088 і два термоперетворювачі опору з під'єднаним до нього нормуючим перетворювачем Siemens TH100.

До аналогових виходів під'єднанні провідники від трьох електропневматичних перетворювачів Samson I/P3747 і один ППЕ-2.

Нумерація клем і сигналів контролера МІК-51Н показана на рис. 2.8, а нумерація клем і сигналів модуля розширення МР-51Н-17 – на рис. 2.9.

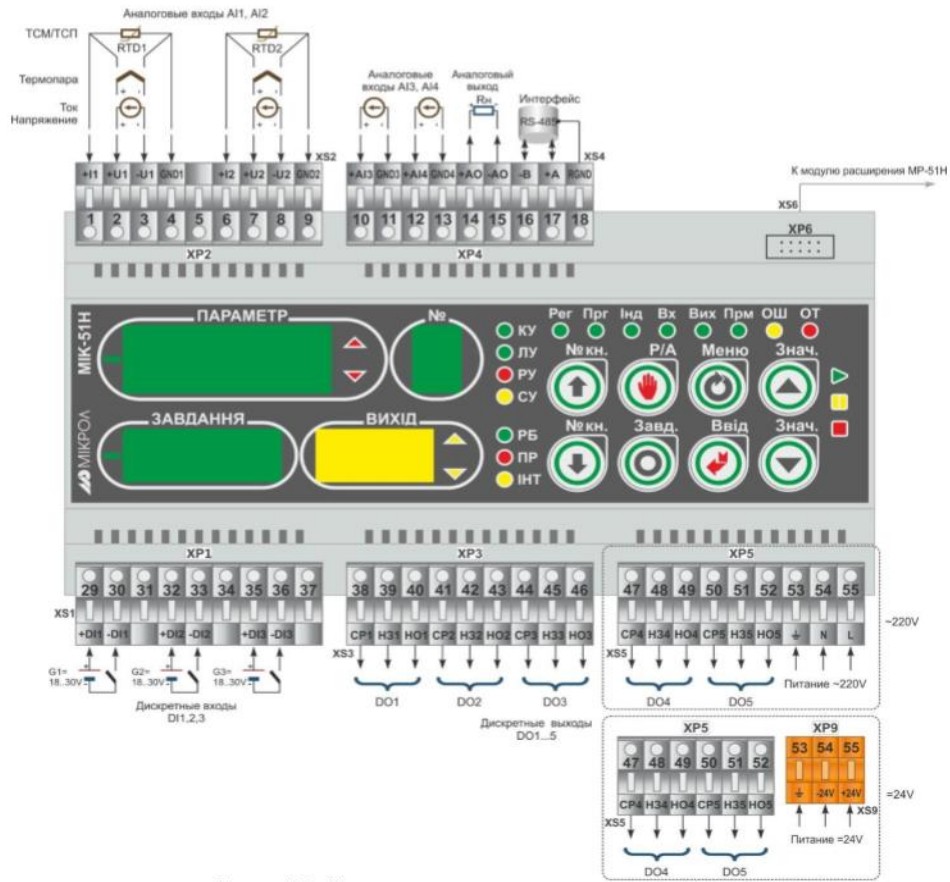


Рис.2.8. Нумерація клем і сигналів контролера МІК-51Н

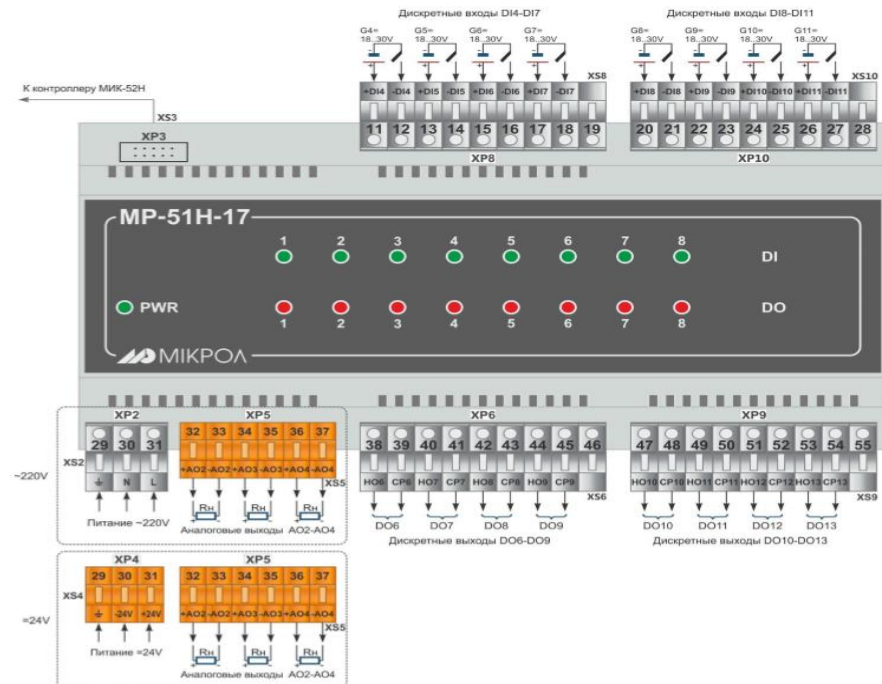


Рис.2.9. Нумерація клем і сигналів модуля розширення МР-51Н-17

Живлення контролера МІК51Н здійснюється за допомогою блоку живлення БП-30-1к-24, який перетворює змінну напругу 220В в постійну напругу 24В (рис. 2.10).



Рис.2.10. Схема підключення блоку живлення БП-30-1к-24

Схема підключення термоперетворювача опору ТСПУ-1088 наведена на рис. 2.11.

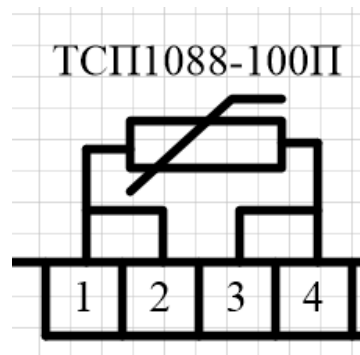


Рис.2.11. Схема підключення термоперетворювача опору ТСПУ-1088

Схема підключення термоперетворювача опору ТСП1088 з під'єднаним до нього нормуючим перетворювачем Siemens TH100 наведена на рис. 2.12.

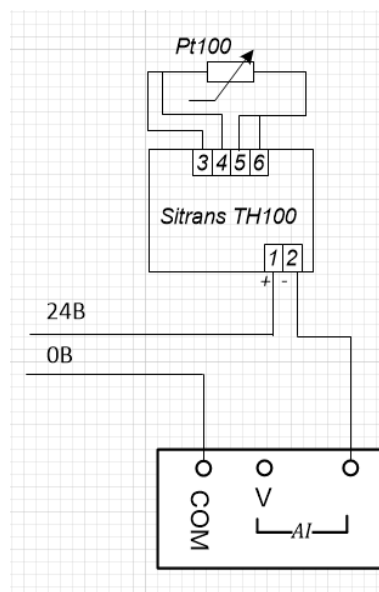


Рис.2.12. Схема підключення термоперетворювача опору ТСП1088 з під'єднаним до нього нормуючим перетворювачем Siemens TH100

На рис. 2.13 наведена схема підключення електропневматичного перетворювача Samson I/P 3747, а схема підключення електропневматичного перетворювача ППЕ-2 – на рис. 2.14.

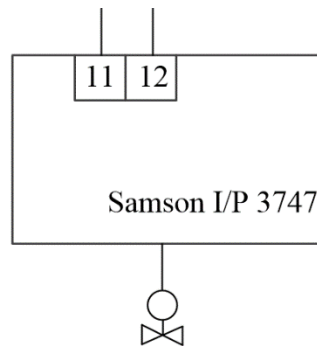


Рис.2.13.Схема підключення електропневматичного перетворювача

*Samson I/P 3747*

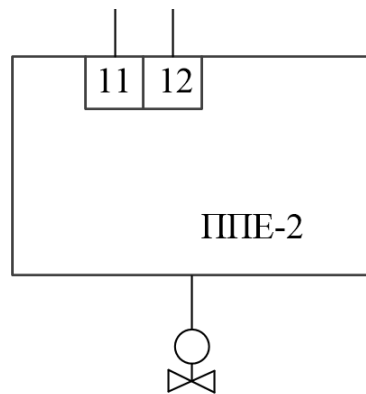


Рис.2.14.Схема підключення електропневматичного перетворювача

ППЕ-2

Схема підключення контактора Siemens Sirius 3RT1026 наведена на рис. 2.15.

Були обрані первинні перетворювачі для вимірювання температури в різних секціях пастеризатора та мікропроцесорний контролер. Наведено їх технічні характеристики, що забезпечать необхідну якість керування процесом пастеризації морозива.

Розроблена та описана програма, за якою працює контролер МІК 51Н. і показана принципова електрична схема зовнішніх з'єднань контролера МІК 51Н з обраними засобами автоматизації.

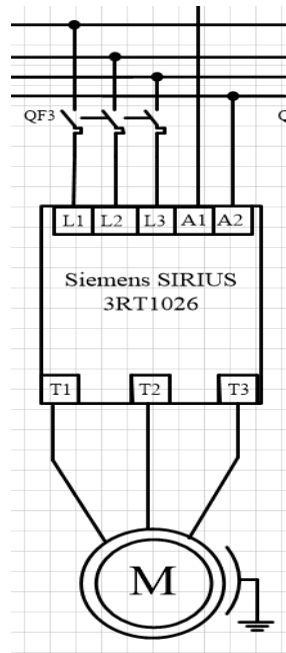


Рис.2.15. Схема підключення контактора Siemens Sirius 3RT1026.

### **3. РОЗРАХУНОК І МОДЕЛЮВАННЯ СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО РЕГУЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ ПАСТЕРИЗАЦІЇ МОЛОКА**

#### **3.1. Складання математичної моделі об'єкта регулювання і розрахунок її параметрів**

У даному розділі бакалаврської кваліфікаційної роботи досліджується система автоматичного регулювання (САР) температури суміші (морозива) в пастеризаторі. Регулюючою величиною даного об'єкта регулювання є зміна витрати пари, а регульованою – температура суміші (морозива) в пастеризаторі.

Побудуємо математичну модель за наявністю експериментальної кривої розгону, яка була отримана зміною положення регулюючого органу (РО) на 15% в пастеризаторі. Вихідні дані наведені у таблиці 3.1.

Основними показниками якості є:

- час регулювання,
- максимальне динамічне відхилення,
- коливальність,
- похибка регулювання.

Крім цього до якості регулювання можуть висуватися й інші вимоги, такі як: максимальна швидкість зміни значення величини, яка регулюється, основна частота її коливань, тощо.

Часом регулювання називається час, протягом якого, починаючи з моменту нанесення збурення на систему, відхилення значень регульованої величини від її уссталеного значення буде меншим віднаперед заданого значення. Час регулювання визначає тривалість перехідного процесу.

Максимальне динамічне відхилення - максимальне відхилення значення регульованої величини від устанавленого значення.

Колівальність системи характеризується числом коливань вимірюваної величини за час регулювання.

Точність регулювання визначається як різниця між значенням регульованої величини, яке встановилось після закінчення перехідного процесу, і її заданим значенням.

