

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя
факультет прикладних інформаційних технологій та електроінженерії
(повна назва факультету)
кафедра автоматизації технологічних процесів і виробництв
(повна назва кафедри)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

магістр

(назва освітнього ступеня)

на тему: Розроблення автоматизованої системи контролю та
регулювання технологічних параметрів випікання печива

Виконали: студенти VI курсу, групи КАм-62
спеціальності 174 «Автоматизація, комп'ютерно-
інтегровані технології та робототехніка»
(шифр і назва спеціальності)

	<u>(підпис)</u>	<u>Купина Н.В.</u> (прізвище та ініціали)
	<u>(підпис)</u>	<u>Саварин Н.В.</u> (прізвище та ініціали)
Керівник	<u>(підпис)</u>	<u>Савків В.Б.</u> (прізвище та ініціали)
Нормоконтроль	<u>(підпис)</u>	<u>Шовкун О.П.</u> (прізвище та ініціали)
Завідувач кафедри	<u>(підпис)</u>	<u>Савків В.Б.</u> (прізвище та ініціали)
Рецензент	<u>(підпис)</u>	<u>Левицький В.В.</u> (прізвище та ініціали)

Тернопіль
2024

Зміст

Зміст	4
1 Аналітична частина.....	10
1.1 Аналіз відомих технічних рішень з автоматизації технологічних процесів виготовлення кондитерських виробів.....	10
1.2 Класифікація обладнання кондитерських фабрик.	20
1.3 Завдання та особливості розроблення АСУ ТП на кондитерських підприємствах.	22
1.4 Обґрунтування актуальності автоматизації виробничого процесу виготовлення печива.	27
2 Технологічна частина	30
2.1 Характеристики сировини для виготовлення печива.....	30
2.2 Розроблення технологічного процесу автоматизованого виготовлення печива на кондитерських фабриках.....	30
2.2.1 Технологія приготування тіста.	34
2.2.2 Замішування тіста в машинах періодичної дії.	38
2.2.3 Заміс тіста в агрегатах неперервної дії.	43
2.2.4 Формування тіста.	46
2.2.5 Випікання печива.....	51
2.2.6 Охолодження печива.....	55
3 Конструкторська частина	57
3.1 Вибір конструювальної схеми автоматизованої лінії виготовлення печива.....	57
3.2 Основні характеристики системи автоматичного контролю параметрів технологічного процесу.....	58
3.3 Структура системи автоматичного контролю параметрів технологічного процесу.....	64

3.4	Особливості функціонування системи автоматичного контролю параметрів технологічного процесу.....	66
3.5	Особливості функціонування складових частин системи автоматичного контролю параметрів технологічного процесу.....	68
3.5.1	Блок контролю. Призначення та принцип роботи.....	68
3.5.2	Блок управління.	73
3.5.3	Блок реле, будова та принцип роботи.	84
3.5.4	Електропневматичний перетворювач, будова та принцип роботи.	85
3.6	Розрахунок повітрообміну в кондитерському цеху.....	87
4	Науково-дослідна частина	90
4.1	Опис системи MATLAB і пакету Simulink	90
4.2	Модель системи автоматизації виробництва пари для підігріву тіста та тістових заготовок в середовищі MATLAB.....	91
4.3	Вибір параметрів ПІД-регулятора.....	95
5	Спеціальна частина	101
6	Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	105
6.1	Заходи з охорони праці на підприємстві.	105
6.1.1	Системи вентиляції та кондиціонування повітря в цеху випікання печива.....	105
6.1.2	Розрахунок захисного заземлюючого пристрою для підстанції кондитерського цеху.	111
6.2	Заходи з безпеки в надзвичайних ситуаціях.	114
6.2.1	Радіаційний захист населення в надзвичайних ситуаціях.	114
6.2.2	Режими радіаційного захисту та порядок впровадження їх в дію.....	117
	ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....	123

Анотація

Пояснювальна записка містить 122 сторінки. Графічна частина виконана на 12 аркушах.

В кваліфікаційній роботі визначено мету і завдання автоматизації технологічного процесу виготовлення печива. Спроековано загальний вигляд автоматичної лінії виготовлення печива.

Приведено технологічний процес та технологічні режими виготовлення печива. Розроблено алгоритми замішування тіста та випічки печива. Розроблено структурні, функціональні та електричні принципові схеми окремих блоків та системи керування в цілому.

Приділено увагу питанням охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях.

ВСТУП

Кондитерські вироби це харчові продукти які мають високу харчову цінності, приємні на смак та аромат, мають привабливий зовнішній вигляд, добре засвоюються [1, 2, 3]. Вони відрізняються великим вмістом цукру або інших солодких добавок: мед, ксиліт, сорбіт та інші.

Кондитерські вироби поділяються на дві основних групи: цукрові і мучні. До кожної з цих груп входять по декілька видів виробів.

Розвиток кондитерської галузі нерозривно пов'язаний з промисловим ростом на початку XIX ст. основного виду сировини – цукру з цукрового буряка. Вже в сорокових роках XIX ст. з'явилися перші кондитерські фабрики.

Останні досягнення науки та науково-технічний прогрес суттєво змінюють технологічні процеси виготовлення кондитерських виробів. Розроблені та впроваджені у виробництво неперервні і періодичні процеси: безперебійний процес замішування цукрового тіста, неперервний процес збивання пастильних мас під надлишковим тиском та інші.

Отже технологічні процеси виготовлення кондитерських виробів постійно удосконалюються, що дає можливість вагомо збільшити продуктивність цих процесів в кондитерській галузі, підвищити якість і різноманітність асортименту виробів, які користувалися значним попитом у населення [4, 5, 6, 7].

Також розробляються новіші та точніші методи контролю технологічних параметрів. Зараз широко застосовуються сучасні методи вимірювання різноманітних фізичних характеристик: рефрактометрія, поляриметрія, фотоелектрокалориметрія.

Ріст об'єму кондитерського виробництва і покращення асортименту протікають без значного збільшення чисельності працюючих, зайятих у галузі.

Використання мікропроцесорів і мікро-ЕОМ для управління технологічними процесами в кондитерській промисловості створює додаткові можливості економії енергії та матеріальних ресурсів [8, 9, 10]. Використання мікропроцесорів і мікро-ЕОМ розширює функціональні можливості обладнання, систем керування, значно підвищує надійність їх роботи і в кінцевому результаті позитивно відображається на якості виготовлюваної продукції.

Впровадження сучасної техніки автоматизації кондитерської промисловості, підвищення ефективності її використання можливе лише за участю висококваліфікованого персоналу, експлуатуючого автоматичні і автоматизовані системи керування, володіючого технічною базою автоматизації, основами розробки і проектування автоматичних і автоматизованих систем керування технологічними процесами в галузі кондитерської промисловості.

З усіх факторів, впливаючих на технічний стан машин, на збереження їх високої працездатності і, як наслідок, здатності до високопродуктивної роботи, самим важливим являється правильна експлуатація обладнання в установлених режимах.

Автоматизація сучасного виробництва харчових продуктів представляє собою доволі складний творчий процес, так як необхідно знаходити такі рішення, які б при виготовленні продукції потребували мінімальних матеріальних, трудових і фінансових затрат і в той же час забезпечували максимальну якість продукту. Такі рішення можуть бути наслідком тільки ретельної багатоваріантної проробки компоновальної схеми автоматизованих ліній [11, 12, 13]. Розглядувані варіанти повинні

оцінюватись, як з технічної, так і з економічної точок зору.

Як відомо якість продукції в першу чергу залежить від якості проєкту, тобто, від того, які параметри будуть в нього закладені, яким способом і на основі чого вони будуть реалізовані [14, 15].

Відомо, що можливість підвищення ефективності виробництва на 75% залежать від проєктування впроваджуваної автоматизованої лінії і тільки на 25% від можливих змін безпосередньо в процесі виробництва. Отже, те, що упущене на стадії проєктування, неможливо виправити на виробництві.

1 Аналітична частина

1.1 Аналіз відомих технічних рішень з автоматизації технологічних процесів виготовлення кондитерських виробів.

При автоматизації технологічних процесів в кондитерській промисловості використовують різні класи автоматичних систем, в тому числі автоматичні системи вимірювання, контролю, регулювання, управління обладнанням чи його окремими вузлами, автоматизовані системи керування технологічними об'єктами [16, 17].

Автоматичне вимірювання являється одним з найважливіших питань автоматизації процесів кондитерських виробництв.

На рисунку 1.1а приведена функціональна схема автоматичної системи вимірювання одного технологічного параметра, або однопараметричної автоматичної системи вимірювання.

Функціональна схема АСВ містить: чутливий елемент ЧЕ, який знаходиться під безпосередньою дією вимірюваного параметра u ; перетворюючий елемент ПЕ, в якому первинна інформація перетворюється в пневматичний, електричний або гідравлічний сигнал; систему дистанційної передачі СДП, формуючу сигнал необхідного діапазону і потужності; лінію зв'язку ЛЗ; вимірювальний пристрій ВП, який приймає передану від об'єкта О інформацію і відображає її у вигляді, зручному для сприйняття її оператором.

Для вимірювання сукупності технологічних параметрів [18, 19, 20] багатьох об'єктів використовується багатопараметрична автоматична система вимірювання. Функціональна схема такої системи приведена на рисунку 1.1б.

Об'єкти $O_1, O_2, \dots, O_N$ розміщені на різній віддалі від центрального пункту ЦП. Інформація з об'єкта знімається в точках, позначених кружечками, і по лініях зв'язку передається на ЦП. Характерною особливістю системи є наявність розгалуження ліній зв'язку, тому ця структура називається структурою типу “дерево”.

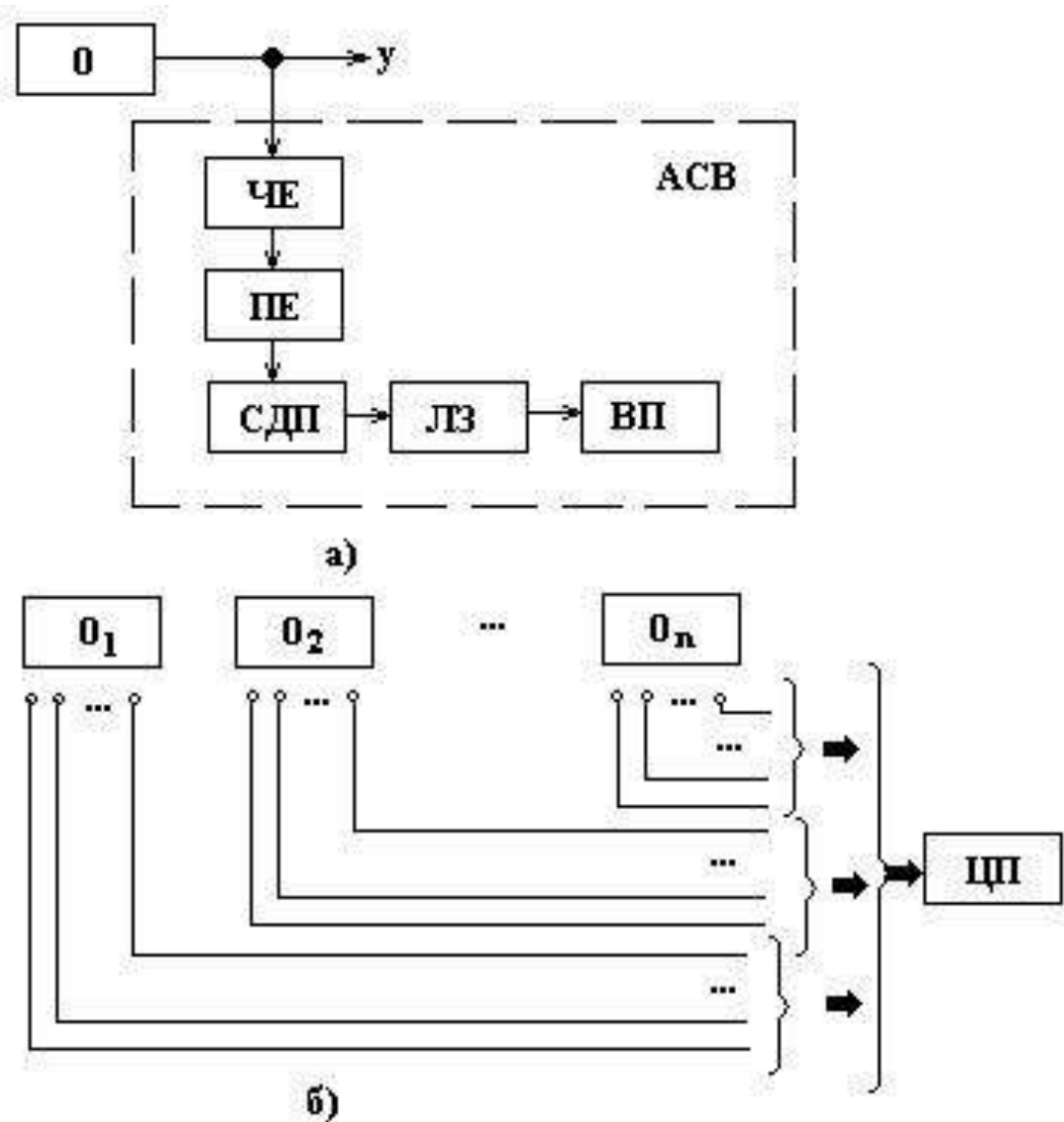


Рисунок 1.1 - Функціональна схема автоматичної системи вимірювання:

а) – однопараметрична; б) – багатопараметрична.

Автоматичною системою контролю (АСК) називається система, здатна виділяти окремі значення вимірюваних технологічних параметрів [21, 22, 23]. На рисунку 1.2 приведена функціональна схема однопараметричної системи контролю.

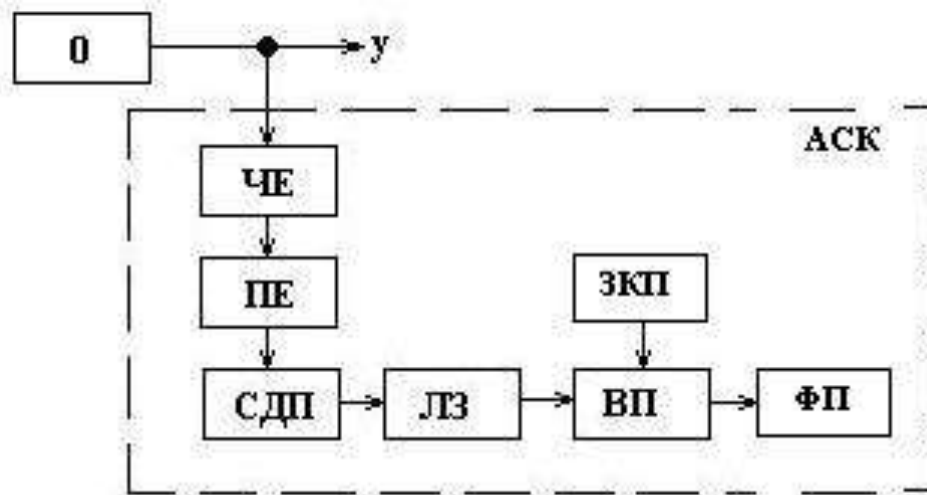


Рисунок 1.2 - Функціональна схема автоматичної системи контролю.

Поряд з елементами ЧЕ, ПЕ, СДП, ЛЗ, ВП, загальними зі схемою АСВ, в цій схемі використовуються задавач контрольованого параметру ЗКП, і формувач сигналу про настання контрольованої події ФП.

Автоматичною системою регулювання (АСР) називається динамічна система, що забезпечує за допомогою автоматичного регулятора, підтримку в об'єкті регулювання заданого значення регульованої величини. АСР представляє собою частковий випадок більш широкого класу систем – автоматичних систем управління, в яких необхідне значення регульованої величини чи закон її зміни, не забезпечується досягненням заздалегідь поставленої мети, а визначається в результаті розв'язку відповідної задачі оптимізації [24, 25].

В системах регулювання значення регульованої величини

однозначно задане, і АСР повинна забезпечувати в кожен момент часу підтримку текучого значення регульованої величини у відповідності із завданням [26, 27, 28, 34].

При автоматизації технологічних процесів використовують дуже різноманітні види АСР, які можуть бути класифіковані по різноманітних ознаках:

- по принципу функціонального зв'язку між змінними, АСР поділяються на розімкнуті та замкнуті;
- по характеру зміни заданого значення змінної, АСР поділяються на системи автоматичної стабілізації, системи програмного регулювання та слідкуючі системи;
- по принципу формування регулюючого впливу, регулювання може відбуватись по регульованій змінній, по збурюючому впливу або комбіновані;
- по виду використовуваної енергії АСР поділяються на прямої і непрямой дії. АСР непрямой дії поділяються на електричні, пневматичні, гідравлічні та комбіновані;
- по властивостях в усталеному режимі АСР поділяються на статичні й астатичні;
- по характеру використовуваних в елементах АСР сигналів вони поділяються на неперервні, імпульсні, релейні, і релейно-імпульсні, включаючи цифрові;
- по степені ідеалізації математичної моделі, АСР поділяються на лінійні і нелінійні, стаціонарні і нестаціонарні, з групованими та розділеними параметрами;
- по структурних схемах, АСР поділяються на одно- і багатоконтурні. Останні можуть бути зв'язані та незв'язані;
- по здатності змінювати характеристики, АСР поділяються на

неприспосовувані, пристосовувані, або адаптивні. Адаптивні АСР бувають самоналагоджувані та самоорганізуючі, пасивні та активні, замкнуті і розімкнуті, аналітичні, пошукові і комплексні.

На рисунку 1.3 приведені функціональні схеми розімкненої (а) і замкнутої (б) АСР.

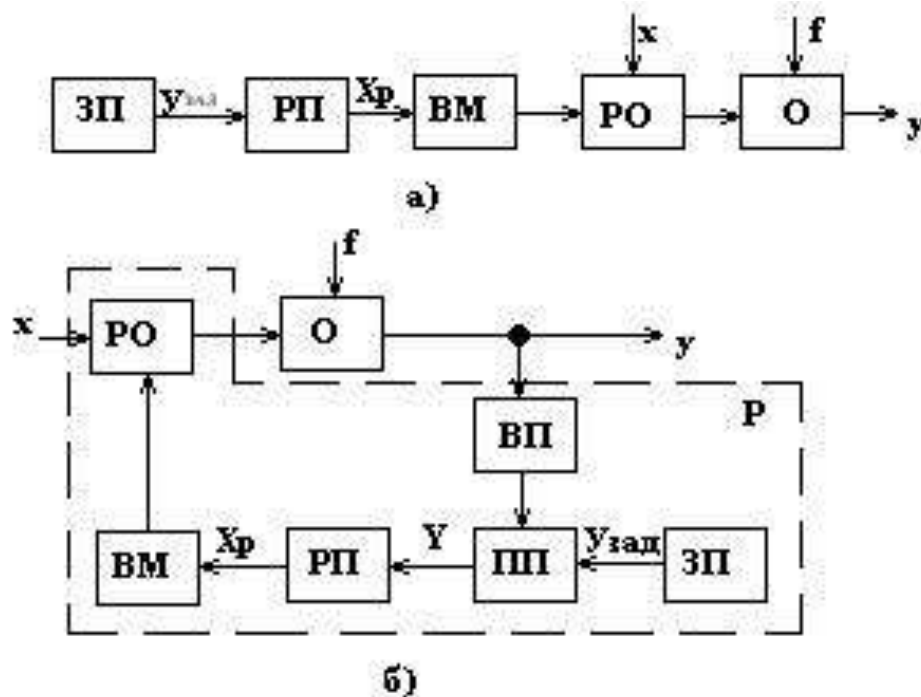


Рисунок 1.3 - Функціональна схема АСР:

а – поелементна (розімкнута); б – замкнута.

Розімкнута АСР має: задаючий пристрій ЗП, що встановлює задане значення регульованої величини; регулюючий пристрій РП, що формує регулюючий вплив на об'єкт регулювання О для підтримки заданого значення регульованої змінної y ; виконавчий механізм ВМ, що забезпечує переміщення виконавчого пристрою ВП для зміни подачі сировини чи енергії в об'єкт регулювання у відповідності з регулюючим впливом x_p регулюючого пристрою.

Принцип організації зв'язку між пристроями в розімкнутій системі [29, 30, 31] такий, що потрібне значення регульованої величини $u_{зад}$ встановлюється безпосередньо за допомогою регулюючого пристрою РП без зміни фактичного значення регульованої змінної u та її співставлення з $u_{зад}$. Недолік такого регулювання полягає у тому, що при наявності збурюючої дії f вихідна змінна u може значно відхилитись від $u_{зад}$.

Замкнута АСР, або АСР із зворотнім зв'язком, функціональна схема якої зображена на рисунку 1.3б, крім елементів, використовуваних в розімкненій АСР, має: вимірювальний пристрій ВП, який вимірює текуче значення регульованої змінної u ; порівнюючий пристрій ПП, що визначає величину Δu відхилення u від $u_{зад}$.

Сукупність пристроїв, підключених до об'єкта, називається регулятором (Р). В замкнутій АСР сформований сигнал відхилення Δu використовується для формування регулюючого впливу x_p на об'єкт. Така організація АСР і забезпечує при появі збурюючої дії f підтримку u на заданому рівні.

В системах автоматичної стабілізації, або АСР (друга класифікаційна ознака), задане значення регульованої величини незмінне в часі. В системах програмного регулювання задане значення регульованої змінної змінюється в часі по деякому заздалегідь заданому закону – програмі [32, 33]. В слідкуючих системах закон зміни заданого значення регульованої змінної заздалегідь не відомий і змінюється в залежності від зовнішніх процесів, не керованих регулятором.

В АСР класифікованих по першій ознаці, в першому випадку регулююча дія формується в залежності від величини відхилення регульованої змінної, в другому випадку – у відповідності з величиною збурюючої дії, в комбінованих АСР – у відповідності з величинами

відхилення і збурення.

В АСР прямої дії (четверта класифікаційна ознака) для формування регулюючої дії і переміщення регулюючого органу використовується енергія самого технологічного процесу, а в АСР непрямої дії – зовнішній потік енергії (електричний, пневматичний, або гідравлічний).

По властивостях в усталеному режимі [35, 36] (п'ята класифікаційна ознака) АСР можуть бути статичними, в яких після завершення процесу регулювання регульована змінна не досягає заданого значення і, відповідно, має місце остаточне відхилення, або астатичними, в яких по завершенню процесу регулювання змінна точно відповідає заданому значенню.

В АСР можуть використовуватись різні типи сигналів (шоста класифікаційна ознака). В неперервних АСР сигнали на входах і виходах усіх елементів представляють собою неперервні функції часу. В імпульсних АСР в якості сигналу використовують періодичні послідовності імпульсів, висота, або амплітуда, яких змінюється, або модулюється неперервним вхідним сигналом. В результаті здійснюється квантування, або дискретизація, неперервного сигналу по часу, тобто, сигнал існує лише в окремі, або дискретні моменти часу. В релейні АСР входять релейні елементи, здійснюючі квантування неперервного сигналу по рівню. В релейно-імпульсних АСР здійснюється квантування і по рівню і по часу. Таке перетворення сигналу має місце в АСР, в які входять цифрові пристрої, наприклад ЕОМ [37, 38, 39].