Вимоги до якості регулювання згідно технічного регламенту:

- Регулююча дія – відкриття клапана на лінії паропроводу на 15%.
- Задане значення регульованої величини – 86 °С
- Максимальне допустиме відхилення - 3°С
- Допустима похибка регулювання – 0,5°С
- Допустимий час регулювання – 200 с.

*Таблиця 3.1*

**Експериментальні значення кривої розгону, отриманої при стрибкоподібній зміні регулюючої дії на 15%.**

<b>t,с</b>	<b>T°С</b>
0	86
20	86,05
40	86,18
60	86,61
80	87,12
100	87,82
120	88,38
140	88,83
160	89,17
180	89,44
200	89,63
220	89,73
240	89,81
260	89,88
280	89,95
300	89,98
320	90

Перехідний процес отриманий із експериментальних даних буде мати вигляд (рис. 3.1):



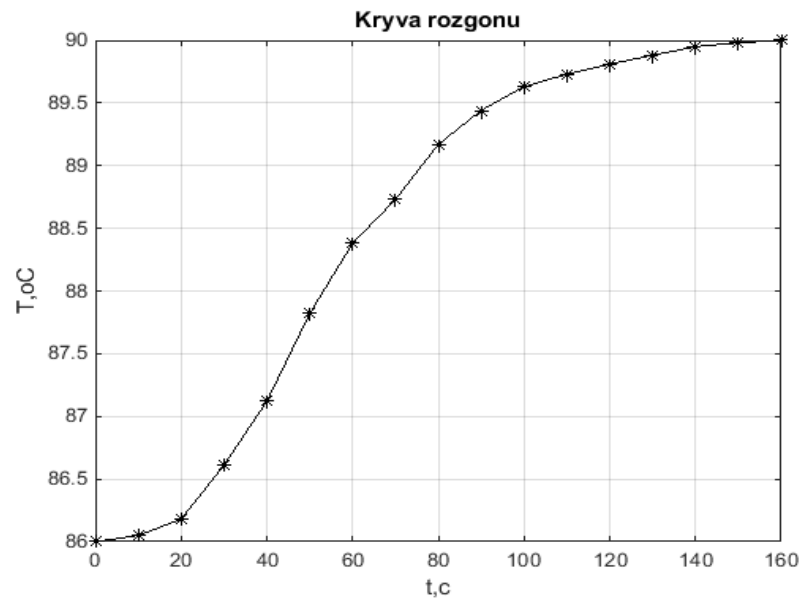


Рис.3.1 Крива розгону, по температурі в пастеризаторі, отримана стрибкоподібним відкриттям РО на 15%

Задача знаходження математичної моделі об'єкта за його експериментальною кривою розгону розв'язується в три етапи:

- Виходячи з характеру експериментальної кривої розгону і беручи до уваги відомі залежності між функціями передачі і перехідними функціями, обирають передбачувану структуру моделі об'єкта і відповідну до неї функцію передачі в загальному вигляді;
- Знаходять числові значення параметрів моделі об'єкта за обраною методикою і отримують конкретну функція передачі моделі;
- Знаходять розрахункові значення перехідної функції обраної моделі і перевіряють точність;
- За виглядом експериментальної кривої розгону оберемо функцію передачі у вигляді послідовного з'єднання трьох аперіодичних ланок :

$$W(p) = \frac{k}{(Tp + 1)^3},$$

де  $k$ - коефіцієнт передачі аперіодичної ланки,  $T$  - стала часу.

Для знаходження параметрів функції передачі скористаємося функцією Matlab `fminsearch.m`. Для цього розробимо програму, яка складається із основної частини та файл-функції. Основна програма використовує цю функцію, в котрій сформовано критерій якості моделі – середньоквадратичне відхилення між

експериментальними та розрахунковими значеннями кривих розгону. Також функція знаходить значення параметрів функції передачі, при яких забезпечується мінімум середньоквадратичного відхилення розрахункових значень кривої розгону.

```
t_ek=[0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100 110 120 130 140 150 160];
T_ek=[86 86.05 86.18 86.61 87.12 87.82 88.38 88.73 89.17 89.44 89.63
89.73 89.81 89.88 89.95 89.98 90];
figure(2);
plot(t_ek,T_ek,'*-k');grid;
title('Kryva rozgonu');
xlabel('t,c');
ylabel('T,oC');
yn=86;
dx=15;
dy=90-yn;
t=[0:10:160];
T_ek=interp1(t_ek,T_ek,t);
x0=[1 1];
x=fminsearch('naklad_f_oleg',x0);
k=x(1), T1=x(2)
W1=tf(k, [T1 1]);
W2=tf(1, [T1 1]);
W=W1*W2*W2;
yroz=step(W,t)*dx+yn;
figure(1); plot(t,yroz,'-b',t_ek,T_ek,'ok');grid;
title('Porivniannia kryvyx rozhony');
xlabel('t,c');
ylabel('T,oC');
s=sqrt(sum((yroz'-T_ek).^2)),
del=max(abs(yroz'-T_ek))/dy*100
```

Файл-функція

**function** s=naklad\_f\_oleg(x)

```
t_ek=[0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100 110 120 130 140 150 160];
T_ek=[86 86.05 86.18 86.61 87.12 87.82 88.38 88.73 89.17 89.44 89.63 89.73 89.81
89.88 89.95 89.98 90];
yn=86;
dy=90-yn;
dx=15;
t=[0:10:160];
T_ek=interp1(t_ek,T_ek,t);
k=x(1); T1=x(2);
W1=tf(k, [T1 1]);
W2=tf(1, [T1 1]);
W=W1*W2*W2;
T_roz=step(W,t)*dx+86;
s=sum((T_roz'-T_ek).^2);
```

Результатом виконання програми є значення параметрів та графік порівняння кривих розгону (рис. 3.2):

$T = 20.4775$  – стала часу об'єкту регулювання

$k = 0.2743$  – коефіцієнт передачі

$\delta = 3.9629$  – максимальне значення відносної похибки

$s = 0.1232$  – середньоквадратичне відхилення.

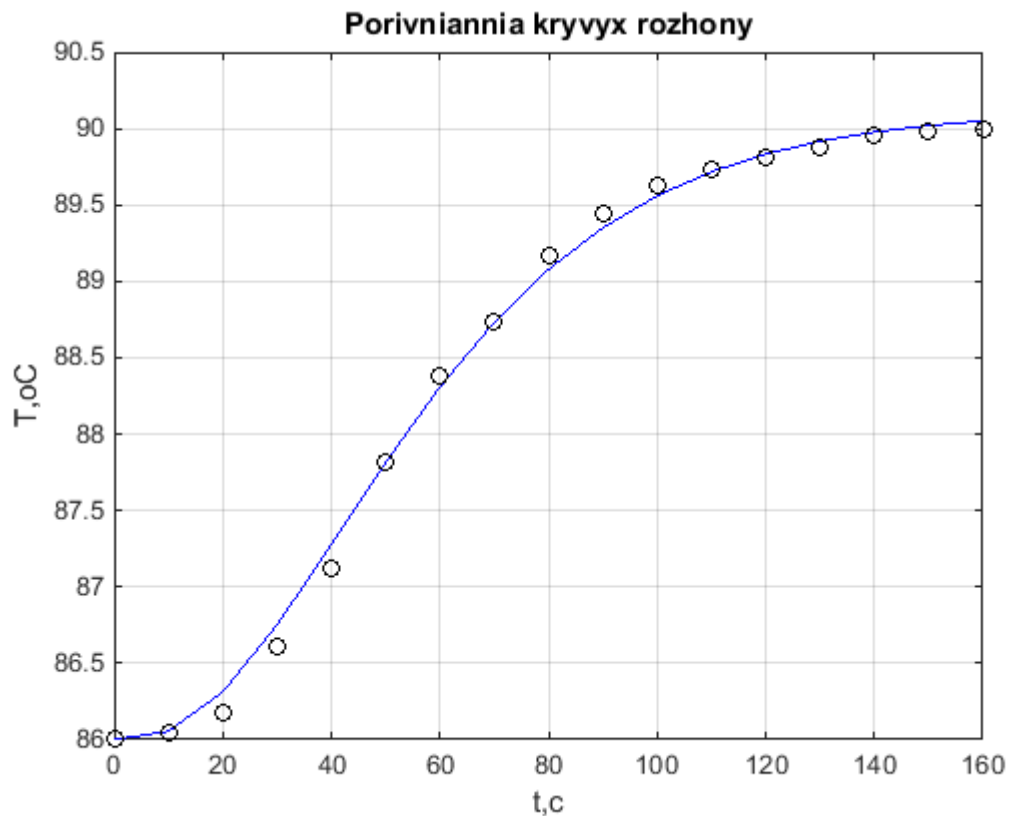


Рис.3.2.– Апроксимована та експериментальна криві розгону

Точність апроксимації для об'єктів із самовирівнюванням вважається задовільною, якщо зведена похибка  $\delta$  не перевищує 5%.

Максимальна зведена похибка  $\delta = 3.9629\%$ . Оскільки вона не перевищує 5%, то можна зробити висновок, що знайдена модель адекватна заданій експериментальній кривій розгону.

Отже, функція передачі об'єкту має вигляд:

$$W(p) = \frac{0,27}{(20,48p + 1)^3}$$

### 3.2. Розрахунок параметрів налаштування автоматичного регулятора

Обираємо одноконтурну систему автоматичного регулювання з ПІ-регулятором та функцією передачі  $W(p) = \frac{0,27}{(20,48p+1)^3}$ .

Значення параметрів налаштування регулятора наближено можуть бути знайдені за спрощеною методикою, яка ґрунтується на припущенні про можливість описання об'єктів регулювання через функції передачі типу: аперіодична ланка першого порядку, інтегруюча ланка, диференційна ланка, ланка запізнення та інші. Зрозуміло, що ця методика не може бути застосована для об'єктів, які не описуються функціями передачі цих ланок. Тому для знаходження оптимальних значень параметрів налаштування регулятора необхідно застосувати спеціально розроблені теоретично обґрунтовані методи: метод розширених частотних характеристик, метод розрахунку параметрів за показником коливальності  $m$ . Для розрахунку САР, яка знаходиться під дією випадкових процесів, застосовують дисперсійний метод.

Розрахунок оптимальних параметрів налаштування за методом розширених частотних характеристик базується на амплітудо-фазовому критерії стійкості, який можна інтерпретувати як критерій запасу стійкості, якщо замість звичайних частотних характеристик застосувати розширені частотні характеристики.

Розширена частотна характеристика елемента з відомою функцією передачі визначаються заміною в ній оператора Лапласа:

$$p = -m\omega \pm i\omega$$

де  $\omega$  – кругова частота;  $m = \alpha / \beta$  – ступінь коливальності, який характеризує запас стійкості;  $\alpha$  – абсолютне значення дійсної частини комплексного кореня характеристичного рівняння;  $\beta$  – значення уявної частини комплексного кореня характеристичного рівняння.

Умова забезпечення заданого запасу стійкості формулюється на основі амплітудно-фазового критерію стійкості Найквіста, в якому застосовуються розширені частотні характеристики розімкнутої системи автоматичного регулювання [7]:

$$W_{op}(m, i\omega) = W_{op}(m, i\omega)W_p(m, i\omega) = -1$$

де  $W_{op}(m, i\omega)$  - розширена амплітудно-фазова характеристика (АФХ) об'єкта регулювання,  $W_p(m, i\omega)$  - розширена АФХ регулятора.