Класифікація по степені ідеалізації математичної моделі (сьома класифікаційна ознака) враховує, до якого з перерахованих класів відносять модель об'єкта при розробці системи автоматизації.

В одноконтурних АСР (восьма класифікаційна ознака) вплив, прикладений до будь якої точки АСР (див. рисунок 1.3, б), обходить

систему і повертається до початкової точки лише по одному шляху обходу. В багатоконтурних АСР існує декілька контурів передачі сигналів.

Багатоконтурними АСР називають системи з декількома регульованими параметрами [40, 41, 42]. Якщо регулятори, призначені для регулювання різних величин, не мають між собою безпосереднього зв'язку і можуть взаємодіяти лише через загальний для них об'єкт регулювання, АСР називають системою незв'язаного регулювання.

По здатності АСР змінювати свої характеристики (дев'ята класифікаційна ознака) системи регулювання поділяються на непристосовувані і пристосовувані. Пристосовуваними, або адаптивними називають САР, що здатні змінювати свої параметри.

Самоналагоджувані адаптивні системи змінюють властивості шляхом зміни параметрів, або впливів, самоорганізаційні – шляхом зміни структури.

В пасивних пристосовуваних системах зміна властивостей здійснюється по програмі, розробленій заздалегідь на стадії розробки системи.

Активні системи здійснюють зміну властивостей, в реальних умовах експлуатації в залежності від текучої інформації про функціонування АСР. Пристосовувані системи можуть бути замкнуті і розімкнені в залежності від наявності, або відсутності додаткового контура, забезпечуючого аналіз ефективності пристосовуваності.

В залежності від способу, закладеного в алгоритм функціонування пристосовуваних систем, АСР можуть бути аналітичними або обчислювальними, пошуковими і комбінованими.

Аналітичні пристосовувані системи забезпечують зміну властивостей на основі аналітичного або числового визначення своїх оптимальних динамічних характеристик за умови найбільш ефективного

регулювання.

Пошукова система здійснює зміну властивостей в результаті пошуку своїх оптимальних динамічних характеристик за умовою найбільш ефективного регулювання [43, 44]. Пристосовувані системи, в яких поєднані обидва розглянутих способи, називаються комбінованими.

Автоматичні системи керування обладнанням і його елементами здійснюють управління різними механізмами, агрегатами, установками. При управлінні повинні реалізовуватись операції пуску і зупинки, забезпечення ефективної роботи взаємозв'язаного обладнання, зміна режимів роботи обладнання.

Крім того, виникає необхідність реалізації різноманітних операцій блокування, світлової і звукової сигналізації [45, 46]. Для цього розробляються різні схеми автоматичного управління обладнанням і його елементами: схеми управління електроприводами, схеми технологічної і виробничої сигналізації.

Технологічна сигналізація інформує про стан параметрів технологічного процесу, виробнича сигналізація сповіщає про стан окремих агрегатів і механізмів, які задіяні у виробничому процесі.

Автоматизована система управління технологічним процесом (АСУ ТП) це людино-машинна система, яка забезпечує автоматизоване збирання та оброблення інформації з датчиків, що необхідна для оптимізації управління технологічними процесами, залежно від заданого критерію. Критерій управління АСУ ТП – це співвідношення, що характеризує якість функціонування технологічного об'єкту управління в цілому і має конкретні числові значення в залежності від використовуваних управляючих впливів.

При створенні систем автоматизації важливо встановити найбільш доцільну ступінь автоматизації виробничого процесу. При розв'язку цього

завдання необхідно виходити, перш за все, з міркувань економічної ефективності в умовах виробництва.

1.2 Класифікація обладнання кондитерських фабрик.

Апаратурно-машинна схема любого виробництва включає в себе основне технологічне, транспортне, допоміжне, завантажувальне та інше обладнання [48, 49, 50].

До технологічного обладнання відносяться такі машини та апарати, в яких оброблювана сировина або напівфабрикат піддається фізико-хімічним, механічним або біохімічним змінам, а також машини, які проводять фасування і пакування продукції.

До транспортного обладнання відносяться машини, які переміщують сировину, напівфабрикати і готову продукцію, тобто, насоси, транспортери, ліфти, підйомники, крани і т. п.

Допоміжне обладнання – це машини і апарати, які необхідні для функціонування технологічного обладнання (вентилятори, компресори, теплообмінники і т. д.).

Завантажувальне і вимірювальне обладнання – це ваги, об'ємні вимірники та інші пристрої, за допомогою яких проводиться облік сировини, напівфабрикатів і готової продукції.

Основним обладнанням на підприємствах є технологічне обладнання. Його класифікація наведена на рисунку 1.4.

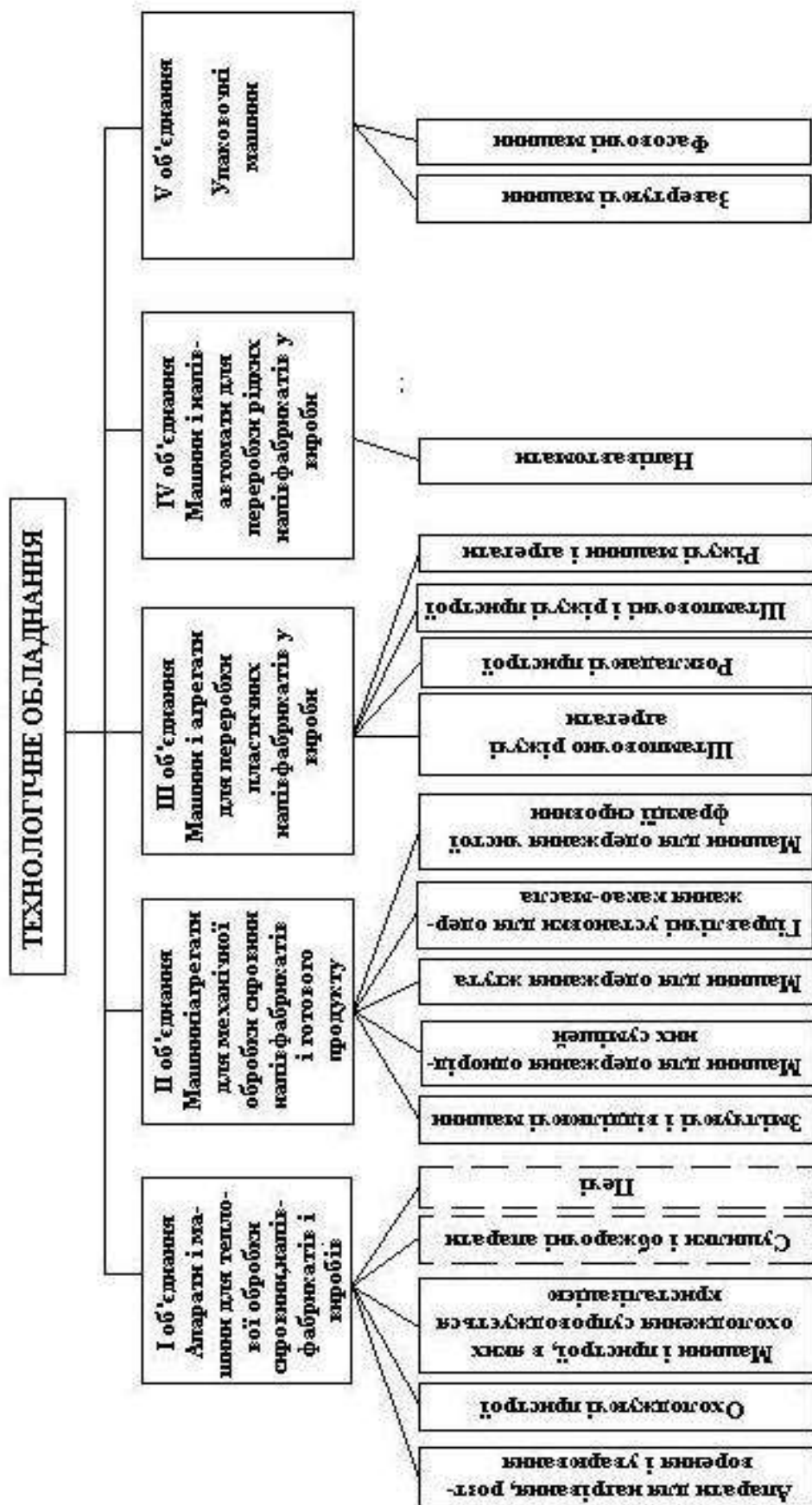


Рисунок 1.4 - Класифікація технологічного обладнання кондитерських фабрик.

Це обладнання можна поділити за призначенням на п'ять наступних груп:

1. Пристрої для теплової обробки сировини, напівфабрикатів і виробів;
2. Агрегати для механічної обробки сировини, напівфабрикатів і готового продукту;
3. Машини для переробки пластичного напівфабрикату і готового виробу;
4. Установки для переробки рідкого напівфабрикату і готового виробу;
5. Пакувальні машини.

1.3 Завдання та особливості розроблення АСУ ТП на кондитерських підприємствах.

Впровадження АСУ в практику промислових підприємств, як і всяка нова розробка, зустрічає ряд труднощів [20, 47]. Відсутність типових рішень і аналогів, обумовлена різноманіттям технологічних процесів, змушує йти на істотні витрати при проєктуванні систем.

При їхній розробці і виготовленні приходиться використовувати велику кількість різних технічних засобів. До них відносяться як найпростіші релейно-логічні схеми, що забезпечують роботу декількох механізмів одного технологічного агрегату, або аналогові функціональні перетворювачі, зібрані зі стандартних елементів, так і складні цифрові і цифро-аналогові комплекси обчислювальних машин, оснащені розвинутими системами збору інформації і передачі команд по десятках каналів. Усі вони можуть мати різний принцип дії, відрізнятися за

складністю або здатністю виконувати логічні і математичні операції.

Найчастіше одноразовий характер розробок АСУ та унікальність їхнього устаткування, визначають значні затрати на їх створення та експлуатацію. Однак великий техніко-економічний ефект від впровадження АСУТП у народне господарство, а також супутні йому поліпшення організації і підвищення культури виробництва виправдовують високу вартість і складність проєктування, налагодження та освоєння цих систем керування. Відомі приклади, коли застосування ЕОМ істотно підвищувало продуктивність технологічних вузлів і ділянок. Найбільш ефективно використовуються ці пристрої для автоматизації неперервних процесів, пов'язаних зі зміною агрегатного стану.

Більш складне впровадження АСУ ТП у процеси дискретно-поточних ліній і агрегатів з виробництва поштучної продукції. Основна причина в обмежених можливостях керування властивостями матеріалу в процесі обробки, в істотному розходженні технологічних процесів і в характерному для них миттєвому виникненні аварійних ситуацій.

Також ЕОМ широко застосовується на стадії розробки АСУ ТП. З їх допомогою здійснюється дослідження математичних моделей розроблювальних технологічних ліній або окремих агрегатів, статистичне моделювання технологічних комплексів.

Складність і новизна АСУ, відсутність досвіду їх масових розробок не дозволяють поки чітко визначити послідовність проєктування систем. Можна стверджувати, що при проєктуванні АСУ ТП високих рівнів і складних вузлових систем повинні брати участь фахівці галузевої технології, конструктори технологічних агрегатів, математики і фахівці в галузі мехатроніки [51, 52, 53].

На технологів покладається вихідна постановка завдань автоматизації, удосконалення технології в напрямку її детермінованості в

цілому або окремих її вузлах. Конструктори технологічних агрегатів повинні сприяти технологам у вирішенні завдань удосконалення устаткування взагалі і з урахуванням вимог фахівців з мехатроніки зокрема. Математики розробляють моделі технологічних процесів алгоритми керування.

На фахівців з мехатроніки покладається розробка математичних моделей електроприводів і їх зв'язок з математичними моделями технологічних агрегатів, вибір електроприводів, розробка АСУ і її узгодження з локальними АСУ ТП.

При розробці АСУ ТП широко застосовується системний підхід. Це означає, що завдання і функції окремих елементів або вузлів системи можуть бути визначені лише виходячи з завдань, поставлених перед усією системою. Оптимальний варіант припускає, що всі складові елементи системи і система в цілому працюють з максимальною ефективністю. Таке рішення може бути отримано тільки при комплексному проєктуванні технології, устаткування, електроприводу, керуючих елементів, і при взаємному прив'язуванні вимог до одного елемента системи до вимог до іншого та підпорядкуванню їх до завдань, що стоять перед системою в цілому.

Основне завдання проєктування АСУ ТП на його початковому етапі - це формування мети керування системою. Складність тут полягає в необхідності узгодження між собою критеріїв оптимальності локальних, вузлових і більш високого рівнів АСУ ТП.

На основі сформульованої мети керування визначаються і формалізуються функціональні зв'язки системи. Вони повинні встановити залежність критерію якості функціонування процесу від багатьох змінних: характеристик, параметрів і збурень автоматизованого процесу. Завдання ускладнюється необхідністю глибокого вивчення фізичних

закономірностей процесу і їх докладного математичного опису, а також наявністю великої кількості змінних з випадковим фактором їхньої зміни, нелінійними зв'язками між іншими змінними й іншими факторами.

Розробка кожної АСУ ТП пов'язана зі створенням нового технологічного процесу або нового, з більш повним формулюванням мети керування, вже частково автоматизованого процесу. Тому в даний час розробка нових АСУ ТП являє собою самостійну складну наукову проблему.

Також складною є проблема створення безлічі типів давачів - джерел технологічної інформації, що надходить в АСУ ТП для наступної обробки. У залежності від вимог до точності вимірювань, наприклад, температури, зусилля, товщини, продуктивності, енергоємності, іноді необхідна розробка не тільки нового давача, але і нового принципу виміру. Так як давачі повинні видавати інформацію у вигляді електричних сигналів, тому одночасно необхідно розробляти засоби їхньої нормалізації і кодування. Так як малопотужні сигнали мають потребу в захисті від перешкод, то потрібна розробка спеціальних фільтрів.

При розробці керуючої ЕОМ самостійного значення набуває мінімізація інформаційного потоку або мінімізація алгоритму функціонування АСУ ТП. Завдання полягає в одержанні алгоритму, реалізованого з допомогою стандартних машин. Розв'язок полягає в оцінці і виключенні неістотних зв'язків і скороченні кількості входів. Так само складно при розробці оптимальної системи розподілити функції і потоки інформації між керуючими пристроями і операторами.

Актуальна і проблема надійності АСУ ТП. Пояснюється це великими розмірами і складністю таких систем, що включають у себе сотні тисяч елементів: діодів, резисторів, конденсаторів, транзисторів, інтегральних схем та ін.

Для кожної з перерахованих проблем створення працездатних АСУ ТП є ряд простих рішень. Вони полягають в нагромадженні досвіду розробки алгоритмів керування і математичних моделей технологічних процесів, створенні типових вимірювальних і перетворюючих пристроїв і т.д. Ці підходи дозволять у майбутньому створити стандартні елементи, вузли і навіть локальні АСУ ТП, істотно спростити процес проєктування, монтажу, налагодження й експлуатації автоматизованих систем керування.

Найбільш доцільною в цьому напрямку представляється так звана агрегатно-модульна концепція побудови керуючих пристроїв і комплексів. Відповідно до цієї концепції буде розроблена єдина елементна база - окремі модулі, що представляють собою аналогові пристрої або типові комірки цифрових пристроїв зі стандартними уніфікованими елементами конструкції і нормалізованими вхідними і вихідними сигналами. На основі таких елементів можуть бути виконані типові функціональні блоки АСУ ТП і локальних АСУ ТП.

Для АСУ ТП більш високих рангів розробляються агрегатні системи засобів керуючої обчислювальної техніки з уніфікованими вузлами зв'язку керуючого пристрою з об'єктами керування і єдиним математичним забезпеченням.

Таким чином, основні задачі, що виникають при проєктуванні АСУ ТП це розробка математичних моделей технологічних процесів і алгоритмів керування, давачів для контролю різноманітних технологічних параметрів; створення засобів керуючої й обчислювальної техніки з заданим рівнем надійності.

1.4 Обґрунтування актуальності автоматизації виробничого процесу виготовлення печива.

Підприємства кондитерської галузі харчової промисловості виготовляють широкий асортимент і великі обсяги продукції. Основною складовою частиною любого виробничого процесу є технологічний процес. Технологічний процес реалізується на відповідних технологічних апаратах, ділянках і машинах.

Умовою випуску якісної продукції є підтримка на заданих значеннях параметрів технологічного процесу, чи технологічних параметрів: температур, витрати, рівнів, різних якісних параметрів. Для цього необхідно забезпечити вимірювання технологічних параметрів та їх регулювання. Крім цього, в залежності від конкретних ситуацій, що визначаються якісними показниками сировини, ходом технологічного процесу, можливе внесення корекції значень технологічних параметрів, метою якого є оптимізація технологічного процесу. Ця корекція може здійснюватись в залежності від ходу як окремого технологічного процесу, так і їх сукупності, а також в залежності від функціонування всього виробництва в цілому.

Основними завданнями автоматизації виробничого процесу є покращення економічної ефективності підприємства, покращення якості його продукції, створення сприятливих умов для якнайкращого використання всіх ресурсів підприємства.

Автоматизація також є рушійною силою науково-технічного прогресу, і забезпечує значний вплив на удосконалення технологічних процесів. Вона створює умови для розроблення складніших високопродуктивних процесів, які без автоматизації розробити або реалізувати не можливо.

Розвиток автоматизації кондитерських виробництв здійснюється в трьох напрямках.

Перший напрям – розробка і впровадження спеціальних пристроїв і засобів автоматизації для експрес-аналізу сировини, напівфабрикатів і готової продукції. Це спеціальні контрольно-вимірювальні прилади, давачі, вимірювально-аналітичні комплекси, виконавчі пристрої для контролю і керування технологічним процесом і виробництвом. При створенні цих пристроїв важливого значення набуває використання мікропроцесорів.

Другий напрям – створення і впровадження систем автоматичного регулювання і керування окремими технологічними агрегатами і ділянками, в тому числі з використанням мікропроцесорів і мікро-ЕОМ. Для цього створені різноманітні схеми автоматизації типових технологічних процесів: тепло- і масообмінних (випарювання, сушка, ректифікація, дистиляція, дифузія, екстракція); хімічних (дезодорація, сатурація, нейтралізація); мікробіологічних (бродиння, солодовирощування) та ін. Також широко використовуються системи програмного регулювання технологічних процесів варіння, ферментації, ректифікації та ін.

Третій напрямок автоматизації в кондитерській промисловості – створення автоматизованих та автоматичних систем управління технологічними процесами (АСУ ТП) з використанням міні- і мікро-ЕОМ. Це подальший розвиток автоматизації виробництва. Економічний ефект від впровадження АСУ ТП тут досить високий.

В сучасних умовах досягнути економічного ефекту при автоматизованому виробництві тільки за рахунок скорочення кількості обслуговуючих працівників, практично не можливо, так як сучасні підприємства та цехи обслуговуються досить малою кількістю операторів.

Також потрібно враховувати, що впровадження автоматичних систем може збільшити чисельність обслуговуючого персоналу.

Головні чинники збільшення економічного ефекту на підприємствах харчової галузі наступні: підвищення якості продукції, економічне використання сировини та різних видів енергоносіїв, зменшення відходів матеріалів та сировини на виробництвах, покращення ритмічності технологічного процесу, збільшення продуктивності праці та об'ємів випуску продукції, поліпшення умов праці для обслуговуючого персоналу виключивши шкідливі та небезпечні для життя чи здоров'я людей ділянки виробництва.

Таким чином, автоматизація сприяє розвитку кондитерських виробництв, покращує якість харчових продуктів, збільшує економічну ефективність підприємств харчової галузі.

2 Технологічна частина

2.1 Характеристики сировини для виготовлення печива.

Для приготування печива використовують пшеничну муку вищого, I і II сортів. Перед подачею у виробництво, окремі партії муки змішують в різних співвідношеннях з метою отримати муку оптимальної якості по вмісту клейковини, кольору та іншим показникам. Одночасно в муку входять передбачені рецептурою крохмаль та інші види муки (соєва, кукурудзяна). Мішки з мукою ретельно очищують.

Муку та цукор просіюють для видалення випадкових домішок і обробляють (при потребі) в магнітному полі для видалення металевих домішок.

Сировина звільнюється від тари (ящика, коробок) поза виробничим приміщенням. Особливу увагу приділяють вивантаженню сировини, коли вона поступає в скляній тарі, для того, щоб не допустити попадання уламків скла у виробництво. Тверді жири після розпаковки ретельно зачищають. Жири, які використовуються у рідкому вигляді проціджуються через сита з отворами діаметром не більше 1,5 мм. Також пропускають через сита молоко.

2.2 Розроблення технологічного процесу автоматизованого виготовлення печива на кондитерських фабриках.

Під час технологічної підготовки підприємства розробляються ряд

нових технологічних процесів, здійснюється проектування компоновок обладнання, розробляється нестандартне обладнання та вимірювальна апаратура. Технологічний процес включає в себе всі операції обробки, пов'язані безпосередньо із зміною форми, розмірів і властивостей виробу, виконуваних у визначеній послідовності [20].

При розробці технологічного процесу згідно типу виробництва визначають: величину партії продукції, вид, розміри, методи одержання напівфабрикату, послідовність технологічних операцій, тип обладнання, необхідну компоновку, режими і час обробки.

З метою раціонального вибору економічно обґрунтованих варіантів компоновок, потрібен комплексний аналіз їх технічної, організаційної і економічної доцільності.

Аналіз технічної доцільності потрібен для виявлення можливості виготовлення виробів у повній відповідності до технічних вимог і виявлення переваг і недоліків розглядуваного варіанту з врахуванням підвищення технічного рівня виготовлення.

Аналіз організаційної доцільності потрібен для виявлення переваг і недоліків, вивчення можливості скорочення циклу виробничої діяльності, забезпечення ритмічності виробництва продукції.

Економічний аналіз розглядуваних заходів дозволяє зробити об'єктивний висновок економічну ефективність прийнятого варіанту. Він складається з розрахунку і аналізу затрат і виявлення впливу на техніко-економічні показники.

На практиці, при розрахунку доцільності вибору технологічного процесу, прийняті наступні методи:

- порівняння технологічної собівартості різних варіантів процесів;
- визначення економічного ефекту на основі приведених затрат.

Технологічний процес виготовлення печива ведеться у відповідності до затверджених технологічних інструкцій і згідно технологічної схеми поточної лінії ШЛ–1П/2, загальний вигляд якої представлено в графічній частині кваліфікаційної роботи.

Приготування емульсії здійснюється на установці А2–ШУІ, або А2–ШУ2–І. Оптимальна величина однієї порції емульсії 600 кг/год.

Приготовлена емульсія перекачується насосом в проміжний бак ШБ–1Е.

Повний цикл приготування однієї порції емульсії в залежності від якості і стану сировини (компонентів) продовжується приблизно 20...30 хвилин. При потребі проводиться темперування емульсії.

З бака ШБ–1Е емульсія безперервно дозується дозатором емульсії А2–ШДЕ в тістозамішувальну машину ШТ–1М, куди одночасно дозується мука під впливом об'ємного дозатора муки ШД–1М.

Тісто безперервно приготується в тістозамішувальній машині ШТ–1М і поступає в бункер живильника тіста ШТ–1Т. З бункера розрихлене тісто транспортером живильника подається в бункер ротаційно-формуєчої машини ШР–1М.