Перед розрахунком налаштування регулятора ставляться такі завдання:

- знаходження області стійкості по заданому розташуванню коренів характеристичного рівняння замкнутої САР (метод розширених амплітудно-фазових характеристик (АФХ));

В основі методу розширених АФХ покладено критерій стійкості Найквіста.

Для розширеної АФХ вводять [7]:

$$P = -m \cdot \omega + i \cdot \omega;$$

де  $m$ - ступінь коливальності.

Отже, для знаходження параметрів налаштування ПІ-регулятора необхідно виконати таку послідовність операцій:

- знаходження функції  $W_{op}(m, i \cdot \omega)$ ;
- приведення функції  $W_{op}(m, i \cdot \omega)$  до вигляду  $W_{op}(m, i \cdot \omega) = U + i \cdot V$ ;
- знаходження розширеної амплітудно-частотної характеристики:

$$A(m, i \cdot \omega) = \sqrt{U^2 + V^2};$$

- знаходження розширеної фазо-частотної характеристики

$$\varphi(m, i \cdot \omega) = \arctg\left(\frac{V}{U}\right);$$

- розрахунок параметрів  $\frac{K_p}{T_i}$  і  $K_p$  в межах частот  $\omega^* \div \omega^{**}$

$$\frac{K_p}{T_i} = \frac{\omega \cdot (m^2 + 1) \cdot \sin(\varphi(m, i \cdot \omega))}{A(m, i \cdot \omega)};$$

$$K_p = \frac{m \cdot \sin(\varphi(m, i \cdot \omega)) - \cos(\varphi(m, i \cdot \omega))}{A(m, i \cdot \omega)};$$

де  $\omega^*$  і  $\omega^{**}$  знаходять з умов:

$$\varphi(m, \omega^*) = -\frac{\pi}{2} + \arctg(m);$$

$$\varphi(m, \omega^{**}) = -\pi$$

- побудова області налаштування ПІ-регулятора в площині  $\frac{K_p}{T_i}$  і  $K_p$  та знаходження параметрів.

Побудову розширеної фазочастотної характеристики об'єкта регулювання здійснюють за допомогою наведеної нижче програми в середовищі Matlab (рис. 3.3):

```
clc,clear;
w=[0.01:0.001:0.06];
m=0.31; k=0.2773; T1=20.4775;
p=-m*w+i*w;
Wop=k./(T1.*p+1).^3;
fi=phase(Wop);
j=1:length(w);
a(j)=-pi;
b(j)=-pi/2+atan(m);
plot(w,fi,w,a,w,b); grid;
xlabel('w,rad/sec');
ylabel('fi,rad');
```

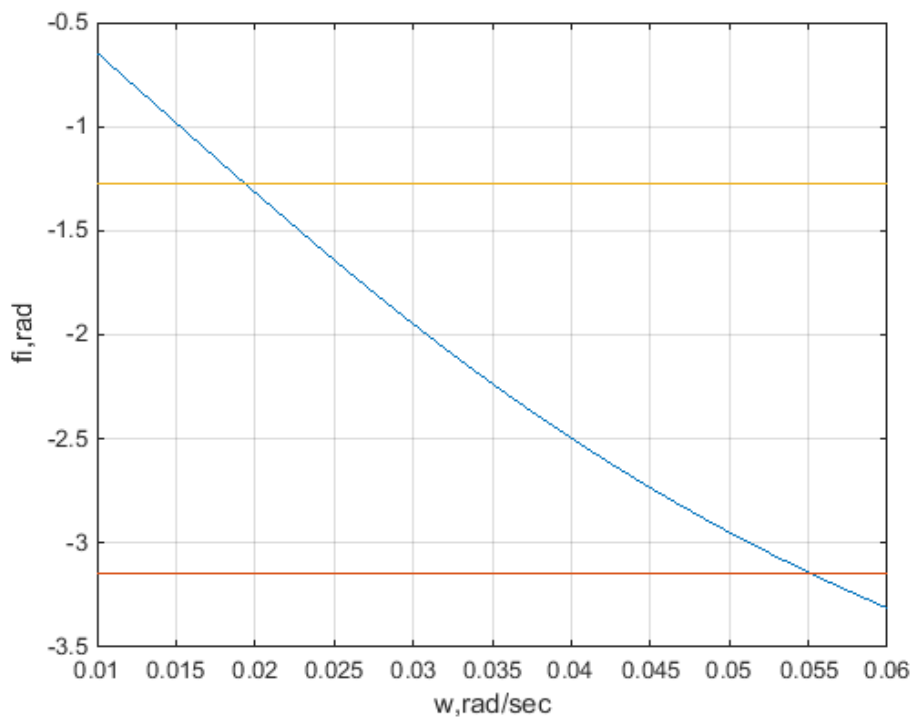


Рис. 3.3. Розширена фазочастотна характеристика об'єкта регулювання

З графіку визначаємо частоти П та І регуляторів:  $\omega^* = 0.019$  рад/с;  $\omega^{**} = 0.055$  рад/с. Оптимальні параметри налаштування регулятора знаходяться із знайденої границі області заданого запасу стійкості. Під оптимальними розуміють такі значення параметрів налаштування, які при заданому запасі стійкості САР забезпечують мінімальне значення обраного критерію оптимальності. Для

точного визначення оптимальних параметрів налаштування ПІ-регулятора необхідно розрахувати значення другої інтегральної оцінки  $J_2$  перехідного процесу за регулюючою дією при різних значеннях параметрів налаштування ПІ-регулятора зі знайденої області заданого запасу стійкості і знайти таку пару значень  $k_{popt}, (\frac{k_p}{T_{i3}})_{opt}$ , при якій  $J_2$  набуде найменшого значення. Таким чином

оптимальними параметрами налаштування регулятора є такі, що при заданому запасі стійкості САР забезпечують мінімальне значення інтегральної оцінки [7].

Нижче наведена програма для побудови графіку області заданого запасу стійкості, залежності інтегральної квадратичної оцінки від параметра налаштування  $k_p$  та розрахунку оптимальних параметрів настроювання САР з ПІ-регулятором:

```
clear;clc;
w=[0.019:0.001:0.055];
m=0.31; k=0.2773; T1=20.4775 ;
t=[0:160];
p=-w.*m+w.*i;
Wor=k./ (T1.*p+1) ./ (T1.*p+1) ./ (T1.*p+1);
fi=phase(Wor);
Aor=abs(Wor);
kp_Ti=- (m^2+1) .*sin(fi) .*w) ./Aor;
kp=(-cos(fi)-m*sin(fi)) ./Aor;
    for i=1:length(w)
        t=[0:1:160];
        Wor1=tf(k, [T1 1]);
        Wor2=tf(1, [T1 1]);
        Wor3=tf(1, [T1 1]);
        Wor=Wor1*Wor2*Wor3;
        War1=tf(kp(i), [1]);
        War2=tf(kp_Ti(i), [1 0]);
        War=War1+War2;
        Wcap=Wor/(1+Wor*War);
        y=step(Wcap,t) .*20;
        q=trapz(t,y.^2);
        S(i)=q;
        Jmin=min(S);
        if S(i)==Jmin;
            kp_Tiopt=kp_Ti(i)
            kpopt=kp(i);
        end
    end
kpopt
kp_Tiopt
Jmin
```

```

figure(1);plot(kp, kp_Ti, '-k',kpopt,kp_Tiopt, 'k*');grid;
xlabel('kp'); ylabel('kp/Ti');
figure(2);plot(kp, S, '-k',kpopt,Jmin, 'k*');grid;
xlabel('kp'); ylabel('J')

```

В результаті виконання програми отримаємо (рис. 3.4 і рис. 3.5):

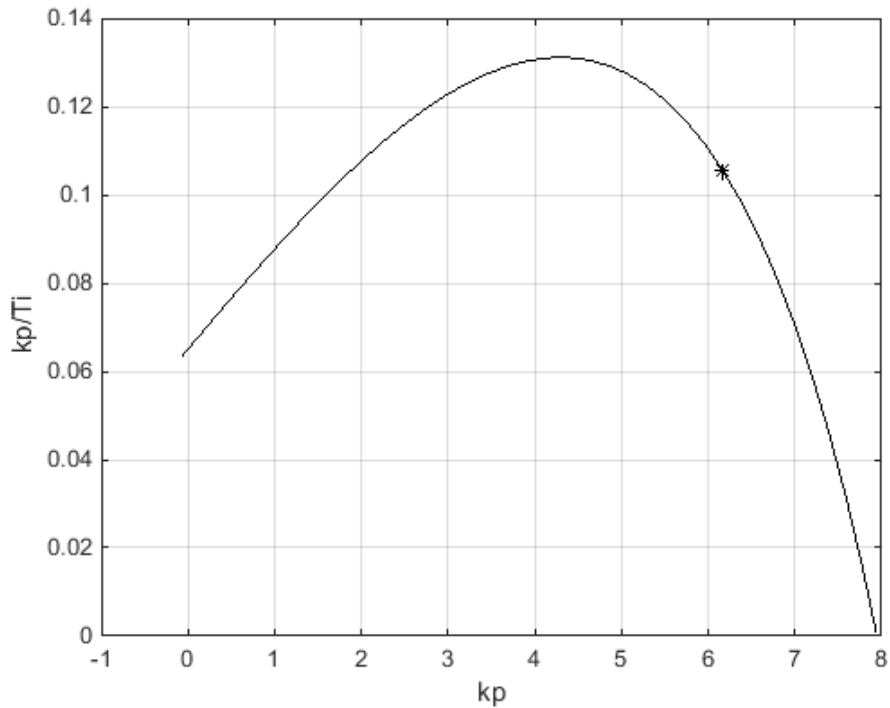


Рис.3.4. Границя області заданого запасу стійкості САР температури з ПІ-регулятором

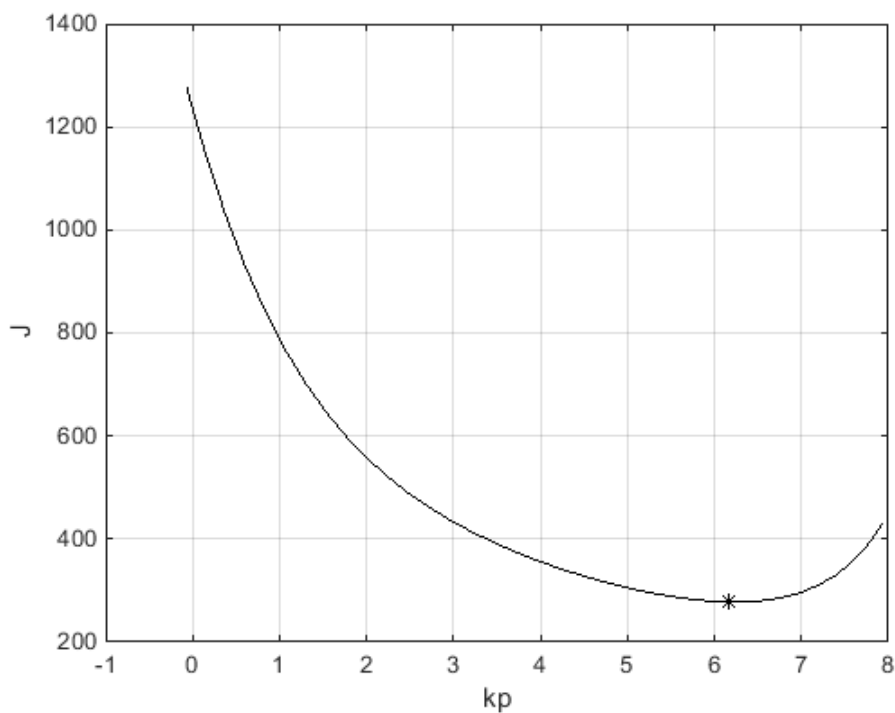


Рис. 3.5 Графік залежності другої інтегральної оцінки від коефіцієнта передачі регулятора