Рівень тіста в бункері машини регулюється автоматично під впливом засувки, встановленої всередині бункера, яка заблокована з приводом транспортера живильника ШП–1Т.

Сформовані ротаційною машиною тістові заготовки печива безперервно подаються на сітчасту стрічку печі А2–ШБГ (ШБ–2П).

Випечене печиво охолоджується попередньо на сітчастій стрічці печі, а кінцево на охолоджуючому конвеєрі А2–ШКО–1, або А2–ШКО–2 (в залежності від компоновки лінії) і направляється на стекер СБ–4, де встановлюється на “ребро” для завантаження в загортувальні машини.

При роботі лінії без загортування печива в пачки, печиво після

охолодження направляється по склізу стекера на поперечний транспортер для подальших технологічних операцій.

Для підтримки оптимальних температур емульсії і тіста в установках для приготування емульсії А2–ШУІ, або А2–ШУ2–І, баку емульсії ШБ–1Е і тістозамішувальній машині ШТ–1М подається вода з потрібною температурою.

Машини змонтовані в наступному порядку:

- піч А2–ШБГ;
- формуюча ротаційна машина ШР–1М;
- живильник тіста ШП–1Т;
- тістозамішувальна машина ШТ–1М;
- дозатор муки ШД–1М;
- конвеєр П-подібний К–1П;
- конвеєр охолоджуючий А2–ШКО–1 або А2–ШКО–2;
- стекер СБ–4;
- бак емульсії ШБ–1Е;
- установка для приготування емульсії А2–ШУІ або А2–ШУ2–І;
- дозатор емульсії А2–ШДЕ;
- пульти керування, шафи керування.

Виготовлення печива відбувається за такими основними процесами переходу сировини до готового виробу:

- приготування тіста;
- заміс тіста;
- формування тіста;
- випікання;
- охолодження;

Далі ці процеси буде розглянуто детальніше.

2.2.1 Технологія приготування тіста.

Тісто для печива представляє собою складну систему, в яку поряд з мукою і водою входять цукор, жир, яйцепродукти, молоко та інше. У якості розпушувача в основному використовують не дріжджі, а соду, або вуглекислий амоній, які здатні виділяти газоподібні продукти, розпушуючі тісто.

При утворенні тіста, різні складові компоненти муки реагують з водою по різному, білкові сполуки, вміст яких в муці 11–13 %, набухають, тобто вбирають в себе значну кількість води. Маса втягнутої білками муки води при утворенні тіста в 2–2,5 рази перевищує масу самих білкових сполук. Власне набухлі білки і утворюють основу тіста – клейковину.

Другим компонентом муки являється крохмаль, який складає біля 70 %. Крохмаль, як і білки, здатен поглинати воду. Однак при змішуванні його з водою він не утворює тіста. Кількість поглинутої крохмалем води при кімнатній температурі складає всього 35...40 % від його маси. Властивість крохмалю поглинати воду з підвищенням температури значно збільшується, і при температурі клейстеризації (більше 60°C) руйнуються крохмалеві зерна і утворюється колоїдний розчин.

При замішуванні тіста з визначеною кількістю води, яка може зв'язати білки і крохмаль, білки муки утворюють клейкі волокна (клейковину). Між цими волокнами розміщені зерна набухлого крохмалю. Цей процес приводить до утворення маси (тіста), що володіє пружними властивостями. Таке тісто сильно зв'язує воду і не виділяє її навіть при значних механічних впливах.

При замалій кількості води процес набухання білків не проходить у повній мірі, одержуване тісто не буде мірі володіти достатніми пружними

властивостями. При значному надлишку води також не отримується пружне тісто. В такому випадку утворюється в'язка рідина, яка, розтікаючись, може заповнити любі форми. Таку властивість використовують при виготовленні інших кондитерських виробів (вафельних листів).

З фізико-хімічної точки зору тісто представляє собою складну систему (яка складається з білків, вуглеводів, жирів, кислот, солей, соди, води та іншого), в якій ці речовини містяться в самому різноманітному стані (у вигляді органічно набухлих колоїдів, суспензій і розчинів).

Компоненти тіста, кожен по своєму у певній мірі, протистоять набуханню білків муки.

Цукор, утворюючи з водою при замішуванні розчин, зменшує можливість набухання.

Жир, утворюючи тонкі плівки, покриває частинки і таким чином заважає процесу набухання.

Регулюючи процес замішування тіста шляхом внесення в рецептуру різних кількостей цукру, жиру та інших компонентів, можна одержати тісто з різними фізичними властивостями (більш пружне або пластичне).

Кількість внесеної у тісто води, температура компонентів, тобто, температура при замішуванні, тривалість замішування також впливають на фізичні властивості тіста.

На фізико-хімічні властивості тіста впливає не тільки кількість того чи іншого компонента, внесеного у відповідності до рецептури, але і його якісні показники. Якість муки в значній степені впливає на властивості одержуваного з неї тіста. Особливо велике значення має кількість і якість клейковини. За регламентованими технологічними інструкціями норми оптимального вмісту клейковини в муці печива повинна складати 32-34 % клейковини.

Якість клейковини поряд з її кількістю також в значній мірі впливає на фізико-хімічні властивості тіста, тому для різних видів кондитерських виробів рекомендується використовувати муку з клейковиною різної еластичності. Для печива рекомендується мука з еластичністю клейковини по пластометру ПЛ-2 до 30 с.

На якість тіста значно впливає крупність помолу муки, а також помолу цукру.

Великий вплив на якість тіста здійснює передбачений рецептурою жир. Жир надає виробам крихкості, і впливає на утворення шаруватості. Введення в рецептуру жиру, як і цукру впливає на пластичність тіста. Із збільшенням вмісту жиру тісто кришиться, стає пухким.

Дисперсність жиру, як і муки і цукру, має велике значення. Чим вища дисперсність жиру, внесеного в тісто, тим активніший його вплив. В зв'язку з цим краще вносити жир в емульгованому вигляді. Жир в молоці знаходиться у вигляді вискодисперсної емульсії, тому молоко позитивно впливає на якість тіста.

На стійкість емульсії, що містить рослинні чи тваринні жири, добре впливають поверхнево-активні речовини. Поверхнево-активними властивостями володіє лецитин, який міститься в яйцях. Тому яйці позитивно впливають на якість тіста і покращують смак готового печива.

Пластичності тісту надає також крохмаль. При його внесенні зазвичай зменшують кількість муки. Крохмаль сприяє підвищенню змочуваності виробів і їх крихкості.

Значний вплив на якість тіста має вологість. Для одержання тіста для печива з визначеними властивостями, необхідно вносити відносно велику кількість води.

Оптимальна вологість тіста крім його кількісних показників залежить від вологопоглинаючих властивостей використовуваної муки, а

також від способу його замішування. Так для печива вологість тіста з муки І сорту повинна бути 25-26 %.

Задаючись вологістю тіста і знаючи вміст води (сухих речовин) для всіх видів сировини, можна розрахувати кількість води X [в кг (л)], яку необхідно внести в тісто, по формулі

$$X=[100C/(100-A)]-M,$$

де C – сумарна маса сухих речовин всієї сировини, що використовується для замішування, кг;

M – сумарна маса всього замішування, кг;

A – задана вологість тіста, %.

Задану вологість тіста в залежності від якості муки можна розрахувати по вологості сирої клейковини по формулі

$$A=B/K,$$

де B – вологість сирої клейковини використовуваної муки, %;

K – емпіричний коефіцієнт, який для печива приймають – 3.

Важливим фактором, що впливає на якість тіста, являється температура при замішуванні. Для тіста з пружною консистенцією (печиво) оптимальною являється температура 32-40 °С. При підвищенні температури замішування, структура тіста змінюється, якість виробів значно погіршується.

Оптимальна температура замішування тіста залежить від температури в приміщенні цеху. Час замішування тіста продовжується від 30 до 60 хвилин в залежності від сорту використовуваної муки, виду виробу, температури, частоти обертання робочого органу тістозамішувальної машини і інших факторів.

Попередньо приготовлена емульсія з усіх компонентів рецептури і води без муки в значній мірі сприяє можливості скоротити до мінімуму час наступного перемішування з мукою.

Змінюючи технологічні фактори (рецептуру і вологість тіста , температуру і/тривалість замішування), на практиці одержують кондитерське тісто, що володіє усілякими властивостями: від пружного-еластичного для галет до рідкого, порівняно легко текучого для вафель; від пластичного, використовуваного при виготовленні цукрового печива, до пишним, насиченим повітрям, застосовуваного при виготовленні бісквітного напівфабрикату для тортів і тістечок.

2.2.2 Замішування тіста в машинах періодичної дії.

Для замішування тіста періодичним способом найчастіше застосовуються машини з Z-подібними лопатями (так звані універсальні замішувальні машини), а також горизонтальні барабанні замішувальні машини з П-подібними місильними лопатями. Ці машини використовують для замішування тіста для різних видів печива, галет, крекерів і інших борошняних кондитерських виробів.

В універсальній замішувальній машині коритоподібний корпус виконаний у вигляді двох напівциліндрів. Замішувальні органи розташовані усередині корпуса, обертаються назустріч один іншому з різною частотою. Обертання робочих органів реверсивне, що дозволяє інтенсифікувати заміс, і використовується при розвантаженні, при якому корпус машини перекидається. Частота обертання лопат складає 30-40 об/хв.

Для деяких конструкцій машин передбачена частота обертання від 200 до 270 об/хв. Такі машини використовуються для одержання збивного тіста.

Основним робочим органом іншого типу машин є вал з чотирма П-

подібними лопатами, що обертаються у місильному циліндрі з частотою від 0 до 25 об/хв. Розвантаження машин здійснюється в підкатний візок.

У рецептуру борошняних кондитерських виробів входить сировина, що володіє різноманітними властивостями. Цукор і сіль мають кристалічну структуру і легко розчинні у воді. Жири, навпаки, не розчиняються у воді, хімічні розпушувачі при зіткненні із сировиною, що має деяку кислотність (патока, молоко, жир), частково розкладаються, їхня розпушуюча здатність зменшується.

З урахуванням цих властивостей, а також інших факторів, сировину додають при замішуванні тіста в замішувальну машину у визначеній послідовності: цукор, сіль, розтоплений жир з попередньо розчиненим у ньому емульгатором, згущене молоко, яйця, патока і сироп, вода або натуральне молоко, потім перемішують протягом 2-3 хв і додають соду, вуглекислий амоній і борошно в суміші з крохмалем.

Для збереження властивостей хімічних розпушувачів у деяких випадках борошно, змішане з крохмалем, розділяють на дві частини. Після введення в замішувальну машину всієї сировини без хімічних розпушувачів вносять першу частину борошна, потім розпушувачі і після цього частину борошна, що залишилася.

При замішуванні тіста для цукрового печива, з усіх видів сировини, крім борошна і крохмалю, попередньо готують емульсію з двох фаз. Спочатку всю сировину ретельно перемішують у змішувачі неперервної дії, потім отриману суміш пропускають через відцентровий емульгатор або обробляють у гідродинамічному багатостержневому перетворювачі. Отриману емульсію замішують з борошном і крохмалем.

Тривалість замішування тіста для цукрового печива повинна бути мінімальною і складати в зимовий час 20-25 хв., у літній – 10-25 хв.

Тісто готують невеликим порціями, тому що, якщо воно не буде відразу сформовано, структура його може змінюватися (пластичні

властивості зменшуються, з'являється деяка пружність). У результаті малюнок на поверхні виходить розпливчастим і структура готового печива погіршується.

Тривалість замішування тіста для печива складає 40-60 хв. при 30-40° С.

Для замішування тіста для галет і крекерів як розпушувач використовують дріжджі, але для більшості сортів дріжджі застосовують одночасно з хімічними розпушувачами.

Замішування тіста передуює готування опари. Під опарою мають на увазі тісто, приготовлене з борошна і води з уведенням дріжджів. Вологість опари для галет повинна бути 52-60%, а для крекерів – 50-55%.

При виготовленні крекерів, для підживки сухих дріжджів, в опару вносять приблизно 10 кг цукру на 1 т крекерів. Попередньо подрібнені дріжджі перемішують з теплою водою (35-40°С). Потім додають борошно в кількості 10-25% від маси всього борошна, що передбачене рецепом, далі вимішують 7-8 хв. і отримують однорідну масу сметаноподібної консистенції.

Опару вистоюють при 32-35° С протягом 1 год. для простих галет і до 10 год. для крекерів. При вистоюванні протікає процес шумування з утворенням молочної кислоти. Продукти шумування сприятливо впливають на смак виробів. Здатність білків набухати при цьому збільшується.

Так як опара для галет піддається шумуванню порівняно короткий час, рецептурою передбачається додаткове внесення молочної кислоти у виді 40% розчину.

Готовність опари визначається при збільшенні її об'єму в 2,5-3 рази, а також за кислотністю, яка повинна бути 6,5-7рН.

Після закінчення шумування замішується тісто. Найшвидше

потрібно внести опару, далі воду, сировину, окрім борошна. Далі перемішують 4-5 хв і додають борошно.

Час вимішування тіста для галет становить 25-60 хв, для крекерів – 40-60 хв. Температура тіста при вивантаженні повинна бути для галет 34-37° °С, для крекерів 32-34°С; вологість для галет 31-36%, для крекерів 26-31%.

Для зменшення часу приготування опари та вимішування тіста потрібно застосовувати ферментний препарат «Оризин ПК», який вносять в опару у вигляді 10% розчину. Розчин даного ферменту готують із запасом не більше ніж на одну зміну.

При введенні препарату «Оризин ПК» збільшується цукроутворення і газоутворення, у результаті чого скорочуються тривалість шумування опари для галет до 30-40 хв, для крекерів до 1-2 год., тривалість замішування для галет до 15-30 хв, для крекерів до 25-35 хв, поліпшується якість одержуваних галет і крекерів (підвищуються здатність до набухання і пористість виробів, поліпшується колір поверхні).

Розроблено нову технологію виробництва крекерів. За цією технологією передбачається вести приготування тіста безопарним способом на інтенсивно збитій емульсії, що складається з усіх компонентів рецептури, крім борошна і хімічних розпушувачів. Це приведе до активного дезагрегування і гомогенізації рецептурних компонентів і сприятиме їх рівномірному розподілу по всьому об'ємі суміші. Це значно скорочує тривалість замішування.

Після замішування тісто піддається двогодинному вилежуванню і подається на подальшу обробку. Нова технологія виробництва крекерів дозволила інтенсифікувати технологічний процес, поліпшити крихкість, розсипчастість і шаруватість крекерів.

Технологія замішування тіста для здобного печива різна для

кожної з груп цього виду виробу. В універсальну машину завантажують усю сировину за винятком яєць (меланжу) і борошна. Суміш перемішують протягом 6-8 хв, потім додають яйця і воду і перемішують ще протягом 2-4 хв. В отриману масу поступово додають борошно і перемішують ще 5-8 хв. Тісто повинне бути пластичним. Вологість тіста складає 16-17,5%, температура приблизно 22°C.

При приготуванні тіста, призначеного для ручного формування, тривалість усіх стадій замішування трохи збільшують. Вологість такого тіста може бути збільшена до 20%.

Тісто для пісочних сортів містить від 4 до 7 кг вершкового масла на 10 кг борошна. Замішування такого тіста починається із збивання вершкового масла разом з цукровою пудрою. Далі необхідно збільшити швидкість обертів робочих органів тістомісильної машини. Далі додають по черзі всі інші компоненти, окрім борошна. В кінці до отриманої маси додають борошно та перемішують її приблизно 1-4 хв. При цьому вологість тіста становить 15-24%, температура - близько 22°C.

Тісто для здобних сортів печива, зокрема бісквітно-здобних, готують приблизно схоже, як для подібних видів напівфабрикатів (тортів і тістечок).

Тісто для здобних сортів печива таких як "Кексові сухарики" готують шляхом попереднього збивання цукрової пудри з вершковим маслом протягом 20-30 хв. (спочатку 10-15 хв. при невеликій частоті обертання місильного агрегату, а потім при збільшеній). Потім у замішувальну машину на робочому ходу вносять всю іншу сировину і в останню чергу борошно і перемішують протягом 2-3 хв. Вологість тіста складає 24-25%, температура - близько 22°C.

2.2.3 Заміс тіста в агрегатах неперервної дії.

Неперервний заміс кондитерського тіста роблять тільки для цукрового печива. Заміс тіста для здобного печива, галет і крекерів здійснюють у періодично діючих місильних машинах.

Тісто для цукрового печива замішують шляхом змішування попередньо приготовленої емульсії з борошном. Борошно як правило змішують із крохмалем. Обидва компоненти у визначеному співвідношенні неперервно надходять у камеру попереднього змішування агрегату через дозатори.

Місильна машина неперервної дії складається з двох основних частин: камери попереднього змішування і місильної камери.

Камера попереднього змішування являє собою трубу, усередині якої обертається вал з лопатами. У верхній частині камери наявний оглядовий люк, що закривається кришкою.

Камера призначена для попереднього неперервного змішування борошна з емульсією. У цю камеру емульсія дозується насосом-дозатором, а борошно спеціальним дозатором стрічкового типу. Цей дозатор складається із шахти і короткого стрічкового транспортера, товщина шару борошна на транспортері регулюється заслінкою за допомогою штурвала.

Отримана, у камері попереднього змішування маса неперервно надходить у замішувальну камеру, що являє собою циліндричну ємність з водяною сорочкою. Усередині камери обертається вал з лопатами, робочі площини яких нахилені відносно осі. Нахил лопат регулюється в залежності від режиму роботи агрегату.

У сорочці циркулює вода потрібної температури. Кришка камери обладнана двома люками, що закриваються. Готове тісто виходить з машини і транспортером подається на формування.

Емульсію з усіх компонентів рецептури, крім, борошна, готують у дві стадії. Спочатку в змішувачі неперервної дії готують суміш сировини.

Змішувач являє собою горизонтальний циліндричний апарат, усередині якого на горизонтальному валу обертаються перемішувальні лопати. Змішувач для темперування оснащений водяною сорочкою. Для кращого перемішування на внутрішній поверхні циліндра змонтовані нерухомі пластини, розташовані між рухомими лопатами, які виконують роль поверхонь опору тісту.

Вал з лопатами має частоту обертання 70-120 об/хв. Усю сировину завантажують через люк на робочому ходу машини. Спочатку завантажують рідку сировину (молоко, інвертний сироп і т.п.), включаючи воду, потім сіль, хімічні розпушувачі і поступово цукор. Суміш перемішують протягом 5-10 хв. Не зупиняючи змішувача, вносять розплавлений жир і есенцію. При цьому температуру підтримують у межах 33-38° С.

Перемішану масу вивантажують через випускний отвір, що закривається спеціальним клапаном. З добре перемішаної суміші сировини утвориться дрібнодисперсна стійка емульсія в результаті пропущення її через відцентровий емульсатор безперервної дії. Емульсатор являє собою циліндричний корпус, усередині якого обертаються робочі диски з частотою обертання 1420 об/хв.

Маса надходить через верхній отвір у корпус і попадає між обертовими і нерухомими дисками. При цьому маса розбивається і гомогенізується, неодноразово вдаряючись до пальців нерухомого і ребра рухомого диска. Потім готова емульсія виходить через отвір, розташований на осі корпуса.

Для перетворення в стійку дрібно дисперсну емульсію суміш сировини можна багаторазово пропустити через гідродинамічний

звуковий перетворювач. При цьому замість цукрової пудри можна використовувати цукор-пісок. Обробку роблять протягом 20 хв.

На рис. 2.1 представлена схема гідродинамічного перетворювача, що є одним з агрегатів установки АГБ-Ш.

Окрім самого перетворювача в дану установку входить шестеренчастий нагнітач та фільтр із змінними сітками.

Маса подається насосом у вхідний отвір під тиском 0,1-0,2 МПа, відкілья через сопло 2 вона попадає на упор 3. При цьому виникають пружні коливання із звуковою частотою, які сприяють подрібненню, розчиненню цукру і перетворенню жиру на дрібні кульки.

У результаті багаторазового пропущення суміші сировини через гідродинамічний перетворювач виходить дрібнодисперсна емульсія, що не розшаровується тривалий час. Однак, незважаючи на це, емульсію зберігають у баках з мішалками, тому що в ній утримується частина цукру, що не розчинився. Частка цього цукру складає близько 5%.

Цукор має значно більш високу щільність, чим рідкі компоненти емульсії. За допомогою мішалки цукор, що не розчинився, підтримується в зваженому стані і не осідає на дно посудини.

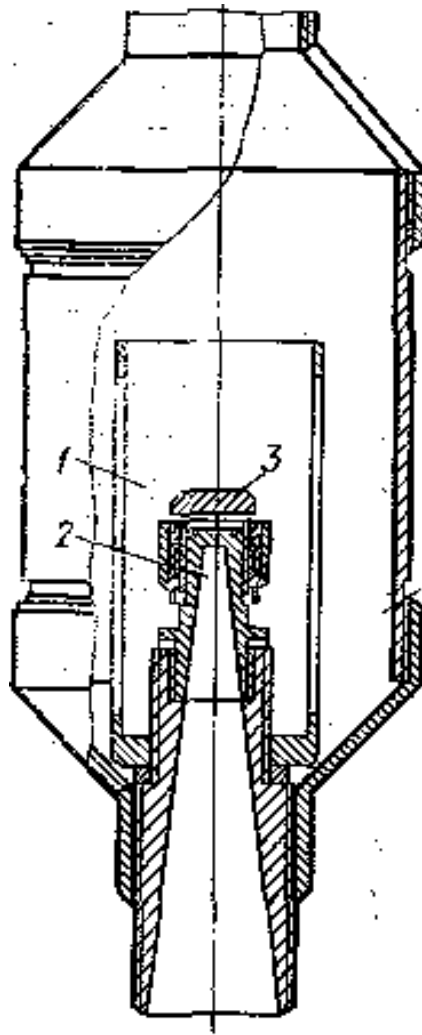


Рисунок 2.1 - Гідродинамічний перетворювач.

2.2.4 Формування тіста.

Тісто для крекерів і галет формують на штампах ударної дії, а для цукрового і деяких видів здобного печива - на ротаційних формуючих машинах. Перед формуванням тісто для печива багаторазово прокочують між металевими гладкими вальцями і вилежують, а для крекерів і галет спочатку вилежують, а потім прокочують.

Тісто, проходячи між валками, перетворюється на шар визначеної товщини. Після багаторазової прокатки тісто має шарувату структуру, що

є особливістю печива, крекерів і галет. У результаті такої обробки тісто здобуває необхідні еластично-пружні властивості, а в готових виробах збільшується крихкість і рихлість і з'являється глянець на поверхні.

При обробці тіста для печива, операції прокатки і вилежування чергуються у визначеному порядку. Спочатку тісто прокочують при підготовчому вальцюванні п'ять разів, поступово зменшуючи зазор між валками від 90 до 50 мм. При цьому після третього вальцювання тісто складають удвічі.

Вилежування тіста роблять на столах під брезентом протягом 2-2,5 год. Потім здійснюється друга чотириразова прокатка зі складанням шару вдвічі.

При цьому шар тіста повинен бути повернутий на 90° проти напрямку першої прокатки. Друге вилежування продовжується 30 хв., і за ним триває третя прокатка вже на валках штампмашини п'ять разів. При цьому у свіже тісто завальцювають шматки стрічки обрізків тіста, що виходять при виштамповуванні тістових заготовок.

Такі складні і трудомісткі операції прокатки і вилежування тіста застосовуються при виготовленні печива з борошна вищого сорту. Зі зниженням сортності борошна кількість прокаток і час вилежування скорочуються.

Так, при виготовленні печива з борошна I сорту прокатку роблять всього 8 разів, а вилежування скорочується до 1 год. Відповідно при виготовленні печива з борошна II сорту тісто прокочують усього тільки сім разів, а тривалість вилежування дорівнює 30 хв.

Кількість прокаток тіста і тривалість його вилежування можуть бути скорочені при обробці тіста температурою 38-40° С, тобто при температурі замішування. Для цього валки машини повинні бути обладнані пристроєм для підігріву.

Оброблене в такий спосіб тісто подають на штамппашину, де товщина шару доводиться до 3,5-4 мм. Потім тісто можна формувати на штампах легкого типу. На цих машинах послідовно виконують операції: одержання тістової стрічки товщиною 3,5-4 мм за допомогою двох пар шліфувальних вальців, вирубки заготовок тіста за допомогою штампувального механізму, повернення спеціальним транспортером обрізків і ін.

На сучасних агрегатах тістові заготовки виштамповують без зупинки руху тістової стрічки. При цьому тістова стрічка супроводжується штампом, що пересувається в горизонтальному напрямку зі швидкістю, що відповідає швидкості руху тістової стрічки. Після вирубки першої порції тістових заготовок штамп повертається для вирубки наступної порції заготовок.

Штамп робить 150-200 ударів у хвилину. Таким чином, він робить рух не тільки у вертикальній площині, роблячи вирубку заготовок, але й у горизонтальній. Завдяки цьому тістова стрічка може здійснювати неперервний рух. Обрізки, що залишаються після вирубки заготовок, у вигляді стрічки з отворами спеціальним транспортером повертаються до лицьової сторони вальцювальної машини.

Штампувальний механізм складається з ряду сталевих або бронзових матриць, що мають форму склянки. У загострених усередині матриця знаходяться пуансони, через отвори яких проходять трафарети з написом, виконаним у вигляді гострих ріжучих крайок, і шпильок, що проколюють заготівку.

Кількість необхідних проколів тістової заготівки шпильками залежить від виду тіста: для галетного три проколи на 1 см^2 поверхні заготівки, для зтяжного один, а для крекерного один прокол на 2 см^2 поверхні заготівки.

Проколи сприяють виходу водяної пари з тістової заготівки при випіканні. Це перешкоджає утворенню здуття (міхурів) на поверхні випеченого виробу.

Товщина тістових заготівок для печива повинна бути 3,5-4 мм, галет типу «Арктика» - 4-5 мм, для інших галет і крекерів - 2,5-3,5 мм. Найчастіше для формування тіста застосовується роторний метод формування. При цьому вирубання заготівок здійснюється обертовим ротором з попередньо прокатоного шару тіста .

На формуючому роторі діаметром 80 мм прикріплені ріжучі матриці, у корпусі яких закріплені трафарети з ножами та шпильками для проколювання заготівок тіста.

Цукрове тісто формують як на штампмашинах, так і на ротаційних машинах. Для формування цукрового тіста, в зв'язку з необхідністю нанесення на поверхню заготівки рельєфного малюнка, необхідні машини зі штампами важкого типу. Ці досить складні машини застосовуються досить обмежено.

Практично все цукрове печиво формують на ротаційних машинах. Такі машини, окрім високої продуктивності, мають наступні переваги: просту конструкцію та легке обслуговування; відсутність при їх застосуванні обрізків тіста (поворотних відходів); порівняно малу займану

ними площу; відсутність ударних (динамічних) навантажень при їхній роботі.

Однак варто враховувати, що при використанні цих машин вологість тіста повинна бути в межах 16-17,5%, температура не вище 28° С.

На рисунку 2.2 представлена схема ротаційної формуючої машини.

Тісто з завантажувальної лійки 1 попадає між обертовими назустріч один одному рифленим валом 2 і формуючим ротором 7. Зазор між ними може регулюватися в залежності від сорту і властивостей тіста. Для цього підшипник 3 і рифлені вали 2 здатні переміщатися в горизонтальній площині. Це дозволяє регулювати величину тиску видавлювання тіста при гравіюванні форми ротора 7.

Одним з основних робочих органів машини є ніж 5, розташований у щілині між рифленим валом 2 і формуючим ротором 7. Ніж 5 притискається до поверхні ротора за допомогою регулюючого гвинта 4. Цей ніж очищає поверхню формуючого ротора від тіста таким чином, що вона залишається тільки у вигравіюваних на його поверхні заглибленнях (формах).

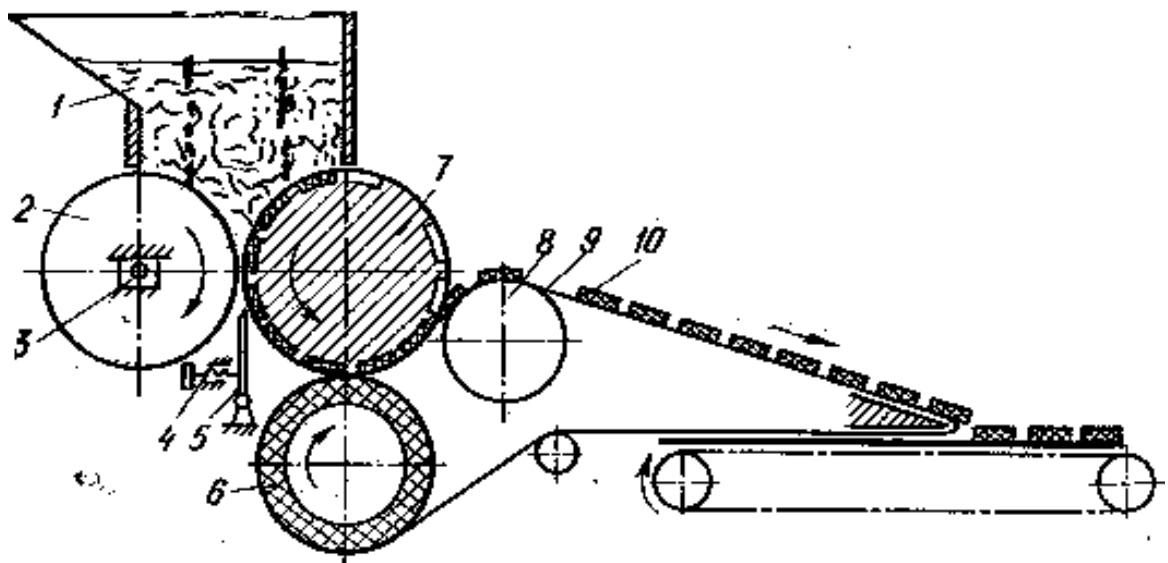


Рисунок 2.2.2 - Схема ротаційної машини.

Від правильного положення ножа в значній мірі залежить якість формування. Виймання сформованих заготовок з форм здійснюється за допомогою транспортерної стрічки 9, яка притискається до формуючого ротора за допомогою ведучого барабана 6, покритого гумою ролика 8. При цьому сформовані заготовки 10 виймаються з форм, надходять на транспортерну стрічку 9 і направляються на випікання.

Для виготовлення печива різної форми, машини комплектують декількома формуючими роторами, на поверхні кожного з яких вигравіювані різні комплекти малюнків.

При зміні асортименту ротор замінюють. На ротаційних машинах можна відформувати тісто для деяких видів здобних печива.

Деякі сорти цукрового і здобного печива формують на тістовитискних машинах. Товщина тістових заготовок цукрового печива, відформованих на таких машинах, досягає 8-9 мм.

2.2.5 Випікання печива.

У процесі випікання печива, під впливом високих температур у пекарній камері, відбуваються складні фізико-хімічні процеси, в результаті яких отримуємо кондитерські вироби. Від правильного випікання вагомо залежить кінцева якість печива.

У процесі випікання відбувається тепло- та вологообмін між тістовою заготовкою і пароповітряним середовищем пекарної камери. Основна ціль процесу випікання це видалення з тіста великої кількості вологи. При випіканні різко змінюється структура та механічні властивості печива, воно набуває твердості і шаруватості, його поверхня

забарвлюється.

Під впливом високої температури в пекарній камері тісто швидко нагрівається. Однак, незважаючи на відносно невелику товщину, зовнішній і внутрішній шари нагріваються нерівномірно. Тому через 60 секунд температура поверхневого шару вже досягає 100 °С, а за цей час температура внутрішнього шару тіста для печива досягає лише 70 °С. Наприкінці випікання температура поверхневого шару досягає 170-180 °С, а всередині - 106-108 °С.

Процес випічки ділиться на три етапи. Спочатку відбувається інтенсивний нагрів тістової заготовки. Щоб уникнути утворення скоринки на поверхні тіста, намагаємося не допустити виділення вологи на початку випікання і підвищити відносну вологість повітряного середовища в пекарному приміщенні. Для цього в пекарню камеру вводиться невелика кількість вологи.

Перший період випікання здійснюють при температурі в пекарній камері близько 160° С. У зв'язку з цим при першому періоді загальна втрата вологи тістовою заготовкою незначна, а в зтяжного печива спостерігається навіть деяке збільшення вологості тістових заготовок у результаті конденсації на поверхні деякої кількості вологи.

Підвищена вологість повітря в пекарній камері при випіканні зтяжного печива дозволяє одержати глянцеvu поверхню, кращу пористість. У цей період у тістових заготовках починаються процеси клейстеризації крохмалю і денатурації білків. Уже при температурі 60-70°С білки денатуються з вивільненням води, поглиненої при їхньому набряканні.

Хімічні розпушувачі починають зазнавати розкладання з утворенням газоподібних продуктів, що сприяють утворенню пористості.

На другому періоді випікання відносна вологість повітряного

середовища пекарної камери значно знижується. Це є наслідком підвищення температури в пекарній камері для цукрового печива до 350°C, а для крекерів і галет до 250-260° С.

Другий період характеризується інтенсивним видаленням вологи з тістової заготовки, спочатку з поверхні тістової заготовки, а потім зсередини. Швидкість видалення вологи в цей період максимальна і постійна.

Завершуються процеси денатурації білків, що утворюють ніби каркас майбутнього печива, на якому адсорбується жир. Цукор частково карамелізується і сприяє утворенню на поверхні характерного золотавого відтінку. Цей процес відбувається особливо інтенсивно при наявності фруктози (інвертного цукру). Цей процес інтенсифікується і за рахунок лужного середовища. Тому при введенні в рецептуру тіста великих кількостей соди золотавий відтінок на поверхні виробів спостерігається більш яскраво. Крім того, цукри вступають у реакцію з азотмісткими речовинами. У результаті утворюються з'єднання, що володіють крім кольору ще і характерним ароматом.

Жир зазнає деяких хімічних змін, в результаті яких знижується його йодне число. Об'єм тістової заготовки (її висота) під впливом пари води, що виділяється, і продуктів розкладання хімічних розпушувачів значно збільшується. Об'єм збільшується в залежності від структурно-механічних властивостей тіста .

У пружному тісті печива, крекерів і галет немає такого підйому, як у пластичному тісті різних видів цукрового печива. Тільки наприкінці другого періоду при правильному процесі випікання на поверхні утвориться скоринка.

На третьому періоді випікання інтенсивність процесу видалення вологи зменшується і процес припиняється. Остаточна формається

структура виробу. Температура в пекарній камері трохи нижча, близько 250°C для печива та бісквітів і близько 200°C для галет.

Час випікання може змінюватися в залежності від вологості тіста, температури духовки та начинки. Для різних видів виробів вона різна: 4-5 хвилин для цукрового, зтяжного і більшості видів печива, 3-10 хвилин для здобного, залежно від виду, 7-15 хвилин для галет.

Для випікання печива, крекерів і галет використовуються печі різних конструктивних особливостей. Печі класифікують по трьох основних ознаках: продуктивності, способу обігріву пекарної камери і конструкції конвеєра подачі печі.

По продуктивності печі поділяють на три категорії: високої (900-600 кг/год), середньої (600-250 кг/год) і малої (90- 250 кг/год).

По способу обігріву пекарної камери печі поділяють на каналні і з безпосереднім обігрівом пекарної камери. У каналних печах, які ще називають муфельними, паливо спалюється в спеціальній топці, а гарячі гази, що утворюються в ній, проходять через систему каналів, розташованих вище і нижче пекарної камери.

Перевагою цих печей є можливість використання будь-якого виду палива (твердого, рідкого або газоподібного) і порівняно нескладного переходу від одного виду палива до іншого.

Одним з недоліків таких печей є тривалість підготовки печі до роботи, яка пропорційна добам. Цього недоліку не мають печі з безпосереднім нагріванням пекарної камери. Їхня підготовка займає не більше 2-3 год. Ці печі поділяють на газові та електричні.

По конструкції конвеєра подачі, печі поділяють на дві групи: печі з ланцюговим і стрічковим конвеєром. Випікання в печах з ланцюговим конвеєром здійснюється на металевих аркушах (трафаретах). У печах зі стрічковим конвеєром, тістові заготовки безпосередньо подаються на

конвеєр, виконаний зі сталевий стрічки або плетеної сітки.

Найбільш поширені печі з безпосереднім нагріванням пекарної камери, випікання тістових заготовок у яких здійснюється на металевій стрічці або сітці. Обігрів таких печей здійснюється як газом, так і електрикою.

В останні роки усе більше застосовуються електричні печі, у яких замість газових пальників використовуються електричні-нагрівальні елементи.

У якості нагрівальних елементів застосовують спеціальні випромінювачі інфрачервоних променів (лампи або кварцові трубки), використання яких дозволяє значно скоротити тривалість випікання й одержати продукцію більш високої якості. Так, цукрове печиво можна випікати за 2-2,5 хв.

Перевагами електричних печей є простота автоматизації регулювання теплового режиму пекарної камери, відсутність газу, що може стати джерелом вибуху й отруєння, відсутність у пекарній камері продуктів згоряння та ін.

2.2.6 Охолодження печива.

На виході з пекарної камери печиво має температуру 100-120 градусів, а консистенція ще м'яка. Під час випікання між поверхнею стрічки і нижньою поверхнею виробу виникає сила зчеплення. Виріб міцно тримається на сітці (стрічці) і не знімається без деформації. У зв'язку з цим виріб знімають зі стрічки або трафарету тільки після попереднього охолодження до 65-70 градусів.

Після такого охолодження внаслідок значної різниці в значенні

коефіцієнтів розширення металу і випеченого виробу останні легко відокремлюється від поверхні стрічки, сітки або трафарету, на яких здійснювалося випікання.

У результаті виробу легко знімаються спеціальним щільно прилягаючим ножом і передаються на холодний транспортер без деформації для наступного охолодження до 30- 35° С. При цій температурі виробу можуть надходити на упакування.

При охолодженні відбувається інтенсивне переміщення вологи усередині печива від шарів більш вологих (внутрішніх) до менш вологих (поверхневих). При цьому волога не тільки переміщається усередині виробу, але й у досить значних кількостях випаровується з поверхні. Процес втрати вологи продовжується. Волога видаляється за рахунок запасу тепла, накопиченого при випіканні, тому втрата вологи сприяє охолодженню. Ця втрата вологи при охолодженні виробів складає 2-3%.

3 Конструкторська частина

3.1 Вибір компоувальної схеми автоматизованої лінії виготовлення печива.

Поточна автоматизована лінія для виробництва печива складається з комплекту обладнання, що забезпечує приготування рецептурної суміші (емульсії), дозування емульсії і муки, неперервне замішування тіста, подачу його в ротаційно-формуєчу машину, формування печива, випікання його і охолодження, а також встановлення готового печива на ребро для подальших технологічних операцій по його пакуванню.

Компоувальна схема автоматизованої лінії представлена в графічній частині кваліфікаційної роботи.

Обладнання автоматизованої лінії послідовно виконує технологічні операції без додаткових допоміжних операцій.

Склад обладнання автоматизованої лінії наступний:

Поз. 1 – бак гарячої води Ш-1Б 00.000

Поз. 2 – змішувач компонентів Ш-1С.00.000;

Поз. 3 – ШБ-1Е бак емульсії;

Поз. 4 – А2-ШДЕ дозатор емульсії;

Поз. 5 – ШТ-1М тістозамішувальна машина;

Поз. 6 – ШД-1М дозатор муки;

Поз. 7 – А2-ШЗЛ/1 машина тістовальцююча;

Поз. 8 – ШП-1Т живильник тіста;

- Поз. 9 – СБ-4 стекер;
- Поз. 10 – А2-ШБГ піч газова;
- Поз. 11 – А2-ШЗЛ/2 конвеєр охолоджуючий;
- Поз. 12 – К1-П конвеєр П-подібний;
- Поз.13 – А2–ШУ2–І установка для приготування емульсії.

3.2 Основні характеристики системи автоматичного контролю параметрів технологічного процесу.

Основною метою кваліфікаційної роботи є створення системи, яка забезпечує автоматизовану стабілізацію параметрів: в установці для приготування емульсії, баку емульсії, печі, тістозамішувальній машині, конвеєрі охолодження, на ділянці попереднього охолодження, в баку для нагрівання води.

Для керування параметрами технологічного процесу використовується система автоматичного керування параметрами технологічного процесу САК ПТП, перелік яких представлений в таблиці 3.1.

Робота системи здійснюється шляхом контролю параметрів процесу приготування печива, аналізу їх значень і, у випадку їх виходу за робочі межі формування сигналів управління "більше" чи "менше" відносно до заданого значення.

Умови експлуатації САК:

- температура навколишнього повітря.....від 5 до 50 С;
- вологість навколишнього повітря.....не більше 80% при температурі 35 С і більш низьких температурах без конденсації вологи;
- атмосферний тиск.....від 84 до 106,7 кПа;
- вібрація в місцях установки технічних засобів з амплітудою вібропереміщення..... не більше 0,1 мм, частотою до 30 Гц.

Параметри електричного живлення САК:

- номінальне значення напруги однофазного змінного струму, В.....230;
- допустиме відхилення напруги від номінального значення, В..... від мінус 33 до плюс 22;
- частота однофазного струму, Гц..... 50 ± 1 .

Параметри пневматичного живлення:

- номінальне значення тиску живлення, МПа.....0,14;
- допустиме відхилення тиску від номінального значення, МПа..... $\pm 0,2$.

Таблиця 3.1 Параметри технологічного процесу.

Назва параметра	Одиниця виміру	Параметр		
		Позна-чення	Робочі значення	Допустимі межі
1. Температура в печі на вході.	°C	101	160	158-162
2. Температура в печі на виході.		102	250	245-255
3. Температуру в баку емульсії.		103	20-40	15-45
4. Температура в установці для приготування емульсії.		104	20-40	15-45
5. Температура в баку для нагрівання води.		105	80-90	75-95
6. Температура в приміщенні цеху.		106	18-22	18-25
7. Температура попереднього охолодження.		107	10-12	8-13
8. Температура на охолоджуючому конвеєрі.		108	20-25	18-27
9. Температура в тістозамішувальній машині.		109	32-40	31-42
10. Температура в середині печі.		110	250-260	245-265
11. Тиск природного газу.	м.вод.ст	201	200	195-205
12. Тиск повітря на охолоджуючому конвеєрі.		202	70	70-72
13. Тиск повітря на попередньому охолодженні.		203	50	50-52
14. Тиск пари.	атм.	204	0,7	0,5-0,6
11. Витрата пари.	кг/год	301	100	100-105
12. Витрати води.	л/год	302	200	200-210

Система САК ПТП забезпечує виконання таких функцій:

- 1) індикацію поточних значень параметрів технологічного процесу. Значення параметрів технологічного процесу приготування наведені у таблиці 3.1
- 2) регулювання (стабілізацію) параметрів технологічного процесу. Перелік основних параметрів, які регулюються, разом із визначенням впливу на них, наведений у табл. 3.2
- 3) введення заданих значень параметрів, наведених у табл. 3.2;
- 4) відображення поточних і заданих значень параметрів технологічного процесу по запиту оператора-технолога.
- 5) при ручному (локальному) режимі програмно-технічні засоби системи забезпечують функціонування системи в інформаційному режимі.

Вхідними інформаційними сигналами системи є:

- 1) величина електричного опору термометрів.
Діапазон виміру опору, Ом.....100...150;
- 2) величина сили постійного струму.
Діапазон виміру струму.....4-20 мА та 0-5 мА;
- 3) електричний позиційний сигнал типу "сухий контакт" (замиканням загальної клеми блоку управління).

Вихідні управляючі сигнали:

- 1) напруга змінного струму, В, не більше:
для управління ЕПП.....127;
для управління пристроями сигналізації.....230;
- 2) тиск стисненого повітря..... 0,02-0,1 МПа.

Похибка керування параметрами наведена в табл. 3.2.

Таблиця 3.2 Перелік регульованих параметрів.

Назва параметра	Одиниця виміру	Чим керується	Похибка керування
1. Температура в печі на вході.	°C	Зміною витрати природного газу.	1..5°C
2. Температура в печі на виході.		Зміною витрати природного газу.	
3. Температура в баку емульсії.		Зміною витрати нагрітої води в кожусі баку.	
4. Температура в установці для приготування емульсії.		Зміною витрати нагрітої води в кожусі установки.	
5. Температура води в баку для нагрівання води.		Зміною витрати природного газу.	
6. Температура в тістозамішувальній машині.		Зміною витрати нагрітої води в кожусі машини.	
7. Температура попереднього охолодження.		Зміною тиску повітря.	--
8. Температуру повітря на охолоджуючому конвеєрі.		Зміною тиску повітря.	

Блок контролю формує і зберігає базу даних за останні 4 доби з дискретністю в часі 1 год. (при наявності резервної батареї живлення).

Взаємодія оператора з програмно-технічними засобами (блок контролю і блок управління) здійснюється за допомогою клавіатури або кнопок і рядка індикації, яка має:

- в блоці контролю - 16 знакомісць;
- в блоці управління - 7 знакомісць.

Блок управління має можливість корегувати задання параметрів:

- 1) дискретно - кодовими перемикачами;
- 2) безперервно - регульовальними резисторами.

Для забезпечення необхідних характеристик тривалість прогріву програмно-технічних засобів повинна становити не менше 30 хвилин.

Живлення технічних засобів системи здійснюється від мережі змінного струму напругою 230 В, частотою 50 Гц.

Живлення електропневматичних перетворювачів здійснюється стисненням повітрям тиском 0,14 МПа. Допустиме відхилення тиску стисненого повітря повинно бути в межах 0,014 МПа.

Живлення позиціонерів клапанів мембранних перетворювачів здійснюється стисненням повітрям тиском 0,25 МПа, допустимі відхилення тиску стисненого повітря повинні бути в межах 0,025 МПа.

Потужність споживання - не більше 100 ВА,

3.3 Структура системи автоматичного контролю параметрів технологічного процесу.

Перелік технічних засобів системи автоматичного керування параметрами технологічного процесу виготовлення печива із зазначенням технічних даних та кількості наведений в табл. 3.3.

Таблиця 3.3.