$K_{popt} = 6.1656$  – оптимальне значення  $K_p$ ;

$k_{p\_Tiopt} = 0.1056$  – оптимальне значення  $\frac{K_p}{T_{iz}}$ ;

$J_{min} = 277.7526$  ( $^{\circ}C^2$ )·с

Отже, функція передачі ПІ-регулятора має вигляд:

$$W_{ap} = 6.1656 + \frac{0.1056}{p}$$

### 3.3. Дослідження перехідних процесів в САР при оптимальних параметрах налаштування ПІ-регулятора

Маючи параметри налаштування ПІ-регулятора в бібліотеці Simulink складаю модель САР з оптимальними параметрами ПІ-регулятора (рис.3.6) та досліджую її при стрибкоподібному переміщенні РО на 20% (рис.3.7.), при стрибкоподібній зміні температури суміші (морозива) на 3  $^{\circ}C$  (рис.3.8) та при зміні завдання на 2  $^{\circ}C$  (рис.3.9)

Складаємо модель даного контуру регулювання у середовищі Simulink із отриманими параметрами ПІ-регулятора.

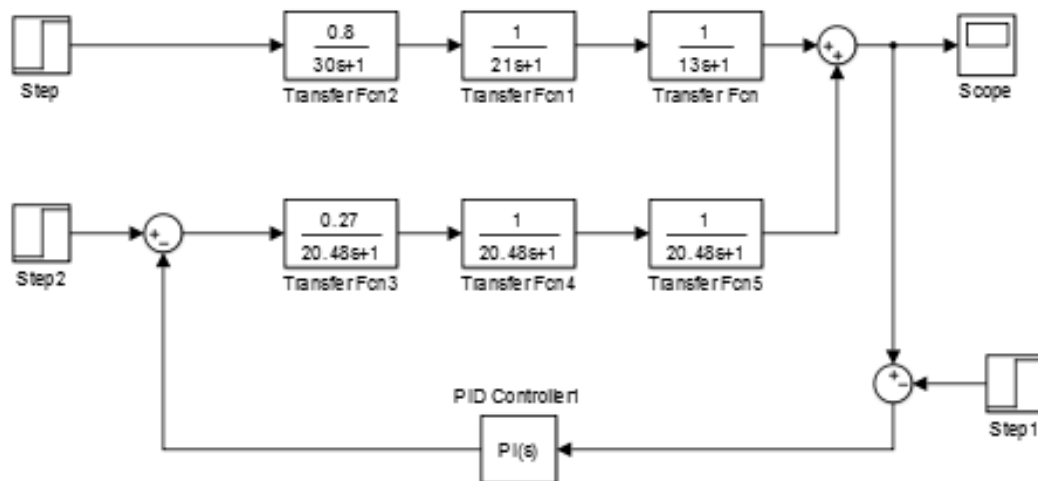


Рис. 3.6 Структурна схема одноконтурної САР з ПІ-регулятором

Змодельюємо перехідний процес у САР при стрибкоподібному переміщенні РО на паропроводі на 20%.

З отриманого графіку рис.3.7 визначаємо показники якості:

- максимальне динамічне відхилення  $A=2.35$   $^{\circ}C$
- час регулювання  $t_p=120$  с. коефіцієнт зникання коливань  $\psi=0,85$

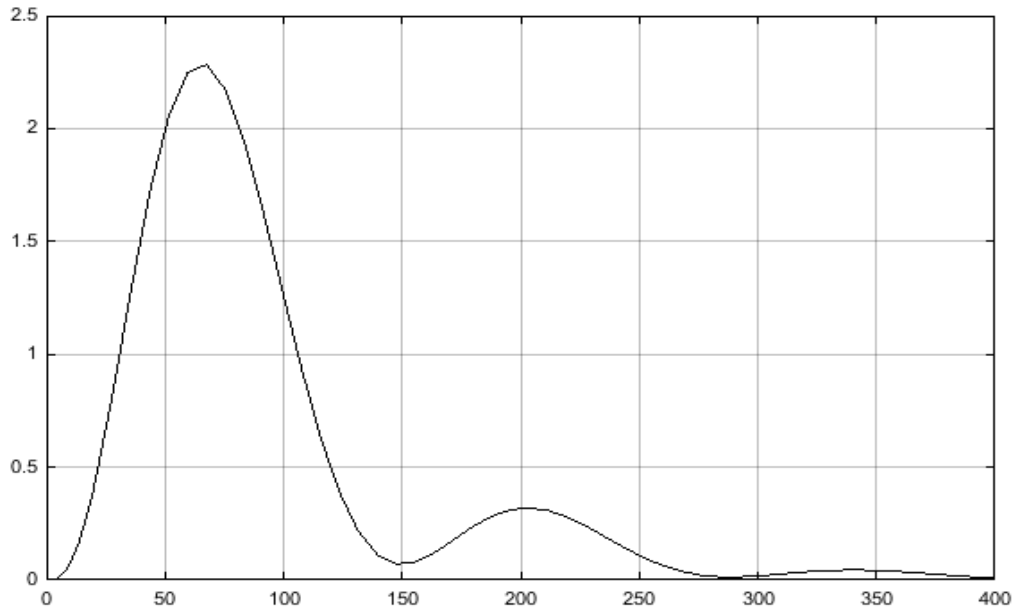


Рис. 3.7. Графік перехідного процесу САР температури, отримана стрибкоподібним відкриттям РО на 20% на паропроводі

Як бачимо, отриманий перехідний процес із розрахованими параметрами налаштованого ПІ-регулятора повністю задовольняють необхідні умови якості, отже параметри регулятора знайдені правильно.

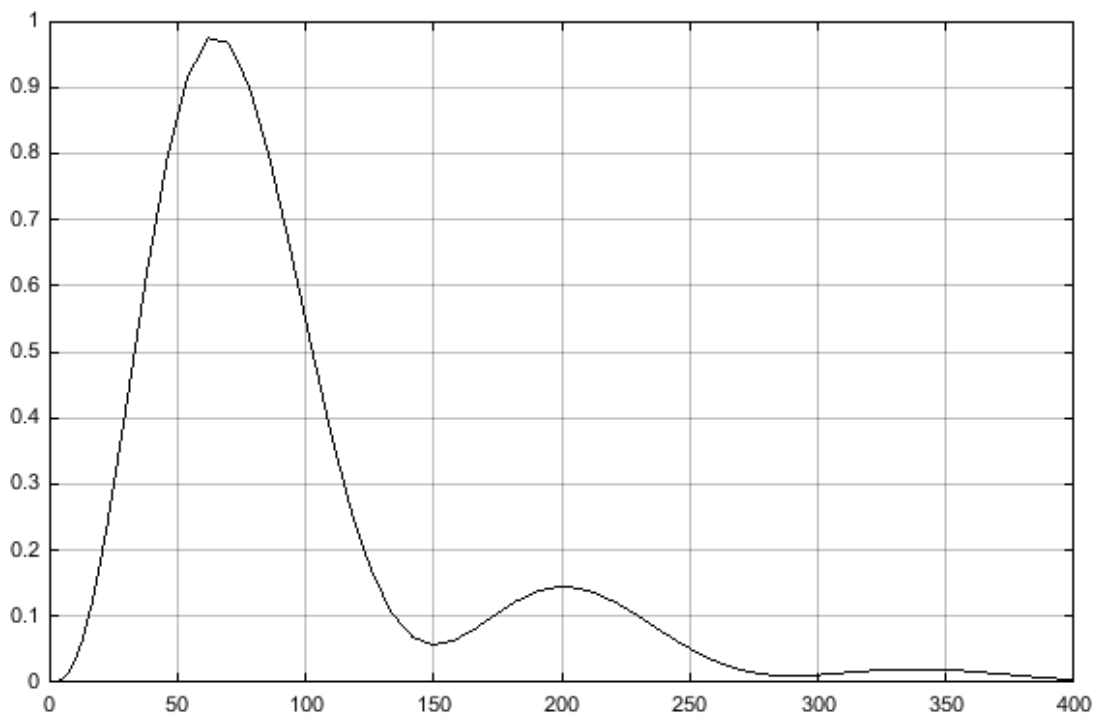


Рис.3.8 Графік перехідного процесу САР температури при стрибкоподібній зміні температури суміші(морозива) на 3 °C

З отриманого графіку рис.3.8 визначаємо показники якості:

- максимальне динамічне відхилення  $A=0.98\text{ }^{\circ}\text{C}$ ;
- час регулювання  $t_p=105\text{ с}$ .
- коефіцієнт зникання коливань  $\psi=0,84$

По отриманому графіку перехідного процесу можна зробити висновки, що при застосування ПІ-регулятора для даної САР при стрибкоподібній зміні температури суміші(морозива) на  $3\text{ }^{\circ}\text{C}$  будуть виконуватися вимоги по якості перехідного процесу.

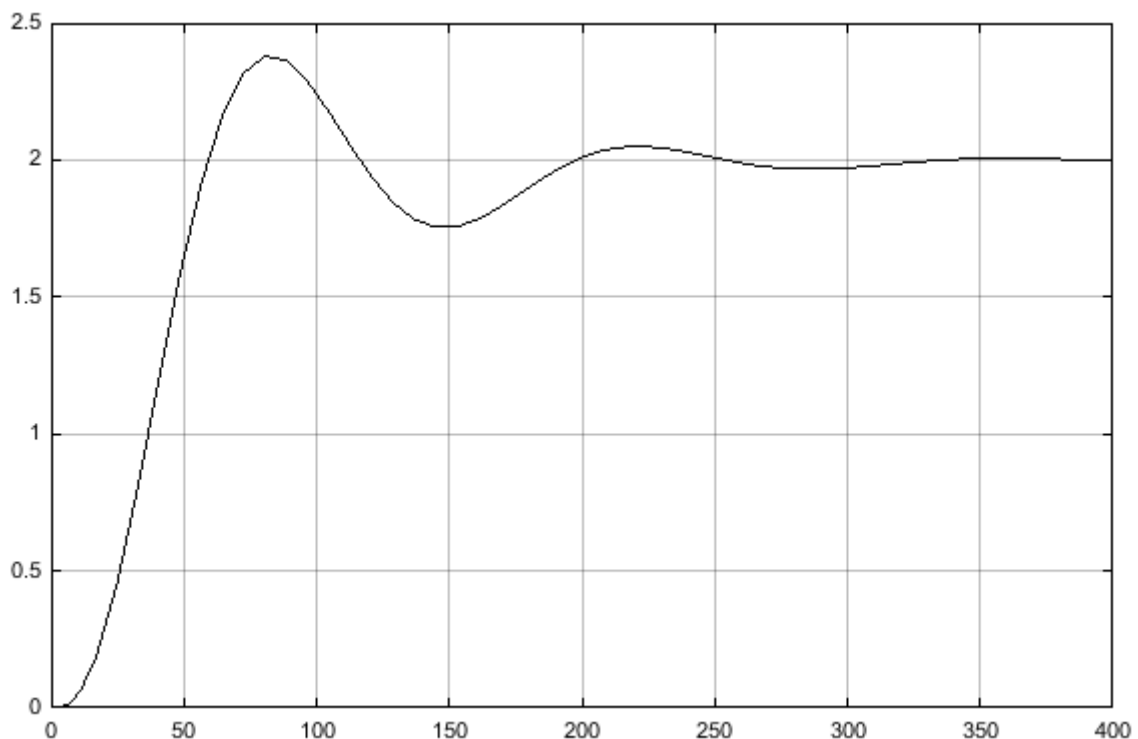


Рис.3.9 Графік перехідного процесу САР температури з ПІ-регулятором при зміні завдання на  $2\text{ }^{\circ}\text{C}$