Назва технічного засобу	Позн.	Кількість
1. Блок контролю	A1	1
2. Блок управління	A2	1
3.Блок реле 4405.558.021	A3	1
4.Термометр опору ТСП-1088,100П(В1), -50...+200 С	B1...B10	10
5.Перетворювач вимірювальний “Сапфір-22-Ех-МДД-02-УХЛЗ.1”, мод.2434, 0...0,63 кПа	B11	1
6..Перетворювач вимірювальний “Сапфір-22-Ех-ДД-02-УХЛЗ.1”, мод.2440, 0...63 кПа	B12	1
7.Перетворювач вимірювальний “Сапфір-22-Ех-М-Д-02-УХЛЗ.1”, мод.2440 0...40кПа	B13	1
8..Перетворювач вимірювальний “Сапфір-22-Ех-ДІ-02-УХЛЗ.1”, мод.2450 0...0,4 МПа	B14	1
9.Перетворювач витрати вимірювальний електромагнітний ІР-61	B15	1

Продовження таблиці 3.3.

Назва технічного засобу	Позн.	Кіль- кість
10. Ротаметр з електричним виходом РЕВ-1 ЖУЗ	B16	1
11. Перетворювач електропневматичний 4405.558.041		
12. Пристрій живлення 22-БП-36, вик II	Y1..Y8	8
13. Пристрій живлення = 27 В		
14. Вимикач автоматичний АЕ	G1	1
15. Клапан регулювальний діафрагмовий чавунний футерований Ду=50, Ру=16кгс/см ²	G2	1
	QF1	1
16. Клапан регулювальний діафрагмовий чавунний футерований Ду=50 кгс/см ²	-	3
17. Клапан регулювальний діафрагмовий чавунний футерований Ду=80 кгс/см ²	-	2
	-	1
18. Клапан регулювальний діафрагмовий чавунний футерований Ду=80, Ру=16кгс/см ²		
19. Клапан регулювальний діафрагмовий чавунний футерований Ду=20 кгс/см ²	-	1
20. Кнопка однополюсного включення – виключення НА 3.604.012	-	1
	SB1-SB16	16
21. Трансформатор 230 / 127 В, 50 Вт	TV1	1
22. Манометр М1Д, шкала 0..0,16 МПа, клас точності 2,5		8
23. Резистор С2-23-1,0-510 Ом ± 5%	R1-R4	4
24. Схема комутації режиму управління САК ПТП		

3.4 Особливості функціонування системи автоматичного контролю параметрів технологічного процесу.

Структурна та електрична принципова схеми САК представлені в графічній частині кваліфікаційної роботи.

Структурно, система автоматичного контролю являє собою дворівневу систему управління.

Нижній, інформаційний рівень управління системи - це система збору, обробки і контролю інформації, яка реалізована блоком контролю А1.

Верхній рівень управління реалізується блоком управління А2 за допомогою запрограмованих алгоритмів керування.

На нижньому рівні управління - збір, обробка і контроль інформації здійснюється блоком контролю БК в режимі циклічного опитування датчиків, який потім перетворює значення опору чи сили струму контрольованих каналів вимірювання у відповідні значення числового коду.

Циклічне опитування блоку керування (БК) є головним станом, в який він переходить автоматично при вмиканні і ініціалізації (встановленні дати і часу), або якщо не було звернень до клавіатури БК, або відразу ж після вмикання (при провалах або пропаданні напруги живлення), якщо ініціалізація була проведена раніше, а резервне живлення не пропадало. При цьому в рядку індикації БК постійно відображається дата і час.

Блок управління А2, який реалізує керування параметрами, являє собою обчислювальний пристрій (контролер), що здійснює:

- 1) обчислювальні операції;

- 2) введення і виведення дискретних сигналів;
- 3) введення даних з клавіатури і виведення даних на індикацію;
- 4) формування закону (імпульсу) керування;
- 5) зв'язок із зовнішнім пристроєм (А1);
- 6) відлік заданих даних інтервалів часу;
- 7) задання і корегування характеристик керування.

Керування параметрами технологічного процесу відбувається за таким алгоритмом.

Кожний цикл керування починається із запиту блоком управління А2 поточної інформації з блоку контролю А1, яка передається з блока А1 в блок А2 відповідним протоколом. Ця інформація дешифрується і заноситься по відповідних адресах оперативної пам'яті.

Далі блок управління виводить поточне значення кожного аналізованого параметра, наведеного в табл. 3.2, в рядок індикації і проводить аналіз значення кожного технологічного параметра на:

1) не перевищення параметром допустимих меж, наведених у табл. 3.1. Якщо значення аналізованого параметра виходить за допустимі межі, формується сигнал "АВАРІЯ", з видачею його у блок реле А3;

2) відповідність робочих меж.

Якщо значення параметра не перевищує задані робочі межі, то сигнал формування не формується. В протилежному випадку формується сигнал керування "БІЛЬШЕ" або "МЕНШЕ", в залежності від знаку відхилення поточного значення від заданого значення.

Сигнал керування "БІЛЬШЕ" або "МЕНШЕ" кодовою комбінацією фактичних одиниць подається на відповідні контакти блоку реле А3. Кодову комбінацію аналізують дві ключові схеми блоку реле А3, які включають відповідні обмотки поляризованого реле, контакти яких

управляють реверсивним електродвигуном відповідного електропневматичного перетворювача (Y1...Y8).

Електропневматичні перетворювачі (див. графічну частину роботи) перетворюють тривалість подачі живлення реверсивного електродвигуна в неперервний пневматичний керуючий сигнал з тиском 0,02-0,1 МПа.

Керуючий пневматичний сигнал подається на діафрагмовий регулювальний клапан, який в кінцевому підсумку змінює матеріальний потік (води, пари, природнього газу), а значить, і параметр, який регулюється.

Після аналізу і видачі імпульсу керування по і-му параметру, програма переходить до аналізу і+1-го параметра. Операції аналізу і+1-го параметра і видачі керуючої дії аналогічні описаній вище.

Після закінчення циклу керування встановлюється пауза, після закінчення якої повторюється цикл керування, як описано вище.

В режимі локального керування, а також при паузі управління, система забезпечує виведення по запиту інформації про поточні і задані значення параметрів технологічного процесу, які приведені в табл.3.1.

3.5 Особливості функціонування складових частин системи автоматичного контролю параметрів технологічного процесу.

3.5.1 Блок контролю. Призначення та принцип роботи.

Блок контролю (БК) призначений для:

- 1) перетворення значень електричного опору термометрів в кодовий сигнал;
- 2) перетворення значень вихідних струмів вимірювачів тиску і

витрат в кодовий сигнал;

3) накопичення інформації про технологічні параметри.

Принцип дії блок контролю оснований на періодичному опитуванні вихідних сигналів термометрів опору, вимірювачів тиску і витрати з перетворюванням одержаної інформації в кодовий сигнал для використання в блоці управління.

Технічні дані БК:

Діапазон зміни вихідних величин:

1) електричного опору, Ом.....0 ... 200;

2) постійного струму, мА.....4...20 та 0... 5.

Кількість каналів перетворення:

1) електричного опору (0...200 Ом)..... 10;

2) постійного струму (0...5 мА)..... 2;

3) постійного струму (4...20 мА)..... 4.

Вихідні сигнали видаються символами в 7-розрядному коді стандарту АІІ (шістнадцятковому коді).

Діапазон зміни вихідного коду, дискретних одиниць:

1) для електричного опору.....0... 2000;

2) для постійного струму (0...5 мА).....0... 1000;

3) для постійного струму (4...20 мА).....250 ... 1250.

Зовнішній вигляд БК представлений в графічній частині кваліфікаційної роботи.

Блок контролю складається з мікропроцесорного блока (МБ) і клемної панелі (КЗ).

На передній панелі знаходиться рядок індикації на 16 знакомісць і клавіатура (див. вид. А).

Органи керування живленням розташовані на лівій боковій стінці МБ (див. вид В).

Схема електрична функціональна БК також представлена в графічній частині роботи.

Блок контролю складається з клемної панелі КЗ, модуля вимірювального МВ-24, модуля процесора МЦП 85, модуля індикації ІНД, модуля клавіатури КЛ і блока живлення БЖ.

Інформація про значення сили струму і опору з клемної панелі передається в модуль вимірювальний МВ-24, де перетворюється в кодовий сигнал.

Кодовий сигнал поступає на модуль процесора МЦП 85, де обробляється для передачі в блок управління і видачі на модуль індикації. модуль клавіатури використовується для керування режимами роботи блоку управління.

Також розроблено схеми електричні принципові складових частин блоку контролю (див. графічну частину):

- 1) клемної панелі КЗ;
- 2) модуля вимірювального МВ-24;
- 3) модуля процесора МЦП 85;
- 4) модуля індикації ІНД;
- 5) модуля клавіатури КЛ;
- 6) блоку живлення БЖ.

Основним режимом роботи БК є циклічне опитування сигналів постійного струму і опору. В стан циклічного опитування БК переходить автоматично. При цьому на рядку індикації постійно виводиться дата і час.

При необхідності проводиться перегляд значень технологічних

параметрів протягом останніх чотирьох діб, включаючи поточну добу.
Для цього необхідно послідовно натиснути клавіші:

"Д" - дата (місяць і число) контролю;

"Г" - година контролю;

"О" - номер технологічного параметру (101...116, 201...204, 301, 302);

"П" - значення технологічного параметру, яке виводиться на рядок індикації:

1) при натисканні клавіші "←":

- для номерів 101...116 - значення параметра температури;

- для номерів 301, 302 - значення параметра в процентах від шкали вимірювального приладу;

- для номерів 201...204 - значення параметра в процентах, збільшених на 25% від шкали вимірювального приладу, за рахунок зміщення нуля вимірювального приладу;

2) при натисканні клавіші "→":

- для номерів 101...116 - значення опору (Ом) термометрів опору;

- для номерів 201...204, 301, 302 - значення коду перетворення АЦП в десяткове число.

Після перегляду параметрів натискають клавішу "Г".

На протязі тривалого часу неперервної роботи БК можливе відхилення показів часу від астрономічного. Корегування хвилин відбувається послідовним натисканням клавіш "Д", "Г", "Х". В рядку індикації з'явиться повідомлення "КОР.ХВ ХХ". Використовуючи клавіші "←" і "→" встановлюють правильне значення хвилин. Після завершення корегування натискають клавішу "Г".

При виникненні помилок контролю і розрахунку параметрів на строці чисельного значення параметра в рядку індикації виводиться

повідомлення про помилки в такому вигляді:

1) "--,--" - помилка в значенні параметра;

2) "?????" - помилка контролю параметра;

3) "...." - значення параметра за дану годину відсутнє в пам'яті БК

що можливе, якщо БК був виключений або відсутнє резервне джерело живлення.

Накопичення та зберігання інформації відбувається таким чином:

- 1) в 00 хвилин кожної години в пам'ять БК заноситься інформація про значення всіх параметрів;
- 2) в 00 годин 00 хвилин при зміні дати виконується підготовка області пам'яті до розміщення результатів контролю для нової дати;
- 3) при тимчасовому зникненні (не більше 40 мс) основного живлення (при відключеному резервному джерелі живлення) в пам'яті БК зберігаються поточні і накопичені значення параметрів. При появі живлення БК автоматично переходить в основний стан роботи;
- 4) при зникненні основного живлення (більше 40 мс) і при включеному резервному джерелі живлення, БК підтримує дату і час, накопичена інформації зберігається. Годинні добові цикли виконуватись не будуть.

3.5.2 Блок управління.

Блок управління, призначений для обробки інформаційних сигналів блоку контролю БК та формування керуючих сигналів.

Блок управління виконує такі функції:

- 1) перетворення числових сигналів, які пропорційні поточному значенню технологічних параметрів у числові сигнали з відповідною фізичною розмірністю;
- 2) задання значень технологічних параметрів;
- 3) формування керуючих сигналів;
- 4) формування аварійних сигналів;
- 5) індикацію поточних значень та заданих значень.

Блок формує для керування технологічним параметром два регулюючих дискретних сигнали з оптронною розв'язкою - "БІЛЬШЕ" і "МЕНШЕ".

Електрична принципова схема блоку управління представлена в графічній частині.

Блок управління складається з:

- 1) мікропроцесорного контролера А1;
- 2) плати управління індикації А2 (ПУІ);
- 3) формувача сигналів аналогових задавачів і перетворювача сигналів А3(ФРС);
- 4) перетворювача вводу-виводу А4 (ПВВ);
- 5) формувача сигналів дискретних задавачів А5 (ЗД);
- 6) плата індикатора А6 (ПІ);
- 7) трансформатора Т (Г1);
- 8) джерела живлення стабілізованого G2 (ДЖС).

Принцип роботи блоку управління.

По запиту інформаційні сигнали блоку контролю БК поступають по послідовному каналу зв'язку до контролера А1. У контролері сигнали обробляються і порівнюються з заданими значеннями.

Внаслідок порівняння формуються керуючі сигнали на збільшення або зменшення значення величини технологічного параметра. Керуючі сигнали виводяться з блоку через перетворювач вводу-виводу ПВВ А4 (10 каналів) та через формувач сигналів аналогових давачів і сигналів вводу-виводу ФРС А3 (2 канала).

Перетворювачі А4 забезпечують гальванічну розв'язку керуючих сигналів, а також забезпечують формування нормованих рівнів відповідних вхідних дискретних сигналів, які поступають від

технологічного обладнання, які також використовуються при реалізації алгоритмів обробки.

Нормовані величини вхідних дискретних сигналів поступають від перетворювача А4 на дискретні входи контролера А1. Вибір режимів роботи та представлення інформації виконується за допомогою плати управління і індикації ПУІ яка з'єднана з контролером А1 та забезпечує керування реалізацією виконання відповідних функцій системи.

Сигнали завдань виробляються формувачем сигналів аналогових задавачів ФРС А3 і формувачем сигналів дискретних задавачів ЗД А5. Ці сигнали поступають відповідно на аналогові і дискретні входи А1.

Конструкція модуля.

Корпус 1 модуля закритий кришкою 2 за допомогою гайок 3. Захист від пилу досягається за допомогою гумового ущільнювача 4. Ввід кабелів у блок здійснюється через ущільнення-сальники 5. В середині корпусу 1 встановлено шасі, яке кріпиться до основи корпусу 1 за допомогою гвинтів. На шасі встановлено джерело живлення Т11, запобіжники 10 мережі живлення, світлодіод 9 (ввімкнення мережі), перемикач 8 ("Мережа"). На шасі встановлена рамка 15, яка кріпиться за допомогою петлі 12.

На рамці 15 встановлений формувач сигналів аналогових давачів і перетворювач сигналів виводу ФРС 13, формувач сигналів дискретних задавачів ЗД 17, джерело живлення ДЖС 14, контролер А1, перетворювач вводу-виводу ПВВ 7.

Плата управління та індикації ПУІ 16 встановлена на кришці. Колодки підключення Х1...Х4 встановлені на корпусі шасі.

Розташування органів керування та індикації на кришці блоку управління, а також електричну принципову схему контролера

представлено в графічній частині кваліфікаційної роботи.

Контролер складається з:

- 1) однокристалльної мікроЕОМ K1816BE039 (DDI);
- 2) вузла ППЗП (DD4, DD5, DD6);
- 3) вузла АЦП (DD9, DD10, DA1);
- 4) таймера (DD2);
- 5) прийомопередавача інтерфейсу 1РПЗ (DD3, DD12, DD13);
- 6) портів паралельного ВВОДУ/ВИВОДУ (DD7, DD8), один з яких використовується для роботи з АЦП.

Основою контролера є однокристална мікроЕОМ (ОМЕОМ) DD1. Яка має внутрішній ОЗП об'ємом 128 байт, порти ВВОДУ/ВИВОДУ P1 та P2, двонаправлену шину D8.

Тактова частота задається за допомогою кварцевого резонатора RQ1. В якості пам'яті програм використовується зовнішній ПЗП, який виконаний на двох мікросхемах типу КР573РФ5, або КР573РФ2, що встановлені у контактні блоки.

Регістр DD4 виконує роль регістра адреси: по сигналу ALE адреса яка видається ОМЕОМ на шину DB, фіксується у цьому регістрі і по сигналу PSEN = 0 відбувається передача інформації з ППЗП на шину D8 та її прийом в ОМЕОМ.

Біти адреси (A8...A10) поступають до ППЗП безпосередньо з ОМЕОМ по шинах порту P20...P22, а самий старший біт адреси, який видається на P23 (A 11), визначає, яка з двох ВІС обрана: при A11=0 обрана DD5, при A11=1 – DD6. Адресний простір ОМЕОМ представлено в таблиці 3.4.

Таблиця 3.4.

АДРЕСА	ВІС ППЗП
0...7 FFH	DD5
800...FFFH	DD6

Для компонування вузлів ВВОДУ/ВИВОДУ використовується периферійна ВІС мікропроцесорного набору KP580. Обмін інформацією між ОМЕОМ та периферійними ВІС здійснюється по шині DB та стробується сигналами WR (запис) і RD (читання), які обробляються ОМЕОМ.

Звертання до периферійних ВІС організоване як до зовнішньої пам'яті даних ОМЕОМ. Розподіл адресного простору представлений у таблиці 3.5.

Таблиця 3.5.

ПРИСТРІЙ	АДРЕСА
ТАЙМЕР (DD2)	F8...FB
УСАПП (DD3)	F4...F7
ППА1 (DD7)	EC...EF
ППА2 (DD8)	DC...DF

Таймер (DD2) типу KP580BB53 призначений для отримання затримок часу, підрахунку часу. На входи тактових імпульсів каналів 0 і 1 поступає сигнал частотою F з виходу TO ОМЕОМ, який виробляється, якщо ОМЕОМ виконала команду ENTO CLK. На вхід каналу 2 поступають тактові імпульси з виходу каналу 0.

Сигнали дозволу підрахунку каналів 1 і 2 поступають з порту "С" А2 (лінії С2 і С3 відповідно), сигнал з виходу каналу 1 поступає на лінію порту ППА2, сигнал з виходу каналу 2 виводиться на роз'єднувач Х1. Сигнал 0 таймера призначений для формування тактової частоти для прийомопередавача і працює в режимі поділу частоти.

Прийомопередавач (DD3, DD12, DD13) зібраний на основі ВІС КР580ВВ51 (УСАПП). Швидкість приймання/передачі однакова і встановлюється програмно за допомогою таймера. Сигнал "ГОТОВНІСТЬ ПЕРЕДАВАЧА" виводу на тестовий вхід Т1 ОМЕОМ, а сигнал "ГОТОВНІСТЬ ПРИЙМАЧА" - на ВХІД зовнішнього перетворювача ІNT ОМЕОМ.

Мікросхеми DD12 і DD13 виконують функції оптронних розв'язок зв'язку. Живлення ланцюга передачі повинно здійснюватись від окремого джерела живлення.

Вузол паралельного ВВОДУ/ВИВОДУ включає у себе ВІС DD7 типу КР580ИК55, усі три канала якої (А, В, С) виведені на роз'єднувачі Х1 і Х2, на які виведені сигнали порта В ВІС DD8, лінії С4...С6 цієї ж ВІС і порту Р1 ОМЕОМ.

Виконуючі пристрої та дискретні давачі підключаються до контролера через порти ВІС DD7. З'єднувач Х2 призначений для підключення індикації і клавіатури.

Вузол АЦП включає в себе мікросхему цифроаналогового перетворювача (ЦАП (DD9)), перетворювач "струм/напруга" DA1.1, компаратор DA1.2 та аналоговий комутатор DD10.

На елементах DD9 і DA1.1 зібраний перетворювач "код-напруга", який перетворює 10-розрядне двійкове число, яке надходить з порту А мікросхеми DD8 (молодший байт) і каналів СО, С1 цієї ж мікросхеми (два старших байта), в напругу.

Максимальна величина цієї напруги: дорівнює опорній напрузі $U_{оп}$, яка подається ззовні і протилежна їй по знаку.

На компараторі DA1.2 відбувається порівняння вихідної напруги ЦАП з напругою, яка надходить з виходу аналогового комутатора DD10 (вимірювана напруга). Якщо $U_{цап} > U_{вим}$, то на виході компаратора встановлюється логічна "1", а якщо $U_{цап} < U_{вим}$, то на виході встановлюється логічний "0" (для додатних $U_{цап}$ і $U_{вим}$).

Вихід компаратора з'єднаний з лінією P27 ОМЕОМ і програмно опитується. Аналоговий комутатор DD10 дозволяє вибрати один з 8-ми каналів вимірювальної напруги. Номер каналу встановлюється розрядами P24..P26 ОМЕОМ, які працюють на вивід.

Алгоритм АЦ-перетворювання у даному АЦП реалізується програмно. Для позитивних значень вимірювальних напруг в межах 0-10 В використовується $U_{оп} = -10,24$ В. При цьому ціна поділки десятирозрядного АЦП складає 0,01 В.

Схема електрична принципова плати управління та індикації ПУІ представлена в графічній частині роботи.

На платі розташовані:

- 1) числові індикатори (HL1...HL7);
- 2) світлодіодні індикатори (HL8-HL15);
- 3) кнопки (SW1...SW20);
- 4) схема управління індикацією та опитуванням кнопок (D1...D4).

Плата працює під управлінням мікроконтролера. Призначення органів управління та індикації наведені у таблиці 3.6.

Таблиця 3.6.

Назва	Позначення	Призначення
ПЗ	SW15	Поточне значення параметра
ЗЗ	SW16	Задане значення параметра
ТК	SW14	Тривалість керування
0	SW1	Ввід числа 0
1	SW2	Ввід числа 1
2	SW3	Ввід числа 2
3	SW4	Ввід числа 3
4	SW9	Ввід числа 4
5	SW10	Ввід числа 5
6	SW11	Ввід числа 6
7	SW12	Ввід числа 7
8	SW17	Ввід числа 8
9	SW18	Ввід числа 9
А	SW19	Резерв
В	SW20	Скид введених чисел
	HL1	№ параметра «сотні»
	HL2	№ параметра «десятки»
	HL3	№ параметра «одиниці»
	HL4	Значення параметра «сотні»
	HL5	Значення параметра «десятки»
	HL6	Значення параметра «одиниці»
	HL7	Значення параметра «десятки»
Місцеве керування	HL9(HL8B)	Сигналізація включеного режиму «Місцеве керування»

Продовження таблиці 3.6.

Назва	Позначення	Призначення
Аварійне значення	HL12 (HL8E)	Сигналізація про аварійне значення параметра
ПЗ	HL13 (HL8F)	Індикація стану SW15
ЗЗ	HL14 (HL8G)	Індикація стану SW16
БК	HL15 (HL8H)	Індикація стану SW14

SW5, SW6, SW7, SW8, SW13, HL8 (HL8A), HL10, HL11 не встановлені.

В графічній частині кваліфікаційної роботи представлена електрична принципова схема формувача сигналів аналогових задавачів та перетворювача сигналів виводу ФРС.

Формувач сигналів складається з:

- 1) стабілізованого джерела живлення (DA1, DA2);
- 2) формувача опорної напруги (DA3);
- 3) перетворювача сигналів (DA4, DA6);
- 4) аналогових задавачів "1"... "8" (R6...R13).

Перетворювач сигналів виводу виконаний на компараторах (DA4, DA6) з позитивним зворотнім зв'язком. На виході компаратора включені електронні ключі (VT5, VT6) з оптронами (DA5, DA7) для гальванічної розв'язки вихідних ланцюгів.

До виходів оптронів підключені електронні ключі на транзисторній збірці (VT6, VT7 і VT9, VT10), захист ключів від неправильної полярності напруги живлення споживача здійснюється входами VD8, VD12.