З отриманого графіку рис.3.9 визначаємо показники якості:

- максимальне динамічне відхилення  $A=0.38\text{ }^{\circ}\text{C}$ ;
- час регулювання  $t_p=48\text{ с}$
- коефіцієнт зникання коливань  $\psi=0,79$

По отриманому графіку перехідного процесу можна зробити висновки, що при застосування ПІ-регулятора для даної САР при стрибкоподібній зміні температури на 2 °С будуть виконуватися вимоги по якості перехідного процесу:

За експериментальною кривою розгону, отриманою стрибкоподібною зміною регулюючої дії на 15%, знайдена функція передачі об'єкта регулювання за допомогою функції `fminsearch` середовища Matlab.

$$W(p) = \frac{0,27}{(20.48p + 1)^3}$$

Отримана модель є адекватною і зведена похибка апроксимації кривої розгону становить  $\text{del}=3.9629\%$ .

На основі математичної моделі об'єкта регулювання, методом розширених частотних характеристик, розраховані оптимальні параметри настроювання ПІ-регулятора, що забезпечують мінімум другої інтегральної оцінки перехідного процесу за регулюючою дією. Модель ПІ-регулятора:

$$W_{\text{ap}} = 6.1656 + \frac{0.1056}{p}$$

В результаті дослідження САР температури за зміною відкриття РО збурення каналом регулюючої дії на 20% ходу РО, отриманий перехідний процес та визначені показники якості:

Час регулювання  $t_p=120$  с, що не перевищує допустимого значення – 200с.

Максимальне динамічне відхилення  $A=2,35$  °С, що не перевищує допустимого значення - 3°С.

При дії САР температури збурення каналом збурюючої дії, я отримав перехідний процес та визначила показники якості:

Час регулювання  $t_p= 105$  с, що не перевищує допустимого значення – 200с.

Максимальне динамічне відхилення  $A=0.98$  °С, що не перевищує допустимого значення - 3°С.

При зміні заданого значення на 2°С, я отримав перехідний процес та визначила показники якості:

Час регулювання  $t_p= 48$ с, що не перевищує допустимого значення – 200с.

Максимальне динамічне відхилення  $A=0,38$  °С, що не перевищує допустимого значення - 3°С.

Отже досліджена САР повністю задовольняє вимоги по якості.

### **3.4.Опис схеми автоматизації**

#### *Регулювання температури суміші в зоні нагрівання*

Сигнал з термоперетворювача опору ТСПУ-1088 (поз. 1-1) поступає на МІК-51Н. Вихідний аналоговий сигнал контролера поступає на електропневматичний перетворювач SamsonI/P 3747 (поз. 1-2), який керує регулюючим клапаном Samson 3510-1 (поз. 1-3), змінюючи витрату подачі пари.

#### *Регулювання температури суміші в зоні охолодження*

Сигнал з термоперетворювача опору ТСПУ-1088 (поз. 2-1) поступає на МІК-51Н. Вихідний аналоговий сигнал контролера поступає на електропневматичний перетворювач SamsonI/P 3747 (поз. 2-2), який керує регулюючим клапаном Samson 3510-1 (поз. 1-3), змінюючи витрату подачі розсолу.

#### *Регулювання температури суміші на виході*

Аналоговий сигнал з термоперетворювача опору ТСП-1088 (поз. 3-1), що працює з нормуючим перетворювачем Sitrans TH100 поступає на МІК-51Н. Вихідний аналоговий сигнал контролера поступає на електропневматичний перетворювач ППЕ-2 (поз. 3-2), який керує регулюючим клапаном Samson 3253-1 (поз. 3-3), що перенаправляє суміш на доохолодження.

#### *Регулювання температури суміші доохолодження*

Сигнал з термометра опору ТСП-1088 (поз. 4-1) ), що працює з нормуючим перетворювачем Sitrans TH100 поступає на МІК-51Н. Вихідний аналоговий сигнал контролера поступає на електропневматичний перетворювач SamsonI/P 3747 (поз. 4-2), який керує регулюючим клапаном Samson 3510-1 (поз. 4-3), змінюючи витрату подачі розсолу.

### 3.5. Специфікація на засоби автоматизації

Таблиця 3.2

#### Специфікація на засоби автоматизації

№ п/п	№ позиції	Назва параметра	Номінальне значення	Місце встановлення	Назва приладу та коротка технічна характеристика	Тип	Кількість	Примітка
1	1-1	t, °C	86 °C	По місцю	Термоперетворювач опору, класу допуску А, НСХ 100П, діапазон вимірювання 0 – 200 °C, уніфікований вихідний сигнал 4-20 мА.	ТСПУ-1088	1	
2	2-1, 3-1, 4-1	t, °C	4°C	По місцю	Термоперетворювач опору, класу допуску А, НСХ 100П, діапазон вимірювання 0 – 200 °C.	ТСП 1088	3	
3	1-2, 2-2, 4-2			По місцю	Електропневматичний перетворювач. Вхідний сигнал 4-20 мА. Вихідний сигнал 20-100 кПа. Тиск живлення від 0,6 до 1,4 бар.	Samson I/P 3747	3	
4	3-2				Електропневматичний перетворювач з дискретним вихідним сигналом. Вхідний сигнал 4-20 мА. Тиск живлення від 0,6 до 1,4 бар.	ППЕ-2	1	
5	1-3, 2-3, 4-3			По місцю	Клапан регулюючий з пневматичним виконавчим механізмом. Умовний тиск P <sub>y</sub> від 40 до 400 бар. Умовний діаметр 25 мм. Для температур від -40 до 200 °C.	Samson 3520-1	3	Одна номінальна
6	3-3			По місцю	Клапан регулюючий триходовий з пневматичним виконавчим механізмом. Вихідний сигнал 20-100 кПа	Samson 3253	1	Відноситься до специфікації на
7	5-1, 6-1			По місцю	Магнітний силовий контактор Захист IP20 Робочий струм 40 А Управління напругою 230 V Експлуатаційна потужність 23 kW	Siemens SIRIUS 3RT102 6	2	
8				На щиті	Мікропроцесорний контролер	МІК-51Н	1	
9				На щиті	Модуль розширення для МІК-51Н	МР-51Н-17	1	
10					Блок живлення	БП-30-1к-24	1	

## 4. ОХОРОНА ПРАЦІ

### 4.1. Аналіз стану виробничої санітарії і гігієни праці

Правові, соціально-економічні, організаційно-технічні, санітарно-гігієнічні і лікувально-профілактичні заходи та засоби являють собою підґрунтя для реалізації вимог охорони праці на підприємствах. Саме тому проектування, будівництво, оснащення та усі інші процеси виробництва повинні здійснюватися з урахуванням правил охорони праці та пожежної безпеки. Персонал зобов'язаний ознайомитися та вивчити характеристики вибухо-, пожежо-, електробезпечних речовин, приладів та механізмів, а також з НПАОП 15.5-1.05-99 Правила охорони праці для працівників підприємств по переробці молока. Аналогічним чином адміністрація виробництва повинна дотримуватися інструкцій, правил та наказів з охорони праці, а також вести журнали інструктажів, аварій, професійних захворювань і так далі. Загалом усі заходи - як і підприємства, так і працівника - мають забезпечити максимально безтравматичне та безпечне місце роботи.

Заходи технічної безпеки для пастеризаційної установки

Робота по забезпеченню безпеки праці є однією з найважливіших сторін діяльності підприємства.

Наявність кваліфікованого персоналу на підприємстві одна з найважливіших умов безпеки праці на виробництві. Тому на підприємствах створюється спеціальна система навчання працівників по охороні праці.

Згідно з Законом України "Про охорону праці" служба охорони праці створюється власником підприємства. Служба охорони праці займається вирішуванням наступних завдань:

- забезпечення безпеки виробничої праці, устаткування, будівельних споруд;
- забезпечення працівників засобами індивідуального та колективного захисту;
- професійної підготовки і підвищення кваліфікації працівників з питань охорони праці, пропаганди безпечних методів праці;
- вибору оптимальних режимів праці і відпочинку працюючих.

## **4.2. Обґрунтування організаційно-технічних рекомендацій з охорони праці**

Навчання і перевірка знань по охороні праці робітників проводяться відповідно до НПАОП 0.00-4.12-05 «Типове иположення про порядок проведення навчання і перевірки знань з питань охорони праці» від 15.02.2005р.

На холодокомбінаті на підставі цього положення діє ціла система інструктажів. Регулярно проводяться всі необхідні інструктажі працівників: ввідний ( при прийомі на роботу, відповідальний - інженер по охороні праці), первинний інструктаж на робочому місці (відповідальний начальник цехів), повторний і т. д. Пряма відповідальність за безпеку праці і керівництво роботою по техніці безпеки покладена на директора заводу.

Наказом генерального директора холодокомбінату загальне керівництво і відповідальність за правильну постановку роботи по охороні праці і пожежної безпеки покладається на головного інженера при цьому відповідальність за безпосередню організацію роботи по охороні праці, здійснення контролю за дотриманням правив і норм техніки безпеки, заходів щодо створення здорових і безпечних умов праці, видачу засобів індивідуального захисту покладається на інженера по охороні праці, розробка і виконання заходів щодо охорони праці покладені на начальників ділянок.

На підставі вищезазначеного положення на холодокомбінаті організоване навчання і перевірка знань по охороні праці керівників і фахівців, пов'язаних з організацією, керівництвом і проведенням роботи безпосередньо на робочих місцях і виробничих ділянках із здійсненням нагляду і технічного контролю за проведенням робіт. Перевірка знань по охороні праці керівників, що поступили на роботу, і фахівців проводиться не пізніше за один місяць після призначення на посаду, для працюючих - періодично, не рідкі за одне разу в три роки.

Керівники, що поступили на роботу, і фахівці проводять ввідний інструктаж, який проводить інженер по охороні праці. Позачергова перевірка знань на підприємстві проводиться незалежно від терміну проведення попередньою:



· при введенні в дію нових або перероблених законодавчих і інших нормативних, правових актів по охороні праці;

#### Безпека посудин що працюють під тиском

Посудинами, що працюють під тиском, називаються герметично закриті ємності, призначені для здійснення в них хімічних і теплових процесів, а також для зберігання та перевезення стиснених, зріджених і розчинених газів та рідин.

Посудини, що працюють під тиском, належать до об'єктів з підвищеною небезпекою, тому при їх виготовленні та експлуатації необхідно дотримуватись вимог НПАОП 0.00-1.81-18 "Правила охорони праці під час експлуатації посудин, що працюють під тиском". Дія Правил поширюється на:

- посудини, які працюють під тиском води з температурою вище 115 °С або іншої рідини з температурою, що перевищує температуру кипіння при тиску 0,07 МПа (0,7 кгс/см<sup>3</sup>), без врахування гідростатичного тиску;

Посудини, що працюють під тиском, до пуску в роботу зареєстровані в експертно-технічних центрах (ЕТЦ) так як посудина належить до 2-ї групи, що працюють при температурі вище 200 °С, з добутком тиску в МПа (кгс/ см<sup>3</sup>) на місткість м<sup>3</sup> (літрах) не перевищує 1 (10 000).

Для запобігання підвищення тиску вище допустимого в посудинах та трубопроводах встановлено пружинні запобіжні клапани. Вони автоматично відкриваються при підвищенні тиску вище значення, що задається (регулюється) гвинтом стиснення пружини або вантажем, який встановлюється на важіль клапана.

Так як посудина приєднана до джерела живлення, в якому тиск більший за робочий тиск у посудині, то на підвідній лінії встановлено редукційний клапан, який автоматично підтримує задане значення робочого тиску.

Посудина оснащена манометрами — приладами для вимірювання тиску. Манометри повинні мати клас точності не нижче 2,5 — при робочому тиску посудини до 2,5 МПа; 1,5 — при робочому тиску посудини понад 2,5 МПа.

Правила виробничої санітарії для цеху

Пастеризація морозива здійснюють в потоку в закритій системі при температурі  $+86\text{ }^{\circ}\text{C}$  шляхом контакту з нагрітою поверхнею або прямого змішування стерильної пари з продуктом без витримки, що забезпечує при подальшому упакуванні - відповідність продукції вимогам промислової стерильності, істотне зниження залишкової мікрофлора продукту і збільшення тривалості зберігання.

Згідно ДСП 4.4.4.011 у виробництві морозива не допускається:

- 1) застосування оцтової кислоти, згущувачів, а також курячих яєць з господарств неблагополучних по інфекційних захворюваннях;
- 2) прийом з торгової мережі для переробки відталого у вигляді рідкої суміші і з механічним забрудненням морозива;
- 3) застосування емальованих ванн, посуду з оцинкованого заліза і нелудженої міді.
- 4) змішувати охолоджене морозиво з охолодженим морозивом, що зберігалось на об'єкті

На всіх етапах виробництва морозива забезпечується дотримання наступних вимог:

- 1) розпаковування сировини і підготовка суміші проводиться в окремому приміщенні;
- 2) передача рідких напівфабрикатів після пастеризації суміші проводиться за системою закритих труб;
- 3) морожена суміш, цукровий сироп і інші харчові добавки фільтруються через спеціальні фільтри, які міняються по мірі забруднення;
- 4) пастеризація суміші проводиться при температурі при  $+ 86\text{ }^{\circ}\text{C}$  без витримки.протягом 30 мін;
- 5) контроль якості пастеризації проводиться за допомогою контрольно-вимірювальної апаратури (манометричних самозаписуючих термометрів). Заповнені термограми з температурною кривою зберігаються в цеху морозива або виробничої лабораторії протягом трьох місяців;

б) після пастеризації суміш охолоджується до температури  $+6\text{ }^{\circ}\text{C}$  і зберігається не більше ніж 24 год.;

7) в процесі приготування і зберігання морозива здійснюється щоденний виробничий лабораторний контроль з документуванням.

Обробку обладнання для виробництва і зберігання морозива проводять після кожного його звільнення. Перед прийманням морозива шланги і штуцери дезінфікують і обполіскують питною водою. Після закінчення приймання морозива шланги також промивають, дезінфікують. Охолоджене молоко при температурі  $+4^{\circ}\text{C}$  зберігається не більш 6 годин.

Перед запуском пастеризаційної установки перевіряють готовність обладнання і системи авторегулювання температури пастеризації. Пастеризаційна установка після кожного звільнення від морозива промивають, дезінфікують. Обладнання, невживане після миття і дезінфекції більше за 6 год, перед початком роботи зазнає повторної дезінфекції з подальшим мікробіологічним контролем якості миття і дезінфекції.

Транспортується морожене в умовах, що забезпечують температуру за  $-4\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

#### *Розрахунок вентиляції в цеху*

Розрахунок кількості повітря заданих параметрів, яке необхідно подати в приміщення, здійснюють за такими чинниками: шкідливі речовини, надлишки вологи, надлишки тепла, кількість працюючих. Якщо у приміщенні існують одночасно декілька шкідливих чинників, розрахунок ведуть за кожним із них і більше з отриманих значень приймають за розрахункове.

Нижче наведено розрахунки повітрообміну.

1) Розрахунок повітрообміну за газовиділенням (за шкідливими речовинами):  
Необхідний об'єм повітря для розбавлення шкідливих речовин допустимих концентрацій розраховують за формулою:

$$L = q / C_1 - C_2, \text{ де}$$

$L$  – кількість припливного повітря за одиницю часу, яке необхідно ввести в приміщення для зменшення вмісту шкідливої речовини (випарів, газів, пилу),  $\text{м}^3/\text{год}$ ;

$q$  – кількість шкідливої речовини, що виділяється у приміщення за годину, мг/год;

$C_1$  – концентрація шкідливої речовини у повітрі, яке видаляється ( $\leq$  ГДК), мг/м<sup>3</sup> (значення ГДК деяких речовин подано у таблицях 2, 3);

$C_2$  – концентрація шкідливої речовини у повітрі, яке подається у приміщення ( $C_2 \leq 0,3$  ГДК), мг/м<sup>3</sup> ( $C_2 = 0,3 \cdot C_1$ )

$$L = 12000/50 \cdot 0,7 = 12000 \cdot 35 = 342,8 \text{ м}^3/\text{год}$$

Після розрахунку повітрообміну за газовиділенням, розраховуємо кратність повітрообміну  $K$ :

$K = L/V$  де  $K$  – кратність повітрообміну (год<sup>-1</sup>)

$L$  – кількість припливного повітря (м<sup>3</sup>/год)

$V$  – об'єм приміщення (м<sup>3</sup>)

$$V = a \cdot b \cdot h = 5 \cdot 9 \cdot 3,2 = 144 \text{ м}^3$$

$$K = 342,8/144 = 2,3 \text{ год}^{-1}$$

## 2) Розрахунок повітрообміну за надлишковим теплом

Необхідну кількість повітря для відведення надлишків тепла розраховують за формулою:

$$L = Q_{\text{надл.}} / c \cdot \rho_{\text{зовн.}} \cdot (t_{\text{вн.}} - t_{\text{зовн.}}), \text{ де}$$

$L$  – кількість припливного повітря за одиницю часу, яке необхідно ввести в приміщення для поглинання надлишкового тепла, м<sup>3</sup>/год;

$c$  – питома теплоємність повітря за незмінного тиску ( $c = 0,239$  ккал/кг °С)

$\rho_{\text{зовн.}}$  – густина зовнішнього повітря, кг/м<sup>3</sup> ;

$t_{\text{вн}}$  і  $t_{\text{зовн}}$  – температура внутрішнього і зовнішнього (припливного) повітря відповідно, °С;

$Q_{\text{надл.}}$  – надлишкове тепло, яке визначається різницею тепла, що надходить в приміщення ( $Q_{\text{надх}}$ ) та втратами тепла з приміщення ( $Q_{\text{відх}}$ ), ккал/год

$$c = 0,239 \text{ ккал/кг } ^\circ\text{С};$$

$$\rho_{\text{зовн.}} = 1,223 \text{ кг/м}^3;$$

$$t_{\text{вн}} = 25 \text{ } ^\circ\text{С};$$

$$t_{\text{зовн.}} = 18 \text{ } ^\circ\text{С};$$

$$Q_{\text{надл}} = Q_{\text{надход}} - Q_{\text{відх}}, \text{ де}$$

$$Q_{\text{надход}} = Q_1 + Q_2$$

$Q_1$  – тепло від людини

$Q_2$  – тепло від теплообмінника

$$Q_1 = 860 \cdot n \cdot q_{\text{люд}} = 860 \cdot 2 \cdot 0,151 = 259,72 \text{ ккал/год};$$

$$Q_2 = 4050 \text{ ккал/год};$$

$$Q_{\text{надход}} = 259,72 + 4050 = 4309,72 \text{ ккал/год};$$

$Q_{\text{відх}}$  – втрати тепла з приміщення через стіни, двері, вікна, ккал/год, причому:

$$Q_{\text{відх}} = S_{\text{ст.}} \cdot l \cdot (t_{\text{вн.}} - t_{\text{зовн.}}) / d, \text{ де}$$

$l$  – теплопровідність стін, ккал/(год\*град\*м) ( $l = 0,75$  ккал/(год\*град\*м) для будівель з силікатної цегли);

$d$  – товщина стін, м ( $d = 0,25$  м для будівель 1-шої групи,  $d = 0,5$  м для старих будівель);

$t_{\text{вн.}} - t_{\text{зовн.}}$  – температура припливного повітря приймається на  $5 - 10$  °С нижчою, ніж температура повітря в приміщенні;

$S_{\text{ст.}}$  – площа стін, м<sup>2</sup>;

$l = 0,75$  ккал/(год\*град\*м);

$d = 0,5$  м;  $t_{\text{вн.}} = 28$  °С;  $t_{\text{зовн.}} = 18$  °С;

$$S = a \cdot b + 2h \cdot (a + b) = 45 + 6,4 \cdot 14 = 134,6 \text{ м}^2$$

$$Q_{\text{відх}} = 134,6 \cdot 0,75 \cdot (20 - 10) / 0,5 = 2019 \text{ ккал/год};$$

Знаходимо надлишкове тепло ( $Q_{\text{надл}}$ ):

$$Q_{\text{надл}} = 4309,72 - 2019 = 2290,72 \text{ ккал/год};$$

$$L = 2290,72 / 0,239 \cdot 1,223 \cdot (28 - 18) = 763,16 \text{ м}^3/\text{год};$$

3) Розрахунок повітрообміну за волого виділенням:

Під час виділення у приміщенні надлишкової вологи

кількість припливного повітря визначають за формулою:

$$L = \Sigma m / r (d_{\text{вн.}} - d_{\text{зовн.}}), \text{ де}$$

$L$  – об'єм повітря, необхідний для зниження відносної вологості до вимог ГОСТ 12.1.005-88 та ДСН 3.3.6.042-99, м<sup>3</sup>/год;

$\Sigma m_1$  – сумарна кількість надлишкової вологи в приміщенні, г/год, причому:

$$\sum m = n \cdot W = 2 \cdot 70 = 140 \text{ г/год};$$

$n$  – кількість працюючих = 2;

$W$  – кількість вологи, яку виділяє організм людини протягом години, г/год = 70;

$\rho$  – густина повітря при температурі приміщення,  $\text{кг/м}^3 = 1,181 \text{ кг/м}^3$ ;

$d_{\text{вн}}$  – вміст вологи у внутрішньому та зовнішньому (припливному) повітрі відповідно при заданій температурі (абсолютна вологість), у грамах на 1 кг сухого повітря г/кг, причому:

$$d_{\text{вн}} = P_{\text{нас.}} \cdot j_{\text{вн.}} / 100,$$

$$d_{\text{зовн.}} = P_{\text{нас.}} \cdot j_{\text{зовн.}} / 100,$$

де  $j_{\text{вн}}$  і  $j_{\text{зовн.}}$  – відносна вологість внутрішнього і зовнішнього повітря відповідно, %;

$P_{\text{нас.}}$  – максимальний вміст вологи у повітрі при робочій температур, г/кг (див.