Захист ключа від стрибка струму при індуктивному навантаженні здійснюється діодами VD9 і VD13. Стан ключів визначається за допомогою світлодіодів VD7 і VD11.

Живлення перетворювача сигналів виводу та аналогових задавачів "1"... "8" здійснюється від стабілізатора напруги (DA1, DA2). Опорна напруга формується повторювачем DA3, а її значення встановлюється резистором R15.

Аналогові задавачі призначені для задання значень таких параметрів:

- 1) 3А "1" (R6) - параметра 302;
- 2) 3А "2" (R7) - параметра 102;
- 3) 3А "3" (R8) - параметра 107; .
- 4) 3А "4" (R9) - параметра 109;
- 5) 3А "5" (R10)- корегуючої частини параметра 301;
- 6) 3А "6" (R11) - тривалості імпульса керування параметра 301;
- 7) 3А "7" (R12) - тривалості імпульса керування параметра 108;
- 8) 3А "8" (R19) - еталонної напруги при корекції АЦП (U_e).

Вихідним сигналом 3А є напруга постійного струму, яка змінюється в межах від 0 до 10В.

Перетворювач сигналів вводу-виводу (ПВВ) призначений для виводу 8 дискретних сигналів з гальванічною розв'язкою та вводу дискретних сигналів. Він складається з двох схем виводу, 4 дискретних каналів (DD1, VI...V4, VT1...VT8) і схеми виводу 6 дискретних сигналів (DD2, DD3).

Схема електрична принципова ПВВ представлена в графічній частині кваліфікаційної роботи.

Працює схема виводу дискретних сигналів таким чином. На входи

контактів 1...4 і 14...17 поступають дискретні сигнали. Ці сигнали підсилюються в DD1 і поступають на світлодіодні частини оптронів VI...V4. Вихід оптрону підключений до входу транзисторних ключів, які забезпечують видачу інформації споживачу.

Схема вводу працює таким чином. На входи (контакти 27...34 і 35...38) подається числовий сигнал у вигляді нормально відкритих (Н.В) і нормально закритих (Н.З) контактів. Ці сигнали поступають на схему нормалізації рівнів і виводяться на контакти 41...48.

Стабілізоване джерело живлення ДЖС (G2) призначене для живлення контролера А1 напруженого 5 В постійного струму. Електрична принципова схема джерела живлення подана в графічній частині кваліфікаційної роботи. Джерело живлення складається з:

- 1) випрямляча (VD1...VD4);
- 2) вхідного фільтру (C1,C2);
- 3) стабілізатора (DA1);
- 4) вихідного фільтру (C3...C5).

Стабілізатор виконаний на мікросхемі І42ЕН5А.

Електрична принципова схема формувача сигналів дискретних задавачів А5 (ЗД) подана в графічній частині кваліфікаційної роботи.

Дискретні задавачі призначені для задання значень наступних параметрів:

- ЗД1 - тривалості імпульсу керування параметра 103;
- ЗД2 - тривалості імпульсу керування параметра 104;
- ЗД3 - тривалості імпульсу керування параметра 105;
- ЗД4 - тривалості паузи управління;
- ЗД5 - тривалості імпульсу керування параметра 102;

ЗД6 - тривалості імпульсу керування параметра 107;

ЗД7 - тривалості імпульсу керування параметра 109;

ЗД8 - коефіцієнт корегування тривалості імпульсу керування.

Вихідним сигналом ЗД є двохранрядний двійковий код (старший СР і молодший МР розряди).

3.5.3 Блок реле, будова та принцип роботи.

Блок реле (БР) призначений для перетворення сигналів постійного струму низького рівня, які надходять з блоку управління БУ, в сигнали управління (тривалість і фазу) реверсивними електродвигунами БПП або пристроями аварійної сигналізації.

Технічні дані:

Вихідні сигнали:

1) напруга сигналів постійного струму, В, не більше..... 27;

2) сила струму, А, не більше.....0,1.

Вихідні сигнали:

1) напруга змінного струму, В, не більше

для управління ЕПП.....127;

для управління пристроями сигналізації.....230;

2) Кількість каналів управління..... 10.

Схема електрична принципова блоку реле та його загальний вигляд подані в графічній частині кваліфікаційної роботи.

Блок реле виконаний як навісна коробка. На панелі знаходиться індикаторна лампочка (поз.1) наявності напруги живлення (230 В). Через вхідне ущільнення (поз.2) проходить жгут, який зв'язує блок реле з блоком

управління. Через решту ущільнень здійснюється підключення електропневматичних перетворювачів ЕПП і мережі живлення.

Блок реле має 12 поляризованих реле управління обмотками (здійснюється по комбінованій схемі за допомогою транзисторів VT1...VT4).

Діоди, які знаходяться між обмотками реле і колекторами транзисторів, здійснюють розв'язку обмоток поляризованих реле по мережі живлення одну від іншої.

3.5.4 Електропневматичний перетворювач, будова та принцип роботи.

Електропневматичний перетворювач (ЕПП) призначений для формування неперервного пневматичного сигналу керування регульовальними клапанами (з пневматичними мембранними виконавчими механізмами).

Схема електрична принципова перетворювача ЕПП наведена в графічній частині кваліфікаційної роботи.

Принцип дії перетворювача ЕПП оснований на перетворенні тривалості і фази напруги живлення реверсивного електродвигуна РД09-1/137 у відповідне положення гвинта встановлення тиску пневматичного задавача П23Д.4.

Технічні характеристики ЕПП:

Номінальна напруга, В..... 127 або 110;

Вид струму..... змінний;

Частота струму, Гц..... 50 ± 1 ;

Допустиме відхилення напруги від
 номінального значення, В..... $\pm 12,7$;
 Потужність споживання, ВА, не більше.....10;
 Номінальний тиск живлення, МПа.....0,14;
 Допустиме відхилення тиску живлення від
 номінального значення, МПа..... $\pm 0,014$;
 Параметри тиску на виході
 задавача, МПа.....0,02...0,1.

ЕПП складається з: реверсивного двигуна типу РД09-1/37, пневматичного задавача тиску 2 (П23Д.4), кронштейна 3, муфти 4, штовхача 5, напрямної шпильки 6, мікроперемикачів 7, з'єднувача 8.

Передача руху від реверсивного двигуна РД09-1/137 на шток пневматичного задавача П23Д.4 здійснюється за допомогою муфти. Для забезпечення поздовжнього руху муфти передбачені пази у муфті та переміщення штовхача по напрямній шпильці за допомогою отвору в ньому.

При подачі живлення на контакти 1, 2, або 2, 3 з'єднувача ХТ1 реверсивний двигун обертається за (проти) годинниковою стрілкою. Одночасно з обертанням вихідного вала двигуна РД09-1/137 обертається і шток пневматичного задавача В1, який при цьому збільшує, або зменшує натяг пружини в задавачі, що збільшує, або зменшує відповідно керуючий пневматичний тиск повітря на виході перетворювача ЕПП.

При досягненні штовхачем крайнього положення (тиск повітря досяг граничної межі 0,02 МПа або 0,1 МПа, він вмикає рухомий контакт одного з перемикачів SQ1 або SQ2, який розриває ланцюг живлення двигуна, двигун РД09-1/137 зупиняється.

3.6 Розрахунок повітрообміну в кондитерському цеху.

Об'ємну витрату повітря, що необхідне для забезпечення відповідних параметрів середовища в робочій зоні, визначаємо за надлишками тепла в приміщеннях з тепловиділеннями і по надлишках вологи в приміщеннях з тепло- і вологовиділеннями.

Розглянемо ділянку формування і випікання печива в цеху борошняних виробів.

Об'єм приміщення, м.....2520
Тепловтрати через зовнішні огороження взимку, Вт.....20000
Теплопритік у теплий період року від сонячної радіації, Вт.....9660

Тепловиділення (у Вт) по ділянці складають:

Від устаткування.....160000
» технологічної продукції.....2800
» трубопроводів.....5500
» електродвигунів12250
» людей800
» електроосвітлення410

Потрібно визначити розрахунковий повітрообмін і витрати тепла, на вентиляцію.

Об'ємна витрата повітря, необхідного для забезпечення необхідних параметрів середовища в робочій зоні, визначаємо по формулі

$$L = \frac{Q_{\text{НАДП}}}{0,278\rho(t_{\text{ВНХ}} - t_{\text{ПР}})},$$

де $Q_{\text{НАДЛ}}$ - надлишкове явне тепло, що виділяється в приміщення, Вт;

$t_{\text{ВИХ}} \text{ і } t_{\text{ПР}}$ - температура вихідного і притічного повітря, $^{\circ}\text{C}$;

ρ - густина повітря при даній температурі; кг/м^3 .

За даними довідників знаходимо розрахункові параметри зовнішнього повітря для Тернополя:

1) температура зовнішнього повітря для розрахунку вентиляції в теплий період року дорівнює $+25,1^{\circ}\text{C}$,

2) температура зовнішнього повітря у холодний період року -20°C .

Знаходимо розрахункові параметри внутрішнього повітря:
у холодний період року

$$t_{\text{ВН}} = 20^{\circ}\text{C}; \quad \varphi = 60\%.$$

у теплий період року

$$t_{\text{ВН}} = 25,1 + 3 = 28^{\circ}\text{C}; \quad \varphi = 60\%.$$

Сумарні тепловиділення на ділянці складають:

у холодний період року

$$Q_{\text{НАДЛ}} = 160000 + 2800 + 5500 + 12200 + 800 + 410 - 20000 = 161760 \text{ Вт};$$

у теплий період року

$$Q_{\text{НАДЛ}} = 160000 + 2800 + 5500 + 12250 + 800 + 410 + 9660 = 191420 \text{ Вт}.$$

Розраховуємо повітрообмін.

У холодний період року температуру притічного повітря при наявності тепловиділень у приміщенні приймаємо на $5-8^{\circ}\text{C}$ нижчою розрахункової температури в робочій зоні

$$t_{\text{ПР}} = 20 - 5 = 15^{\circ}\text{C};$$

температуру притічного повітря приймаємо на 3-4 °C вищою температури повітря в робочій зоні

$$t_{\text{ВД}} = 20 + 3 = 23^{\circ}\text{C};$$

$$L = \frac{161760}{0,278 \cdot 1,2(23 - 15)} = 70330 \text{ м}^3 / \text{год}.$$

У теплий період року:

$$t_{\text{ПП}} = 25,1^{\circ}\text{C}; \quad t_{\text{Р,З}} = 28^{\circ}\text{C}; \quad t_{\text{ВД}} = 28 + 3 = 31^{\circ}\text{C}.$$

$$L = \frac{191420}{0,278 \cdot 1,2(31 - 25,1)} = 112600 \text{ м}^3 / \text{год}.$$

Витрата тепла на підігрів притічного повітря в холодний період року визначаємо по формулі

$$Q = L \cdot 0,278 \rho (t_{\text{ПП}} - t_{\text{Н}}).$$

$$Q = 70330 \cdot 0,24 \cdot 1,2[15 - (-20)] = 703300 \text{ Вт}.$$

4 Науково-дослідна частина

Моделювання системи автоматизації виробництва пари для підігріву тіста та тістових заготовок в середовищі Matlab.

4.1 Опис системи MATLAB і пакету Simulink

Система MATLAB (MATrix LABoratory – матрична лабораторія) це програмний пакет для моделювання високого рівня для технічних обчислень. Вона реалізує не тільки сучасні чисельні методи, нагромаджені за останні десятиліття, але і весь досвід становлення математики за всю історію людства.

Основною перевагою системи MATLAB є можливість її модифікації, з метою вирішення нових науково-технічних задач, які з'являються завдяки прогресу в науці і техніці. Це досягається перш за все створенням цілого ряду пакетів розширення системи, які охоплюють більшість нових і корисних напрямків комп'ютерного моделювання. У системі MATLAB кількість пакетів становить уже більше десятка, а документація по них нараховує десятки тисяч сторінок.

Система MATLAB має відкриту архітектуру, що дає користувачу повний доступ до її кодів на гнучкій і потужній (і в той час простій) мові програмування цієї системи. Вона являється однією з самих високоефективних мов програмування для науково-технічних розрахунків, в тому числі для створення зручних дуже наглядних візуально-орієнтованих асобів аналізу, ідентифікації, побудови і моделювання систем.

Сучасні версії системи MATLAB поставляються разом з пакетом розширення Simulink, що призначений для моделювання динамічних систем, моделі яких складаються з окремих блоків (компонентів). Цей пакет являється самим яскравим представником програм, що створені на основі системи MATLAB. При цьому в ньому реалізовані принципи візуально-орієнтовно програмування, що дозволяє легко набирати потрібні блоки і з'єднувати їх з метою складання моделі аналізуючої системи чи пристрою. При цьому найскладніші рівняння стану, що описують роботу моделей формуються автоматично.

По зручності графічного інтерфейсу, різноманітності віртуальних засобів реєстрації і візуалізації результатів моделювання і, основне, по їх надійності і достовірності Simulink вигідно відрізняється від безлічі інших програм подібного призначення. Особливо це відноситься до відкритості пакета і можливості поповнення його бібліотек. Разом з базовою системою MATLAB, що має самі досконалі алгоритми матричних обчислень і є найбільш пристосованою для розв'язку завдань моделювання, Simulink являється потужним інструментом дослідження систем шляхом їх моделювання. І ці можливості підсилюються десятками пакетів розширення системи “MATLAB+Simulink”.

4.2 Модель системи автоматизації виробництва пари для підігріву тіста та тістових заготівок в середовищі MATLAB.

Газовий котел із структурної точки зору являє собою аперіодичну ланку другого порядку.

Ланка “Nagrivannia vodu v kotli” – характеризує процес нагрівання води в котлі. Враховуючи те, що маса і питома теплоємність води значні,

цей процес буде досить інерційним, тому сталу часу для нього вибрано 7с. Під час нагрівання води зміна тиску в колі буде незначна в порівнянні із тою зміною тиску, що відбуватиметься в процесі пароутворення, тому коефіцієнт підсилення цієї ланки вибрано 1.

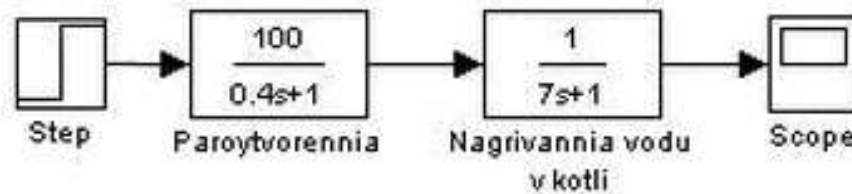


Рисунок 4.1 – Структурна схема газового котла (об’єкта управління)

Ланка “Paroytvorennia” – характеризує процес пароутворення. Цей процес малоінерційний і при ньому відбувається значна зміна тиску. Саме тому вибрано наступні параметри для цієї ланки: стала часу 0.4с; коефіцієнт підсилення 100.

Подавши на вхід системи одиничний стрибок отримаємо перехідний процес.

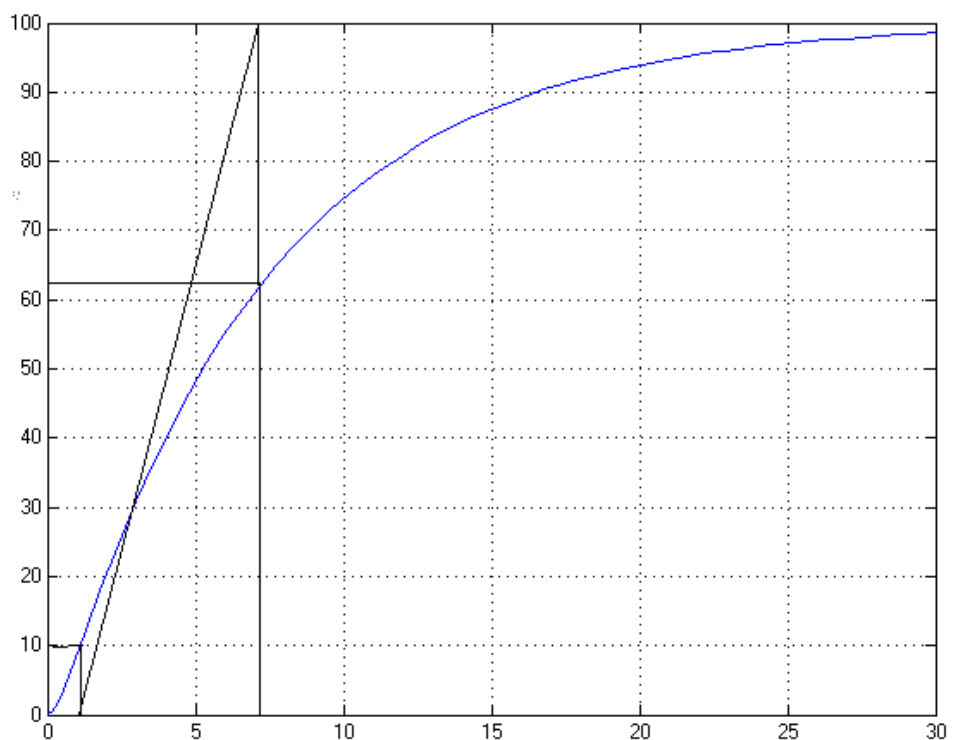


Рисунок 4.2 - Перехідний процес об'єкту управління.

На рисунку 4.3 приведена повна спрощена структурна схема газового котла. Ланка в зворотному зв'язку структурно представляє собою давач повітря. На даній схемі упущено виконавчий механізм. Це зроблено з таких міркувань: поворотний привід, що є виконавчим механізмом в даній системі автоматичного управління своїми параметрами близький до ідеального – стала часу, коливної ланки, якою описується поворотний привід, близька до нуля, а коефіцієнт підсилення – до 1.

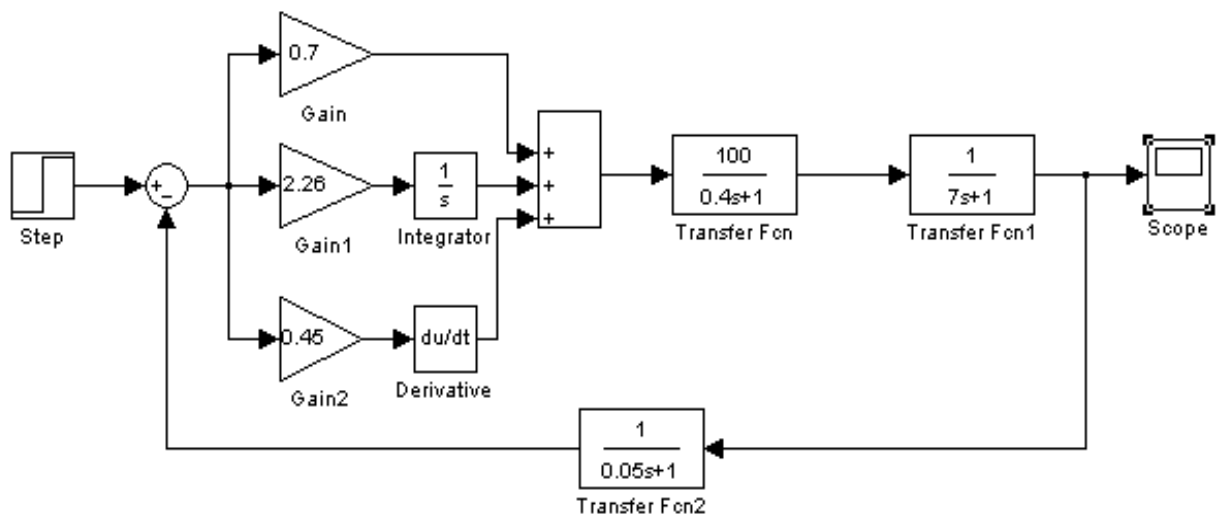


Рисунок 4.3 – Структурна схема газового котла з ПІД регулятором.

Як видно з рисунка 4.4 (перехідного процесу на виході скоректованої системи) дана система характеризується такими показниками якості:

- Перерегулювання – 40%;
- Коливальність – 3;
- Час перехідного процесу – 40-45с.

Враховуючи специфіку системи, що ми розглядаємо, можемо вважати дані показники якості достатніми.

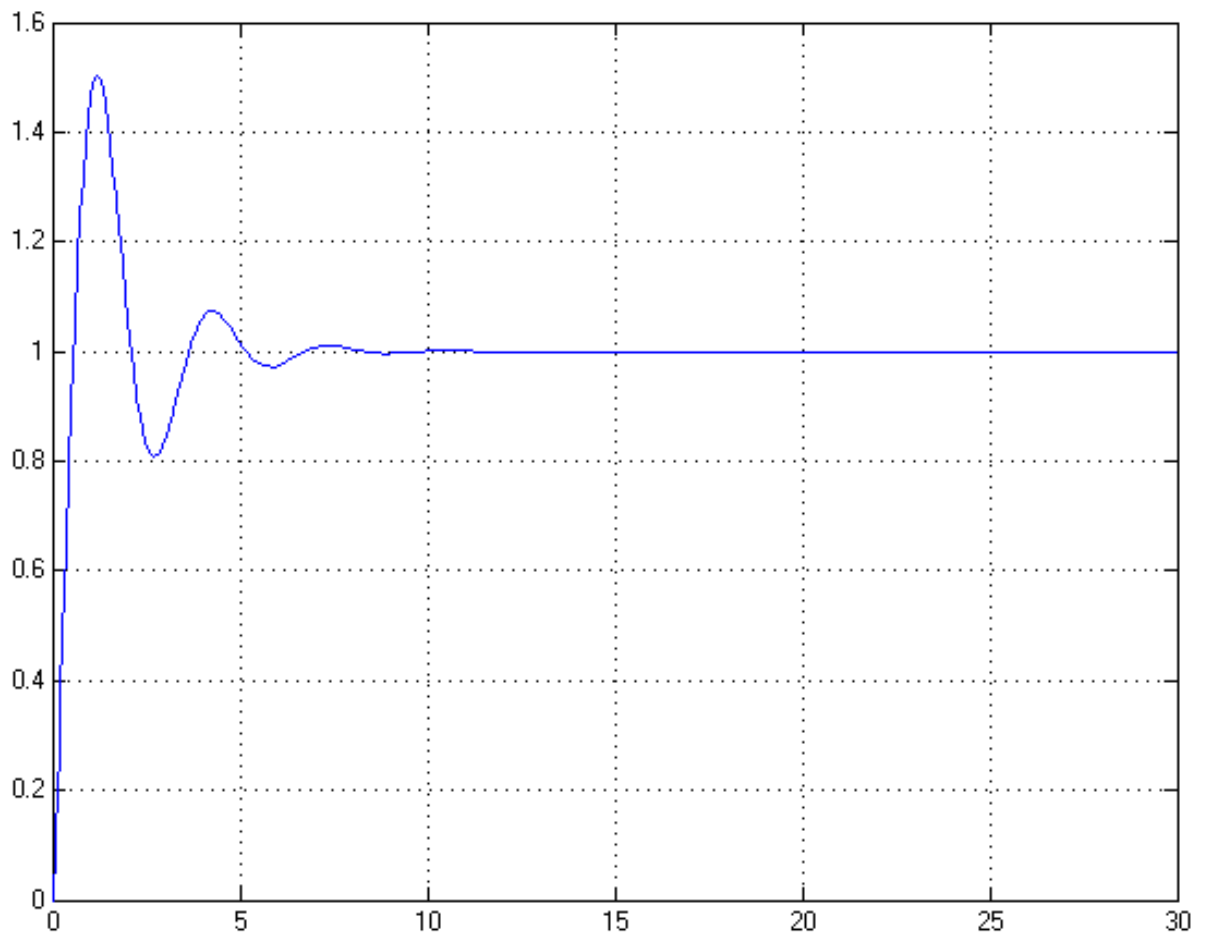


Рисунок 4.4 – Перехідний процес скоректованої системи автоматичного управління процесом горіння газового котла.