$\sum m_2$  - від виробничого устаткування та будівельних конструкцій, комунікацій:

$$\sum m_2 = w \cdot F \cdot 3600 = 2,34 \cdot 10^{-5} \cdot 95 \cdot 3600 = 8,0 \text{ кг}$$

$w$  – швидкість випаровування вологи з поверхні технологічного апарата, комунікацій,  $\text{кг/м}^2 \cdot \text{с}$ ;

$$w = P_{\text{нас.}} \cdot \eta \cdot \sqrt{M_B} \cdot 10^{-6} = 17,34 \cdot 0,133 \cdot 2,4 \cdot \sqrt{18} \cdot 10^{-6} = 2,34 \cdot 10^{-5}, \text{ кг/м}^2 \cdot \text{с};$$

$$d_{\text{вн}} = 14,4 \cdot 70 / 100 = 10,08 \text{ г/кг};$$

$$d_{\text{зовн.}} = 7,5 \cdot 55 / 100 = 4,1 \text{ г/кг};$$

$$L = 140 + 8000 / 1,181 (10,08 - 4,1) = 8140 / 7,24 = 1124,3 \text{ м}^3/\text{год};$$

Отже, за результатом розрахунків вентиляцію доцільно використовувати враховуючи вологовиділення. Продуктивність вентиляційної установки слід прийняти  $L = 1200 \text{ м}^3/\text{год}$ .

### 4.3. Пожежна безпека

Забезпечення пожежної безпеки є складовою частиною виробничої та іншої діяльності посадових осіб, працівників підприємств та підприємців. Це відображено у трудових договорах (контрактах) та статутах підприємств. НАПБ А.01.001-2015 Правил пожежної безпеки в Україні. Забезпечення пожежної безпеки при проектуванні, будівництві, розширенні, реконструкції та

технічному переоснащенні підприємств, будівель і споруд покладається на органи архітектури, замовників, забудовників, проектні та будівельні організації. У будівлях передбачено оповіщення про пожежу. У виробничих, адміністративних і побутових будівлях підприємства не дозволяється виконувати прибирання приміщень з використанням бензину, гасу та інших легкозаймистих та горючих рідин. Всі речовини, що зберігаються (застосовуються) на підприємстві, мають показники їх пожежної небезпеки за ДСТУ ГОСТ12.1.044-89 з вказівкою вогнегасних речовин, які слід застосовувати при гасінні.

Водопровідна мережа, на якій встановлюється пожежне обладнання, забезпечує необхідний напір та пропускає розраховану кількість води з метою пожежогасіння. За водопровідною мережею, гідрантами, і насосними установками здійснюється постійний технічний нагляд, що забезпечує їх справний стан і постійну готовність до застосування у разі пожежі чи займання.

Під'їзди і підходи до пожежних водойм, резервуарів і гідрантів завжди вільні. Біля місця розташування пожежного гідранта встановлений світловий покажчик з нанесеним літерним позначенням ПГ, цифровим позначенням відстані у метрах від покажчика до гідранта і внутрішнього діаметра трубопроводу в міліметрах.

Пожежні гідранти та крани не рідше одного разу на шість місяців підлягає технічному обслуговуванню і перевіряється на працездатність шляхом пуску води. Пожежні крани внутрішнього протипожежного водопроводу в усіх приміщеннях обладнані рукавами та стволами, які знаходяться в опломбованих шафах.

Гарячі поверхні трубопроводів та устаткування в приміщеннях, в яких вони викликають небезпеку займання парів ізолюються негорючими матеріалами для зниження температури поверхні до безпечної величини.

Евакуаційні шляхи забезпечують безпечну евакуацію всіх людей, які знаходяться в приміщеннях будівель, через евакуаційні виходи.

## 5. РОЗРАХУНОК ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ПРОЕКТОВАНОЇ СИСТЕМИ АВТОМАТИЗАЦІЇ

Автоматизація виробничих процесів є основним засобом технічного прогресу, одним із найбільш ефективних шляхів підвищення продуктивності праці. Автоматичне управління і регулювання виробничих процесів дозволяє підвищити продуктивність обладнання і звільнити робітників від одноманітних і стомлюючих операцій по управлінню механізмами.

Використання сучасної мікропроцесорної техніки дає можливість покращити точність і якість керування процесом, стабілізувати основні технологічні параметри.

Вдосконалення системи автоматизації циліндрично-конічних бродильних апаратів направлене на підвищення ступеня керування технологічним процесом та покращення умов праці в цілому, за рахунок полегшення обслуговування технологічного обладнання та зниження рівня впливу небезпечних факторів на працюючих.

У бакалаврській роботі було поставлено завдання підвищити економічну ефективність процесу пастеризації морозива.

При введенні в експлуатацію системи автоматизації процесу пастеризації морозива економічний ефект досягається за рахунок

- збільшення виробничої потужності ЦКБА;
- зменшення кількості обслуговуючого персоналу.

У розробленій схемі автоматизації економічна ефективність автоматизованого виробничого процесу досягається за рахунок встановлення сучасних технічних засобів.

Розрахунки основних техніко-економічних показників

Розрахунок і обґрунтування витрат на здійснення заходів з автоматизації

Для розрахунку витрат та впровадження спроектованої схеми автоматизації складаємо кошторис на придбання, транспортування і монтаж контрольно-вимірювальних приладів.



Вартість монтажних робіт складається з витрат на матеріали, енергію, основну і додаткову заробітну плату і накладні витрати, які можуть становити 45% від вартості КВПіА. Транспортні витрати становитимуть 25% від вартості КВПіА.

Згідно специфікації засобів автоматизації, вартість їх становить 51 830 грн.

Таблиця 5.1.

### Кошторис витрат на автоматизацію

№ п/п	Тип приладу	Назва приладу	Кількість	Вартість одного приладу, грн	Загальна вартість приладів даного типу, грн
1	2	3	4	5	6
1	Термоперетворювач опору	ТСП 1088	4	200	800
2	Електропневматичний перетворювач	Samson I/P 3747	3	3200	9 600
3	Електропневматичний перетворювач	ППЕ-2	1	2270	2270
4	Клапан регулюючий	Samson 3520-1	3	5000	15000
5	Клапан триходовий регулюючий	Samson 3253	1	6000	6000
6	Блок живлення	БП-30-1к-24	1	300	300
7	Програмований логічний контролер	МІК-51Н	1	10090	10090
8	Модуль розширення	МР-51Н-17	1	3500	3500
9	Контактор	Siemens SIRIUS 3RT1026	2	2135	4270
	Всього				51 830

Вартість монтажних робіт становить:

$$51\,830 \cdot 0,45 = 23\,323,5 \text{ грн} \quad (5.1)$$

Транспортні витрати становлять:

$$51\,830 * 0,25 = 12\,957,5 \text{ грн.} \quad (5.2)$$

Отже, кошторис витрат на автоматизацію буде:

$$K = 51\,830 + 23\,323,5 + 12\,957,5 = 88\,111 \text{ грн.} \quad (5.3)$$

Розрахунок амортизаційних відрахувань

Відрахування на амортизацію визначається за балансовою вартістю основних фондів (КВПіА), які беруть участь в автоматизації, та норм амортизації. Норми амортизації складають 40% від загальної вартості автоматизації.

Таблиця 5.2

**Розрахунок річної суми амортизаційних відрахувань**

№	Прилади	Повна вартість, грн	Норма амортизації, %	Річна сума амортизації, грн.
1	2	3	4	5
1	Разом	88 111	40	35244.4

*Розрахунок впливу амортизації на техніко-економічні показники*

Впровадження автоматизації веде до змін техніко-економічних показників виробництва. Необхідно визначити напрямки економії від впровадження автоматизації, які впливають на економічну ефективність автоматизації: за рахунок зниження витратних коефіцієнтів сировини, допоміжних матеріалів, палива енергії; збільшення виробничої потужності; зниження трудомісткості обслуговування; підвищення якості продукції тощо.

Після автоматизації на 1т продуктивності (6 т/год) економія електроенергії становить 1,5 кВт\*год

За рік (365 днів) продуктивність установки буде:

$$6 \text{ т/год} * 8760 \text{ год} = 52\,560 \text{ т/рік} \quad (5.4)$$

Отже, економія електроенергії за рік буде:

$$52\,560 * 1,5 = 78\,840 \text{ кВт*год} \quad (5.5)$$

А економія затрат становитиме:

$$E_1 = 78\,840 \text{ кВт*год/рік} * 1,877 \text{ грн/кВт*год} = 147\,982,68 \text{ грн} \quad (5.6)$$

### *Розрахунок чисельності основних робітників бригади*

Враховуючи особливості процесу виробництва і виробничого обладнання, необхідно розподіляти обов'язки між робітниками зміни, встановити тарифні розряди робітникам, користуючись при цьому діючими тарифно-кваліфікаційними довідниками.

Явочну чисельність робітників визначається з розстановочного штату і змінної роботи. Щоб перейти від явочної чисельності робітників до спискової необхідно визначати коефіцієнт переходу від явочної чисельності до спискової:

- Для виробників з безперервним режимом роботи:

$$K_{\text{п}} = T_{\text{к}} / T_{\text{еє}} = 365 / 245 = 1,5 \quad (5.7)$$

$$Ч_{\text{с}} = Ч_{\text{я}} * K_{\text{п}} = 6 * 1,5 = 8 \text{ осіб} \quad (5.8)$$

Для визначення ефективного фонду робочого класу складаємо баланс робочого часу одного середньоспискового робітника із врахуванням режиму роботи.

При скороченні чисельності основних робітників після впровадження автоматизації зменшуються витрати на оплату праці. Економію по охороні праці визначають як добуток чисельності звільнених робітників на середньорічну суму витрат по кожній із зазначених статей.

### *Розрахунок фонду заробітної плати (основних робітників)*

Планування та нарахування заробітної плати здійснюється згідно з законом “Про оплату праці”, залежно від категорії персоналу на основі тарифної системи.

Тарифна система — це сукупність взаємопов'язаних елементів тарифної сітки, тарифних ставок, схем посадових окладів і тарифно-кваліфікаційних характеристик.

Структура заробітної плати характеризується такими складовими:

- фонд основної заробітної плати;
- фонд додаткової заробітної плати;
- інші заохочувальні і компенсаційні виплати.

Прямий розрахунок фонду заробітної плати одного робітника здійснюється так:

$$\Phi ЗП_{річ} = \Phi ЗП_{ос} + \Phi ЗП_{дод} \quad (5.9)$$

тобто річний фонд заробітної плати дорівнює сумі фонду основної заробітної плати і фонду додаткової заробітної плати.