Регулятори з ПІД-законом регулювання.

Пропорційно-інтегрально-диференціальний - ПІД:

$$y = (u-x) \cdot (K_p + 1/pT_i + p \cdot T_d),$$

в зворотний зв'язок заводиться похідна відхилення, це дозволяє поліпшити динамічні характеристики регулятора, інтеграл від відхилення, це дозволяє уникнути статичної помилки.

Блок схема ПІД регулятора показана на рис. 4.5.

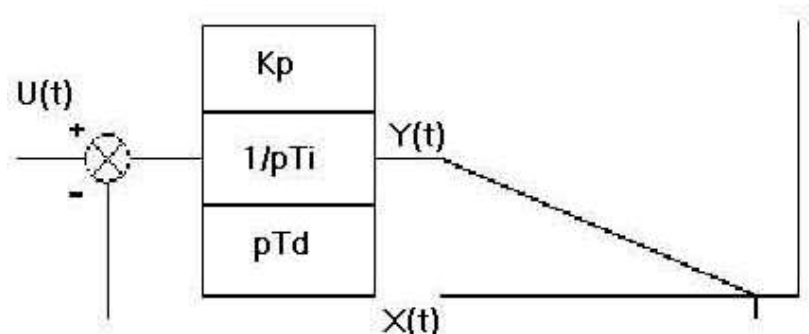


Рис. 4.5 – Структурна схема ПІД-регулятора

Величина розузгодження E піддається диференціюванню та інтегруванню. Вихідна величина – $Y(t)$ ПІД-регулятора формується підсумовуванням з ваговими коефіцієнтами диференціальної, пропорційної і інтегральної складових. По наявності цих складових регулятори і мають скорочену назву П, ПІ, ПІД.

Існують модифікації ПІД-регуляторів:

а) за наявності інтегратора на виході або у виконавчому механізмі (наприклад сервопривід засувки подачі води) ПІД-регулятор ніби перетворюється на ПІ-регулятор, а обчислювальна схема ПІД-регулятора вимагає подвійного диференціювання;

б) диференціальна складова часто обчислюється тільки по X , що дає більш плавний вихід на режим при зміні завдання U .

4.3 Вибір параметрів ПІД-регулятора.

При застосуванні ПІД-регуляторів для кожного конкретного об'єкту необхідно налагоджувати від одного до трьох коефіцієнтів.

Можливі САР з автоматизованим налагодженням. Для типових регуляторів відомі найпростіші аналітичні і табличні методи налагодження (наприклад дві методики Цидлера).

Налагодження за реакцією на вхідний стрибок.

Алгоритм налагодження:

- на вхід САР подається нове завдання (уставка) - нагрівач вмикається на максимальну потужність, і по перехідному процесу;

$X(t)$ визначаються через t_0 , R , t_i (див. рис. 4.6):

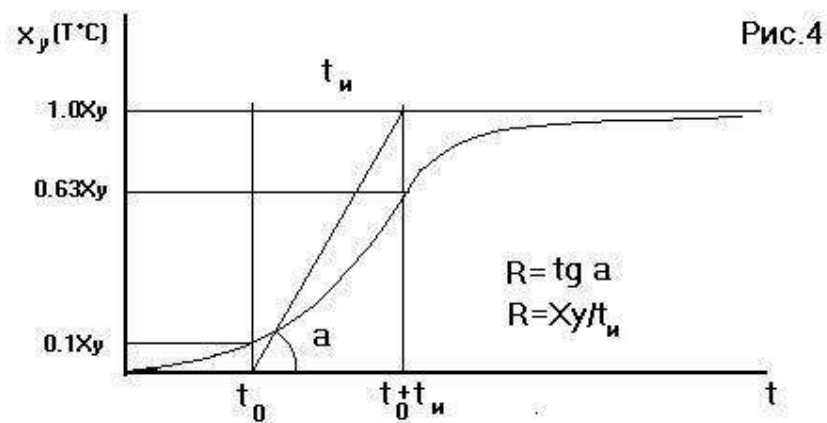


Рисунок 4.6 - Реакція системи на одиничний стрибок.

Розгінна крива для об'єкту з транспортним запізнюванням:

t_0 - час транспортного запізнювання;

t_i - постійна часу (час узгодження) інерційністю об'єкту;

X_y - стає значення;

R - нахил розгінної кривої dX/dt (макс. швидкість зміни X)

Коефіцієнти налагодження обчислюються відповідно до наступних зразкових співвідношень:

для П-регулятора $K = 1/R \cdot t_0$

для ПД-регулятора $K = 1/R \cdot t_0$, $T_d = 0.25 \cdot t_0$

для Пі-регулятора $K = 0.8/R \cdot t_0$ $T_i = 3 \cdot t_0$

для ПД-регулятора $K = 1.2/R \cdot t_0$, $T_i = 2 \cdot t_0$, $T_d = 0.4 \cdot t_0$.

Не обов'язково виводити об'єкт на максимально можливу величину X . Проте, слід мати на увазі, що дуже маленький стрибок не дозволяє визначити R з достатньо високою точністю.

Налагодження за методом максимального коефіцієнта підсилення.

Цей спосіб застосовується, якщо допустимий коливальний процес, при якому значення регульованої величини значно виходять за межі завдання U .

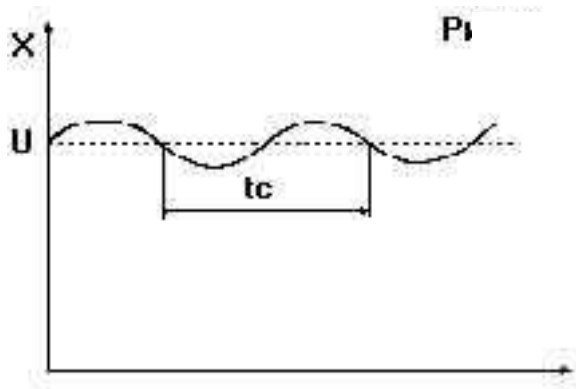


Рисунок 4.7 – Коливний процес системи.

Алгоритм налагодження:

- визначається граничний коефіцієнт $K_{\max}$ підсилення при якому САР і об'єкт переходять в коливальний режим, тобто без інтегральної і диференціальної частини ($T_d=0$, $T_i=—$). Спочатку $K=0$, потім він збільшується доти поки САР і об'єкт переходить в коливальний режим. САР відповідає схемі П-регулятора.
- визначається період коливань t_c (див. рис. 4.7);
- обчислюються коефіцієнти налагодження згідно наступним зразковим співвідношенням:

для П-регулятора $K = 0.5 \cdot K_{\max}$

для ПД-регулятора $K = 0.5 \cdot K_{\max}$, $T_d = 0.05 \cdot t_c$

для ПІ-регулятора $K = 0.45 \cdot K_{\max}$, $T_i = 0.8 \cdot t_c$

для ПІД-регулятора $K = 0.6 \cdot K_{\max}$, $T_i = 0.5 \cdot t_c$, $T_d = 0.12 \cdot t_c$.

Для більшості об'єктів ПІД-регулювання забезпечує кращі показники ніж П і ПІ. Для об'єктів з малим транспортним запізнюванням: $t_0 < t_i/3$ ПІД-регулятори забезпечують задовільну якість регулювання: достатній малий час виходу на режим і невисоку чутливість до обурень. Проте, для об'єктів з $t_0 > 0.5 \cdot t_i$, навіть ПІД-регулятори не можуть забезпечити достатньо доброї якості регулювання. В крайньому випадку можна застосувати ПІД-регулятор з коефіцієнтом $T_d = 0$, але для таких складних об'єктів кращі якісні показники забезпечуються системами автоматичного управління (САУ) з моделлю.

Налагодження за процесом двохпозиційного регулювання за релейним законом.

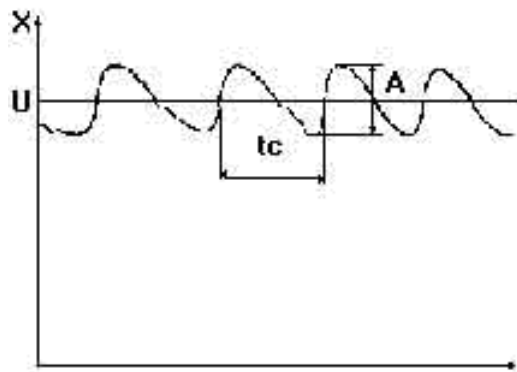


Рисунок 4.8 – Налагодження за процесом двохпозиційного регулювання.

Ця методика зручна, якщо застосовувався Т-регулятор, який потім замінюється на ПІД-регулятор:

- система переводиться в режим двохпозиційного регулювання по релейному закону (див. рис. 4.8);

визначається амплітуда - A і період коливань t_c ;

- обчислюються коефіцієнти настройки згідно наступним зразковим співвідношенням:

для П-регулятора $D_0 = 0.45/A$

для ПД-регулятора $D_0 = 0.45/A$, $T_d = 0.05 \cdot t_c$

для ПІ-регулятор $D_0 = 0.4/A$, $T_i = 0.8 \cdot t_c$

для ПІД-регулятора $D_0 = 0.55/A$, $T_i = 0.5 \cdot t_c$, $T_d = 0.12 \cdot t_c$.

Якщо об'єкт не змінює структуру і свої параметри, то системи з ПІД-регуляторами забезпечують необхідну якість регулювання при великих зовнішніх збурюючих діях і перешкодах, тобто близьке до 0 похибки E .

Як правило точно погоджувати параметри регулятора і об'єкту відразу не вдається. Якщо T_i менше оптимального в два рази, процес регулювання може перейти в коливальний режим. Якщо T_i істотно більше оптимального, то регулятор поволі виходить на новий режим і слабо реагує на швидкі обурення - G .

Таким чином, як правило необхідне додаткове підналагодження. На рис. 4.9 показаний вплив неоптимальних настройок ПІД-регуляторів на вигляд перехідній функції (реакції САР і об'єкту на одиничний стрибок в завданні).

Для більшості об'єктів ПІД-регулювання забезпечує кращі показники ніж П і ПІ. Для об'єктів з малим транспортним запізнюванням $t_o < t_i/3$, ПІД-регулятори забезпечують задовільну якість

регулювання: достатньо малий час виходу на режим і невисоку чутливість до збурень.

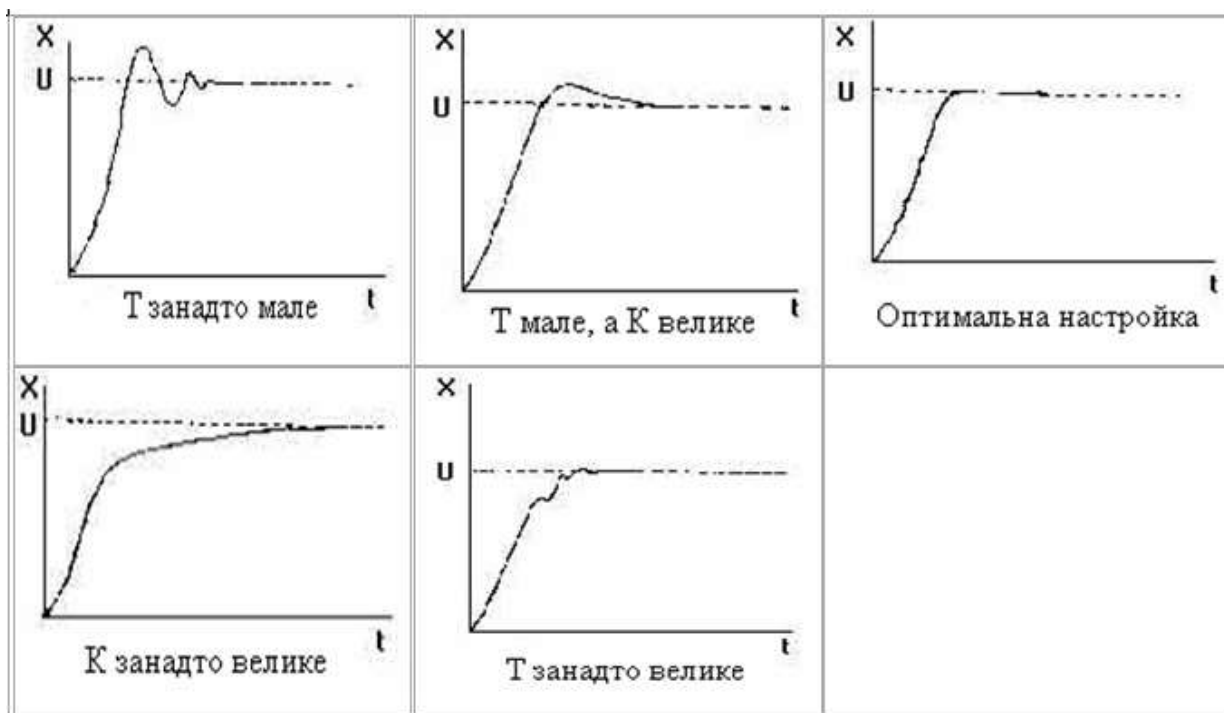


Рисунок 4.9 – Уточнення коефіцієнтів налагодження.

Проте, для об'єктів з $t_0 > 0.5t_i$, навіть ПІД-регулятори не можуть забезпечити достатньо хорошу якість регулювання. В крайньому випадку можна застосувати ПІД-регулятор з коефіцієнтом $T_d=0$, але для таких складних об'єктів кращі якісні показники забезпечуються системами автоматичного управління з моделлю.

5 Спеціальна частина

Розробка алгоритмів роботи автоматизованої лінії виготовлення печива.

З огляду розробки пристроїв керування, його алгоритм – це формальна математична модель функціонування цього пристрою в умовах реалізації конкретної задачі керування на конкретному об'єкті. Для побудови моделі керованого об'єкта необхідно знати завдання керування, а для побудови його алгоритму повинна бути відома модель керованого об'єкта.

Алгоритм керування можна розглядати як технологію вироблення керуючої інформації, обумовлену конкретною метою та обмежену можливостями пристрою та об'єкта керування.

Варто розрізняти керування технологічною операцією і послідовністю операцій. У першому випадку математична модель буде однорідною, реалізованою, в основному, арифметичними операторами. В другому - математично описується організація, порядку зміни алгоритмів керування операціями. Переважними тут є логічні оператори аналізу умов, що забезпечують оптимальну послідовність чергування операцій. Види автоматичного керування технологічними операціями можна об'єднати в три групи: стабілізацію (регулювання), програмно-слідкуюче керування та оптимізацію.

Системи стабілізації широко застосовуються в промисловості. Заздалегідь розраховані, оптимальні параметри підтримуються незмінними. Останнім часом ці системи розвинулися в інваріантні, у яких одна або кілька координат незалежні від зовнішніх збурень. Вони

особливо ефективні, для детермінованих об'єктів.

В даний час системи програмного керування широко застосовуються для автоматичного відпрацьовування заданої послідовності операцій і для ведення однієї технологічної операції по попередньо розрахованій оптимальній програмі. Програмне керування ефективне в детермінованих системах, у яких з високим ступенем достовірності можна встановити характер і величини збурень.

Сучасні тенденції організації технологічних процесів базуються на виборі оптимального режиму системи керування та збереженні його, незважаючи на наявність зовнішніх випадкових збурень. Такі системи оптимального керування забезпечують максимальну ефективність ведення технологічного процесу по оптимальному рівні заданого критерію. Їхня складність окупається високим економічним ефектом. Можливі комплексні розв'язки задач керування складними об'єктами, коли керування адаптивно здійснюється у залежності від умов, за законами стабілізації, програмного й оптимального керування.

Особливу групу складають системи логічного керування послідовністю операцій. У найпростішому випадку вони формують технологічний цикл по поточній миттєвій комбінації умов переходу до чергової операції. У більш складних варіантах аналізуються попередні послідовності зміни умов або рівнів пріоритету одної або декількох умов. Незважаючи на розходження цих систем, їхня структура однакова. Вона включає елементи пам'яті для збереження апріорної і вихідної інформації, пристрої для збору і перетворення поточної інформації, пристрої, що виробляють керуючу інформацію, і блоки зв'язку з об'єктами, що перетворюють керуючу інформацію в керуючий вплив.

Алгоритм роботи автоматизованої лінії виготовлення печива представлений в графічній частині кваліфікаційної роботи. Він поділений

на підалгоритми. В першому підалгоритмі розглядається попередня підготовка виробництва, яка включає в себе два блоки: приготування емульсії (блок 1) та попередню підготовку печі (блок 2).

Попередня підготовка виробництва проходить в такій послідовності.

Блок 1.

Включається установка для приготування емульсії А2-ШУ2-І. При проходженні сигналу про справність, починається робота блоку приготування емульсії (у разі відмови включення установки йде сигнал на виклик наладчика), яка полягає в завантаженні установки та безпосередньому приготуванні емульсії. По завершенню приготування, емульсія перевіряється на необхідність темперування (при необхідності проводиться темперування), в іншому випадку цей етап пропускається. Подальша робота полягає у включенні насосу для перекачування приготованої емульсії у бак емульсії ШБ–1Е, і починається очікування стану про повне викачування, при появі сигналу про викачання емульсії – насос виключається і підалгоритм першого приготування емульсії переходить у алгоритм приготування печива.

Блок 2.

Починається робота блоку з включення печі А2–ШБГ. При наявності сигналу про справність печі починається етап прогрівання (у випадку несправності генерується сигнал про виклик наладчика). Прогрівання печі відбувається до досягнення в робочій камері оптимальних температур. Подальшим етапом є включення транспортера печі. Вся робота підалгоритму проходить до повного завершення роботи лінії.

Алгоритм приготування печива проходить в такій послідовності.

Одночасно включаються дозатор муки ШД–1М, дозатор емульсії А2–ШДЕ, при наявності сигналу про справність дозаторів відбувається

дозування муки і емульсії у тістозамішувальну машину (при відсутності сигналу про справність відбувається виклик наладчика).

Наступним етапом роботи лінії є включення заповненої тістозамішувальної машини ШТ–1М (яка в свою чергу також перевіряється на справність). Замішування тіста відбувається неперервно, і вимішане тісто подається в бункер живильника тіста ШП–1Т (за умови його працездатності).

З бункера живильника тісто неперервно подається транспортером на ротаційну формувальну машину ШР–1М (яка включається при першій подачі тіста).

З ротаційної формувальної машини виходять заготівки печива, які подаються на сітчасту стрічку печі (піч була попередньо підготовлена за попереднім алгоритмом).

В печі проходить безпосереднє випікання, і попереднє охолодження (на виході з печі). При попаданні першого випеченого печива на охолоджуючий конвеєр відбувається його включення (з перевіркою на працездатність), проходить процес охолодження печива.

При виході з охолоджуючого конвеєра вмикається стекер СБ–4, який направляє печиво на поперечний транспортер для подальших операцій. Робота алгоритму проходить до завершення роботи лінії.

6 Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях

6.1 Заходи з охорони праці на підприємстві.

6.1.1 Системи вентиляції та кондиціювання повітря в цеху випікання печива.

Задача вентиляції - забезпечення чистоти повітря і заданих метеорологічних умов у виробничих приміщеннях. За допомогою вентиляції видаляється забруднене або нагріте повітря з приміщення і подається свіже. По способі переміщення повітря вентиляція буває природною і механічною (штучною). Можливо також поєднання природної й механічної вентиляції (змішана вентиляція). По призначенню розрізняють приточну, витяжну, приточно-витяжну вентиляцію (рисунок 6.1).

По місцю дії вентиляція буває загальною і місцевою. Дія загальної вентиляції заснована на розведенні забрудненого, нагрітого, вологого повітря приміщення свіжим повітрям до гранично допустимих норм. Ця система вентиляції найбільше часто використовується у випадках, коли шкідливі речовини, теплота, волога виділяються рівномірно по всьому приміщенню (при цьому необхідні параметри повітряного середовища підтримуються у всьому об'ємі приміщення). Якщо приміщення велике, а кількість людей, що знаходяться в ньому, мала (з фіксованим місцем перебування людей), немає сенсу провітрювати все приміщення повністю, можна обмежитися оздоровленням повітряного середовища тільки в місцях перебування людей (кабіни керування в цехах і ін.).

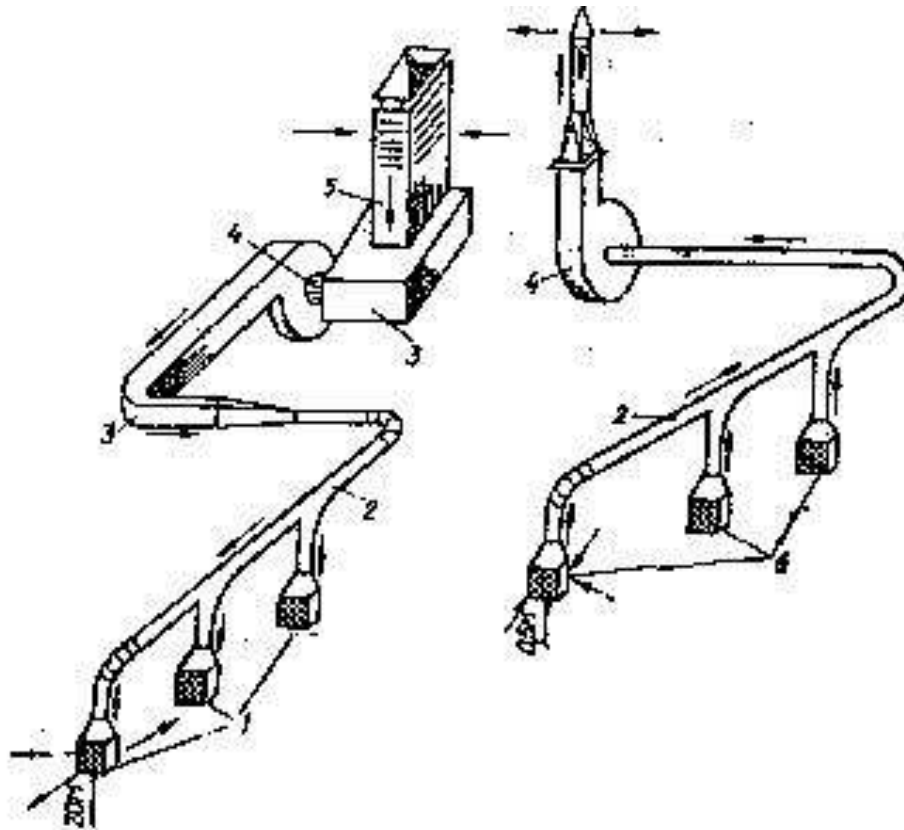


Рисунок 6.1 - Схеми механічних загальнообмінних вентиляційних установок (приточної і витяжної):

1 – повітрерозподільник; 2 – повітрепроводи; 3 – калорифер;
4 – вентилятор; 5 – повітресабірна шахта; 6 – повітреприймачі.