$\Phi ЗП_{осн}$  — можна розрахувати як за погодинною системою оплати, так і за відрядною.

При погодинній оплаті праці:

$$\Phi ЗП_{осн} = C_{сер} * T_{сер} * n \quad (5.10)$$

де  $C_{сер}$  — тарифна ставка (годинна, денна) грн.;  $T_{сер}$  — ефективний час роботи, в годинах або днях відповідно.

$$\Phi ЗП_{осн} = 36 * 1960 * 8 = 564\,480 \text{ грн.} \quad (5.11)$$

$$\Phi ЗП_{дод} = D_{пр} + D_{к} + D_{св} \quad (9.12)$$

де  $D_{пр}$  — доплати у вигляді премій, згідно з діючими положеннями;

$$D_{пр} = \Phi ЗП_{осн} * P_{пр} = 564\,480 * 0,25 = 141\,120 \text{ грн} \quad (5.13)$$

$P_{пр}$  — процент премії;  $D_{н}$ ,  $D_{в}$  — доплати відповідно в нічний і вечірній час:

$$D_{н} = 564\,480 / 3 * 0,4 = 75\,264 \text{ грн.} \quad (5.14)$$

$$D_{в} = 564\,480 / 3 * 0,2 = 37\,632 \text{ грн} \quad (5.15)$$

Доплата за роботу в святкові дні  $D_{св}$ :

$$D_{св} = 12 * 3 * 8 * 36 = 10\,368 \text{ грн} \quad (5.16)$$

$$\Phi ЗП_{дод} = 141\,120 + 75\,264 + 37\,632 + 10\,368 = 264\,384 \text{ грн.} \quad (5.17)$$

Оплата днів знаходження у відпустці (основній)  $\Phi ЗП$  від дорівнює середньоденному заробітку, помноженому на кількість днів відпустки. Середньоденна зарплата враховується діленням суми фонду основної заробітної плати і доплати на ефективний фонд в днях:

$$\Phi ЗП_{від} = (564\,480 + 264\,384) / 245 * 24 = 81\,194,84 \text{ грн.} \quad (5.18)$$

$$\Phi ЗП_{р} = \Phi ЗП_{осн} + \Phi ЗП_{дод} + \Phi ЗП_{від} = 564\,480 + 264\,384 + 81\,194,84 = 910\,058,84 \text{ грн.} \quad (9.19)$$

Середньомісячна зарплата дорівнює =  $910\,058,84 / (12 * 8) = 9479,78$  грн.

Таблиця 5.3

## Показники фонду робочого часу

Показники	Неперервне виробництво, 8-годинний робочий день, 4-х бригадний графік
1. Календарний фонд часу	365
2. Вихідні дні	-
3. Святкові дні	91
4. Номінальний фонд робочого часу, днів	274
5. Невиходи на роботу, днів:	
чергова відпустка	24
відпустка по вагітності	2
відпустка на хвороби	1
виконання державних обов'язків	1
відпустка у зв'язку з навчанням	1
6. Разом, невиходи на роботу, днів	29
7. Ефективний час роботи, днів:	245
- годин	1960

Таблиця 5.4

## Розрахунок явочної кількості основних працівників

№	Найменування	Тарифний розряд	Розстановочний штат у зміну	Число змін	Явочна кількість на добу
1	2	3	4	5	6
1	Оператор	VI	1	3	3
2	Оператор	V	1	3	3

Оскільки до автоматизації кількість осіб складала три особи в зміну, а після автоматизації достатньо буде одного оператора в зміну, економія за рахунок зниження кількості обслуговуючого персоналу буде:

$$E_3 = Z_{\text{роб}} * 12 * n = 9479,78 * 12 * 3 = 341\,271 \text{ грн/рік} \quad (9.20)$$

де  $Z_{\text{роб}}$  — місячна зарплата одного працівника, грн/міс

$n$  – кількість робітників.

Сумарна економія дорівнює:

$$E_c = E_1 + E_3 = 147\,982,68 + 341\,271 = 489\,253,68 \text{ грн.} \quad (9.21)$$

*Розрахунок експлуатаційних витрат на автоматизацію*

До експлуатаційних витрат на автоматизацію належить:

А) Енергозатрати на живлення приладів і засобів автоматизації

Сумарна витрата електроенергії на живлення засобів автоматизації становить 1020 кВт\*год на рік

Вартість спожитої енергії буде:

$$Z_1 = 1020 * 1,877 = 1914,54 \text{ грн/рік (9.22)}$$

Б) Витрати на утримання прийнятого робітника не обслуговування КВПіА:

$$Z_2 = Z_{\text{роб}} * 12 * 1 * n \text{ (9.23)}$$

$$Z_2 = 9479,78 * 12 * 1 = 113\,757,36 \text{ грн/рік}$$

В) Витрати на амортизацію:

$$Z_3 = 35244,4 \text{ грн.}$$

Г) Витрати на охорону праці знову прийнятих робітників на обслуговування КВПіА:

$$Z_4 = 5000 \text{ грн/рік}$$

Д) Витрати на ремонт КВПіА:

$$Z_5 = 20000 \text{ грн/рік}$$

Г) Єдиний соціальний внесок + військовий збір:

$$Z_{\text{есв}} = (0,22 + 0,015) * 32 = 26\,732,98 \text{ грн/рік (9.24)}$$

Експлуатаційні витрати складуть суму всіх затрат:

$$Z_e = Z_1 + Z_2 + Z_3 + Z_4 + Z_5 + Z_6 = 1914,54 + 113\,757,36 + 35244,4 + 5000 + 20000 + 26\,732,98 = 202\,649,28 \text{ грн/рік (9.25)}$$

*Розрахунок річного економічного ефекту і терміну окупності*

А) річний економічний ефект визначаємо по формулі:

$$E_p = E_{\text{заг}} - K * E_n = 341\,271 - 88\,111 * 0,15 = 328\,054,35 \text{ грн (9.26)}$$

де  $E_{\text{заг}}$  — загальна умовно-річна економія за рахунок різноманітних джерел і визначається по формулі:

$$E_{\text{заг}} = E_e - Z_e = 489\,253,68 - 202\,649,28 = 286\,604,4 \text{ грн (9.27)}$$

де  $E_c$  - економія за рахунок  $i$ -го джерела (палива, енергії, матеріалів, зарплати),

$K$  — капітальні витрати на автоматизацію (згідно кошторису).

$E_n$  - коефіцієнт ефективності ( $E_n=0,15$ ).

$Z_e$  — експлуатаційні затрати на автоматизацію.

Б) Термін окупності:

$$T_{ок} = K/E_{заг} = 88\ 111 / 286\ 604,4 = 0,31 \text{ (роки)} \quad (9.28)$$

В) Коефіцієнт економічної ефективності:

$$E = 1/T_{ок} = 1/0,31 = 3 \quad (9.29)$$

*Таблиця 5.5*

### Основні техніко-економічні показники

№	Показник	Одиниці	Величина
1	2	3	4
1	Витрати на автоматизацію	Грн.	88 111
2	Чисельність робітників в день (3 зміни)	Чол.	3
3	Річний економічний ефект	Грн.	286 604,4
4	Термін окупності	Роки	0,31
5	Коефіцієнт економічної ефективності	-	3

В результаті нової системи буде досягнуто економічний ефект з рахунок підвищення якості продукції, зменшення витрати на електроенергії на технологічний процес, зменшення кількості обслуговуючого персоналу. Термін окупності складає 0,31 роки, а коефіцієнт економічної ефективності – 3, тому можна зробити висновок, що даний проект автоматизації є економічно доцільним.

## ВИСНОВКИ

У даній роботі проведений аналіз технологічного процесу пастеризації морозива. Детально розглянуті процеси, які проходять в пастеризаторі, принцип роботи установки. На основі цих даних було зроблено функціональну схему автоматизації. По даній схемі були підібрані прилади та засоби автоматизації, які відповідають поставленим вимогам.

Вибрано сучасний мікроконтролер МК-51Н та розроблено програму керування в середовищі Alfa 2.0. За створеною специфікацією була розроблена принципова електрична схема зовнішніх з'єднань.

В середовищі *MATLAB* була змодельована система автоматичного регулювання температури в пастеризаторі.

Розглянуто необхідні заходи з охорони праці, що включають в себе: загальні вимоги до експлуатації пастеризатора, заходи для пожежної профілактики, санітарно-гігієнічні норми, розраховано потрібну систему вентиляції.

Розраховано ефективність автоматизації процесу пастеризації у виробництві морозива, термін окупності склав 1,18 роки. Річний економічний ефект від впровадження автоматизації становить 286 604,4 гривень.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ



1. Автоматизація виробничих процесів: навч. посібник / Фединець В.О., Васильківський І.С., Николин Г.А.-Львів: СПОЛОМ, 2023.-192 с.
2. Автоматизація виробничих процесів/ Я.І. Проць, В.Б. Савків, О.К. Шкодзінський О.К., Лящук О.Л. - Тернопіль, ТНТУ ім. І. Пулюя, 2011.- 344 с.
3. Бабіченко А.К. Практикум з вимірювань та технічних засобів автоматизації / А.К. Бабіченко, В.І. Тошинський, І.Л. Красніков та ін. – Х.: НТУ «ХП», 2009. – 114 с.
4. Барало О.В. Автоматизація технологічних процесів і системи автоматичного керування: навчальний посібник / О.В. Барало, П.Г. Самойленко, СЄ. Гранат, В.О. Ковальов. – К.: Аграрна освіта, 2010. – 557 с.
5. Власенко В.В. «Технологія виробництва і переробки молока і молочних продуктів» - В. 2000г. с.
6. Воробйова О.М. Технічні засоби автоматизації: навч. посіб. / Воробйова О.М., Флейта Ю.В. – Одеса: ОНАЗ ім. О.С. Попова, 2018. – 208 с.
7. [http://kyrator.com.ua/index.php?option=com\\_content&view=article&id=785:titulna2&catid=23&Itemid=130&limitstart=7](http://kyrator.com.ua/index.php?option=com_content&view=article&id=785:titulna2&catid=23&Itemid=130&limitstart=7).
8. Ладанюк А.П., Трегуб В.Г., Ельперін І.В. Автоматизація технологічних процесів і виробництв харчової промисловості.- К.: Аграрна освіта, 2001.- 224 с.
9. Малезик І.Ф., Циганков П.С. Процеси і апарати харчових виробництв: Підручник. К.:НУХТ, 2003. – 400 с.: іл.
10. Основи охорони праці : підручник М.С. Одарченко, М. Одраченко, В.І. Степанов, Я.М. Черненко –Х.: 2017. -334с.
11. Попович М.Г., Ковальчук О.В. Теорія автоматичного керування: Підручник. – 2-ге вид., перероб. і доп. – К.: Либідь, 2007. – 656 с.
12. Рибак О.М. «Технології незбираномолочних продуктів і морозива» Тернопіль, 2016р.
13. Стенцель Й.І. Математичне моделювання технологічних об'єктів керування : навчальний посібник. – К. : ІСДО, 1993. – 328 с
14. Шваб Л.І. Економіка підприємства: навчальний посібник. - К.: Каравела, 2004.– 568 с.
15. Економіка праці та соціально-трудові відносини: Навч.-метод. посібник / За заг. ред. проф. Качана Є. П. – Тернопіль: ТДЕУ, 2006. – 373 с.