Природна вентиляція створює необхідний повітрообмін за рахунок різниці густини теплого повітря, що знаходиться усередині приміщення, і більш холодного зовні, а також у результаті вітру. Природна вентиляція виробничих приміщень може бути неорганізована й організована. У першому випадку надходження і видалення повітря відбувається через нещільності і пори зовнішніх огорожень, вікна, кватирки. Організована природна вентиляція здійснюється аерацією і дефлекторами. *Аерація* - організований і регульований природний повітрообмін.

Дефлектори являють собою спеціальні насадки, встановлені на витяжних повітровідводах і використовуючі енергію вітру.

Розрахунок аерації заснований на забезпеченні балансу повітрообміну: кількість повітря, що входить у будинок за одиницю часу, завжди дорівнює кількості повітря, що виходить з будинку:

$$\sum G_{\text{пр}} = \sum G_{\text{вит}}.$$

Природна вентиляція дешева і проста в експлуатації. Основний її недолік у тім, що приточне повітря вводиться в приміщення без попереднього очищення і підігріву, а повітря, що видаляється, також не очищається і забруднює атмосферу.

Механічна (штучна) вентиляція забезпечує підтримку постійного повітрообміну незалежно від зовнішніх метеорологічних умов за рахунок комплексу систем повітроводів і механічних вентиляторів (відцентрових і осьових). Повітря, що надходить у приміщення, при необхідності підігрівається або охолоджується, зволожується або осушується. Забезпечується очищення повітря, що викидається назовні.

Приточна загально обмінна система вентиляції (рис. 6.1) робить забір повітря ззовні вентилятором. Через калорифер, де повітря нагрівається і зволожується, а потім подається в приміщення. Кількість подаваного повітря регулюється клапанами або засувками встановленими у відгалуженнях. Забруднене повітря витісняється через двері, вікна, ліхтарі, щілини.

Витяжна система вентиляції (рис. 6.1) видаляє забруднене і перегріте повітря через мережу повітроводів за допомогою вентилятора. Чисте повітря підтягується через вікна, двері, нещільності конструкцій. Забруднене повітря перед викидом назовні очищається.

Приточно-витяжна система вентиляції складається з двох окремих систем - приточної і витяжної, котрі одночасно подають у приміщення

чисте повітря і видаляють з нього забруднене. Цей вид вентиляції доцільний у виробничих приміщеннях з малими виділеннями шкідливостей і створює невеликий підпір повітря, а в суміжних з ними приміщеннях зі значними виділеннями шкідливостей такого підпору (надлишкового тиску) повітря, не створює. Цим буде забезпечена своєрідна ізоляція приміщень з малими виділеннями шкідливостей від проникнення в них забрудненого повітря із суміжних приміщень.

Пристрої для подачі в приміщення свіжого повітря розташовують з боку, протилежного фронту обслуговування устаткування. Висота пристроїв для забору повітря може бути прийнята різною, щоб забруднене повітря переміщалося в напрямку його природного руху. Пил, а також пари і гази, більш важкі, чим повітря, накопичуються в нижніх зонах приміщення, де і варто розташовувати прийомні пристрої.

Рециркуляція повітря в системі приточно-витяжної вентиляції (рис. 6.2) застосовується в холодний час року з метою економії тепла, затрачуваного на підігрів повітря.

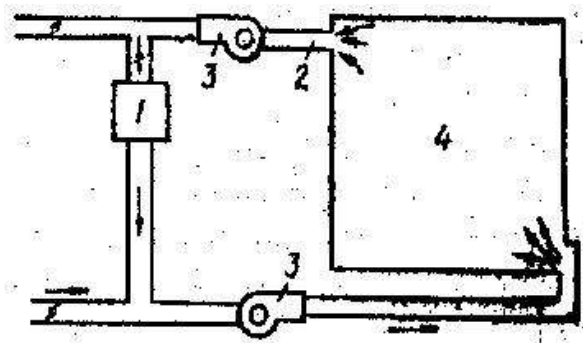


Рисунок 6.2 - Схема повітрообміну в кондитерському цеху
яка працює за принципом рециркуляції:

1 – фільтр для очищення повітря; 2 – витяжний
повітропровід; 3 - вентилятори; 4 – приміщення.

При рециркуляції частина повітря, що видаляється з приміщень, після відповідного очищення від виробничих шкідливостей знову

направляється в приміщення. При цьому необхідно дотримувати наступні умови: кількість чистого повітря, що надходить ззовні, повинне складати не менш 10 % від загальної кількості повітря, подаваного в приміщення; повітря, що надходить у приміщення, повинно містити не більш 30% шкідливих речовин стосовно їхніх гранично допустимої концентрації (ГДК).

Застосування рециркуляції неприпустимо у виробничих приміщеннях, у повітряному середовищі яких можуть бути шкідливі речовини 1-, 2- і 3-го класів небезпеки, неприємні запахи і хвороботворні мікроорганізми або можливо різке збільшення концентрації шкідливих і вибухонебезпечних пилів, парів і газів (у приміщеннях категорії А, Б, В по вибухо протипожежній небезпеці).

Неточності, допущені при розрахунку вентиляційних установок, і відхилення від проєкту, що виникли при монтажі, усувають регулюванням системи вентиляції, забезпечуючи на всіх ділянках повітроводів передбачені проєктом витрати повітря.

Регулювання здійснюється або зміною характеристики вентиляційної мережі за рахунок її опору (за допомогою регулюючих пристроїв - шиберів, дроселів-клапанів), або зміною характеристики вентилятора за рахунок збільшення або зменшення частоти обертання (швидкості) робочого колеса.

Після регулювання вентиляційну систему випробують і здають (по акті) обслуговуючому персоналу. При випробовуванні перевіряють основні показники системи: витрата повітря, температуру нагрівання, вологість. Припустимі відхилення від проєктних даних - по кількості повітря $\pm 10\%$, по температурі подаваного повітря $\pm 2^{\circ}\text{C}$, по вологості повітря $\pm 5\%$. На кожен вентиляційну установку складають паспорт, у який заносять дані, що характеризують роботу основних елементів.

Повинно бути забезпечене також правильне обслуговування установок: своєчасне очищення фільтрів і повітреводів, проведення планового ремонту й ін.

Місцева вентиляція забезпечує вентиляцію безпосередньо біля робочого місця, уловлюючи шкідливості при їхньому виділенні і запобігаючи влучення цих шкідливих речовин у повітря виробничого приміщення і робочої зони.

По способі організації повітрообміну місцева вентиляція розділяється на приточну і витяжну.

При розробці проєктів технологічного устаткування машин, механізмів, верстатів, стендів, постів пайки необхідно передбачати місцеві убудовані витяжки, що повинні забезпечити необхідний санітарно-гігієнічний ефект і не перешкоджати обслуговуванню, спостереженню за робочим процесом, ремонтномонтажним роботам. Таким чином, місцеві вентиляційні системи зв'язані з конструкцією устаткування, машин, верстатів, стендів, постів пайки і з робочими місцями обслуговування.

Витяжки, убудовані в робочі місця, застосовують при пайці, зварюванні й ін. Розрізняють витяжки з приймальними отворами у вертикальній панелі, у площині столу і над столом. Пости пайки оснащені місцевими витяжками з зони пайки і випалу. Для уловлювання шкідливих парів, що виділяються при пайці, звичайно встановлюють місцеві витяжки у виді усмоктувальних круглих або прямокутних отворів з гострими крайками, встановлюваних у вертикальній панелі. Вмонтовані інструменти (паяльники) витяжки можуть бути кільцевими або верхніми. Кільцева витяжка за допомогою порожньої трубки і гнучкого шланга з'єднується з магістральним повітреводом. Верхня витяжка являє собою металеву трубку, що всмоктує, отвір якої розташовують над кінцем стержня, що паяє.

Кондиціонування повітря - це створення й автоматична підтримка в приміщеннях незалежно від зовнішніх умов постійних, або, що змінюються по визначеній програмі температури, вологості, частоти і швидкості руху повітря, найбільш сприятливих для людей або необхідних для нормального протікання технологічного процесу. Кондиціонери бувають повного і неповного кондиціонування повітря. Установки повного кондиціонування повітря забезпечують сталість параметрів мікроклімату (температури, відносної вологості, рухливості і чистоти повітря). Установки неповного кондиціонування підтримують частину приведених параметрів.

6.1.2 Розрахунок захисного заземлюючого пристрою для підстанції кондитерського цеху.

Завдання: Розрахувати заземлювач підстанції 6/0,4 кВ.

Вихідні дані: Підстанція понижувальна, має два трансформатори 6/0,4 кВ з заземленими нейтраліями на стороні 0,4 кВ; розміщена окремо в окремо стоячій цегляній будівлі, розміри якої вказані в плані на рисунку 6.3а.

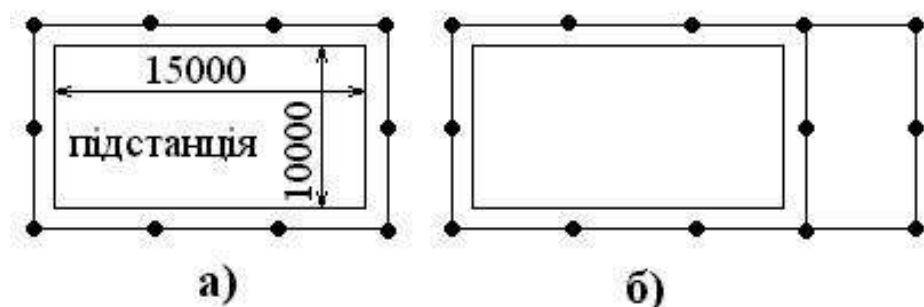


Рисунок 6.3 - План підстанції з конструкцією заземлювача.

- а – план підстанції і попередня схема заземлювача;
- б – кінцева схема заземлювача.

В якості заземлюючого пристрою буде використано металічну технологічну конструкцію, частково занурену в землю; її розрахунковий опір розтіканню (з врахуванням сезонних змін) $R_t = 15 \text{ Ом}$. Струм замикання на землю – невідомий, однак, відома протяжність лінії 6 кВ кабельних $l_{к.л} = 70 \text{ км}$, повітряних $l_{п.л} = 65 \text{ км}$.

Заземлювач планується виконати з вертикальних стержневих електродів довжиною $l_B = 5 \text{ м}$, діаметром $d = 12 \text{ мм}$, верхні кінці яких з'єднані між собою за допомогою горизонтального електрода – сталюї полоси з січенням $4 \times 40 \text{ мм}$, вкладеною в землю на глибину $t = 0,8 \text{ м}$.

Розрахований граничний опір землі, одержаний в результаті вимірювання на ділянці, де планується розміщення заземлювача, і розрахунку:

для вертикального електрода (довжиною 5 м) $\rho_B = 120 \text{ Ом} \cdot \text{м}$;

для горизонтального електрода (довжиною 50 м) $\rho_T = 176 \text{ Ом} \cdot \text{м}$.

Розв'язок: Розрахунковий струм замикання на землю на стороні 6 кВ визначаємо за формулою:

$$I_3 = \frac{U}{350} (35l_{к.л.} + l_{в.л.}) = \frac{6}{350} (35 \cdot 70 + 65) = 43 \text{ А},$$

де U – лінійна напруга сітки, кВ; $l_{к.л.}$, $l_{в.л.}$ - довжина електричних зв'язних кабельних і повітряних ліній, км.

Потрібний опір розтіканню заземлювача, який приймаємо загальним для установок 6 і 0,4 кВ, згідно вимог ПУЕ:

$$R_3 = \frac{125}{I_3} = \frac{125}{43} = 2,9 \text{ Ом}.$$

Потрібний опір штучного заземлювача згідно формули:

$$R_{шт} = \frac{R_E R_3}{R_E - R_3} = \frac{15 \cdot 2,9}{15 - 2,9} = 3,6 \text{ Ом},$$

де R_E - опір розтікання природного заземлювача, Ом.

Тип заземлювача вибираємо контурний, розміщений по периметру підстанції. Попередню схему заземлювача наносимо на план підстанції з її основними розмірами (рисунок 6.3 ,а) . При цьому вертикальні електроди розміщуємо на відстані 5 м один від одного.

Уточняємо параметри заземлювача шляхом повірного розрахунку. З попередньої схеми видно, що в прийнятому нами заземлювачі сумарна довжина горизонтального електрода $L_r \approx 50\text{м}$, а кількість вертикальних електродів $n=10$ шт.

Визначаємо розрахунковий опір розтіканню електродів – вертикального R_B і горизонтального R_r по формулам, приведеним в таблиці 3-1 [2]:

$$R_B = \frac{120}{2\pi 5} \left(\ln \frac{2,5}{0,012} + \frac{1}{2} \ln \frac{4 \cdot 3,3 + 5}{4 \cdot 3,3 - 5} \right) = 27,1 \text{ Ом};$$

$$R_r = \frac{176}{2\pi \cdot 50} \ln \frac{50^2}{0,5 \cdot 0,04 \cdot 0,8} = 6,7 \text{ Ом}.$$

Далі, маючи на увазі, що прийнятий нами заземлювач контурний і що $n=10$ шт, а відношення $a/l_B = 5/5=1$, визначаємо з таблиці 3-4 і 3-5 [2] коефіцієнти використання електродів заземлювача:

вертикальних $\eta_B = 0,56$, горизонтального $\eta_r = 0,34$.

Тепер знаходимо опір розтіканню прийнятого нами групового заземлювача за формулою:

$$R = \frac{R_B R_r}{R_B \eta_r + R_r \eta_B n} = \frac{27,1 \cdot 6,70}{27,1 \cdot 0,34 + 6,7 \cdot 10 \cdot 0,56} = 4,1 \text{ Ом}.$$

Цей опір виходить більшим, чим потрібен (3,6 Ом), тому приймаємо рішення збільшити в контурі заземлювача кількість вертикальних електродів до 13 шт. Потім знову з таблиці 3-4 і 3-5 знаходимо коефіцієнти використання прийнявши відношення a/l_B рівним одиниці і обчислюємо R.

В цьому випадку $\eta_B = 0,53$ і $\eta_T = 0,31$, а опір заземлювача розтіканню струму:

$$R = \frac{27,1 \cdot 6,7}{27,1 \cdot 0,31 + 6,7 \cdot 13 \cdot 0,53} = 3,33 \text{ Ом.}$$

Цей опір менший потрібного, але так-як різниця між ними незначна (0,27 Ом) і вона підвищує умови безпеки, приймаємо цей результат, як кінцевий.

Висновок: спроектований заземлювач – контурний, складається з 13 вертикальних стержневих електродів довжиною 5 м і діаметром 12 мм і горизонтального електрода у вигляді сталевієї полоси довжиною 70 м з січенням 4×40 мм, заглибленою в землю на 0,8 м. Кінцева схема заземлювача приведена на рисунку 6.3, б.

6.2 Заходи з безпеки в надзвичайних ситуаціях.

6.2.1 Радіаційний захист населення в надзвичайних ситуаціях.

Організація дозиметричного контролю.

Дозиметричний контроль проводиться під керівництвом начальників всіх ступенів та командирів формувань ЦО.

Дозиметричний контроль включає:

- контроль опромінення;
- контроль радіоактивного забруднення.

Контроль опромінення проводиться з метою отримання даних при поглиненні дози радіації для первинної діагностики. Для вимірювання дози опромінення застосовуються дозиметри. Контроль опромінення

людей поділяється на дві групи — груповий та індивідуальний.

При груповому контролі один дозиметр видається на групу людей (бригаду, ланку, тощо) або проводиться розрахунковим методом за допомогою формули:

$$D = \frac{P_{сер.} \cdot T}{K_{осл.}}$$

де D — поглинута доза;

$P_{сер.}$ — середній рівень радіації (визначається за допомогою приладу);

$K_{осл.}$ — коефіцієнт послаблення захисної споруди.

При індивідуальному контролі дозиметр видається кожному працівнику. Цей метод застосовується для тих категорій, до яких не можна застосувати груповий метод.

Для обліку поглинених доз опромінення ведуться наступні документи дозиметричного контролю:

- відомість видачі вимірювачів дози та обліку показників;
- журнал контролю опромінення;
- карта обліку доз опромінення;
- журнал відбору і здачі проб (тільки у службах та штабах ЦО);
- донесення про працездатність і зараження людей, техніки і інше.

Контроль опромінення потрібен для того, щоб поглинені дози радіації не перевищували допустимих норм опромінення.

Допустимі дози опромінення:

а) на воєнний час:

- при одноразовому опроміненні (до 4 діб) — 50 Р;
- при багаторазовому опроміненні за 30 діб — 100 Р;
за 3 місяці — 200 Р;
за 1 рік — 300 Р.

б) на мирний час:

- у нормальних умовах на 1 рік — 0,5 бер.;
- для персоналу в нормальних умовах на 1 рік — 2 бер.;
- для населення аварійне опромінення на 1 рік — 10 бер.;
- для персоналу аварійне опромінення на 1 рік — 25 бер.

Згідно з цими нормами для населення поглинена доза в нормальних умовах не повинна перевищувати — 0,5 бер за рік.

Згідно з Законом України „Про захист людини від впливу іонізуючого випромінювання” № 15/98-ВР передбачені наступні перевищення допустимої дози опромінення:

- для населення: 1 мЗв/рік (1000/рік — 0,1 бер);
- для персоналу: не більше 20 мЗв/рік (2000/рік — 2 бер).

Допускається до 5 бер (50 мЗв) за умов, що середньорічна доза протягом п'яти років не більше 20 мЗв за рік (2 бер) в середньому.

Структура дози опромінення поглинутої за рік виглядає таким чином:

- природній фон — 200 мбер;
- медична рентгенодіагностика — 150 мбер;
- будівельні матеріали — 100 мбер;
- додаткові джерела опромінення — 50 мбер.

Природній радіаційний фон обумовлюється космічним випромінюванням та природними радіоактивними речовинами.

Інтенсивність космічного випромінювання залежить від висоти над рівнем моря та сонячної активності. Земним джерелом є природні

радіонукліди, які містяться в речовинах, які людина використовує у повсякденній діяльності.

Природний радіаційний фон для України становить 0,01...0,03 мр/рік.

На земній кулі є місцевості, у яких поглинені дози значно перевищують допустимі:

- Індія, штат Карала є місцевість де доза складає 40,2 рад за рік;
- Бразилія — 20 рад/рік;
- США — 26 рад/рік;
- Франція — 170 рад/рік.

Контроль радіоактивного забруднення здійснюється з метою визначення ступеня забруднення радіоактивними речовинами людей, тварин, а також техніки, одягу, засобів індивідуального захисту, продуктів, води, фуражу та інших об'єктів.

Ступінь радіоактивного забруднення оцінюється шляхом замірів потужності експозиційної дози випромінювання від цих об'єктів приладами (ДП-5, ІМД-21 та інші) та порівнянням їх з нормою.

На мирний час користуємося нормами, які визначені в „Основних санітарних правилах.

6.2.2 Режими радіаційного захисту та порядок впровадження їх в дію.

Під режимом радіаційного захисту розуміють порядок дії людей, використання способів та засобів захисту в зонах радіаційного зараження, який передбачає максимальне зменшення можливих доз опромінення.

Він передбачає послідовність та тривалість використання захисних споруд, захисних властивостей, промислових та житлових приміщень,

обмеження перебування людей на відкритій місцевості.

Тривалість дотримування режиму захисту залежить від ряду факторів:

- рівня радіації;
- захисних властивостей захисних споруд;
- захисних властивостей промислових та житлових будівель.

На випадок ядерного вибуху відпрацьовано 8 типових режимів радіаційного захисту: [9]

- № 1-3 — для населення, яке не працює
- № 4-7 — для робітників та службовців об'єктів, які продовжують виробничу діяльність в умовах радіаційного зараження (працюють у закритих приміщеннях);
- № 8 — для особового складу формувань, які проводять аварійно-рятувальні роботи на зараженій місцевості.

Виконання режиму радіаційного захисту передбачає декілька етапів:

а) для населення:

- 1-й етап — укриття населення в захисних спорудах;
- 2-й етап — почергове укриття в захисних спорудах та будинках;
- 3-й етап — укриття в будинках з обмеженим перебуванням на вулиці;

б) для робітників та службовців:

- 1-й етап — укриття в захисних спорудах;
- 2-й етап — робота з використанням для відпочинку захисної споруди;
- 3-й етап — робота з відпочинком у житлових будинках з обмеженим перебуванням на відкритій місцевості.

Користуючись режимами, необхідно вважати, що робоче місце повинно бути розташовано в закритому приміщенні. Якщо люди працюють на відкритій місцевості, то запроваджується режим № 8, який

передбачає позмінну роботу особового складу формувань в умовах радіаційного зараження.

Для захисту населення у випадку ускладнення радіаційної обстановки на АЕС передбачені тимчасові норми (режим захисту), які наведені в таблиці 6.1 .

Таблиця 6.1 - Тимчасові режими захисту населення у випадку ускладнення обстановки на АЕС.

№ режиму	Сила експозиційної дози, Мр/год.	Режимні заходи по захисту населення
1	0,1÷0,3	Укриття дітей, герметизація приміщень, укриття та упаковка продуктів харчування. Обмеження перебування на відкритому повітрі дорослих. Обладнання санітарних бар'єрів на входах в квартири
2	0,3÷1,5	Заходи першого режиму, йодна профілактика дітей, обмежене перебування на вулицях всього населення. Обладнання санітарних бар'єрів на сходах у будинки
3	1,51÷15	Заходи попередніх режимів, йодна профілактика всього населення, часткова евакуація (дітей та вагітних жінок)
4	15,1÷100	Заходи 1, 2, 3 режимів. Евакуація всього населення, крім контингенту, задіяного в аварійно рятувальних роботах
5	Більше 100	Повна евакуація населення

У Законі України НР 15/98-ВР „Про захист людини від впливу іонізуючого випромінювання”, визначені заходи щодо укриття людей з тимчасової евакуації та йодної профілактики населення.

Заходи щодо укриття людей: якщо протягом перших десяти діб сукупна ефективна очікувана доза опромінення може перевищувати 5 мЗв (0,5 бер).

Тимчасова евакуація людей: якщо протягом тижня ефективна доза опромінення може досягти 50 мілізівертів (5 бер).

Йодна профілактика застосовується: якщо очікувана поглинута доза опромінення щитовидної залози від накопичення в ній радіоактивного йоду може перевищувати 50 мілігрей (5 рад) згідно з встановленими міністерством охорони здоров'я України нормами.

Рішення на введення режимів радіаційного захисту приймають:

- для населення — НЦО міста, району, сільської Ради, де проживає населення;
- для робітників та службовців — НЦО об'єкта.

Якщо на території населеного пункту або об'єкта різні рівні радіації, то режим вибирається за найбільшим рівнем. При наявності на об'єкті ЗС з різними $K_{\text{осл}}$. Режим захисту визначається за найменшим $K_{\text{осл}}$, або окремо для кожної захисної споруди.

При рівні радіації, коли захист не може бути забезпечений введенням режиму, проводиться евакуація. Рішення про евакуацію приймає старший начальник.

Висновок:

Таким чином, завчасне розроблення та впровадження режимів радіаційного захисту робітників та службовців об'єктів, а також населення зменшить або повністю виключить ураження людей.

Висновки

В кваліфікаційній роботі розроблено технологічний процес виготовлення печива, що ведеться у відповідності до затверджених технологічних інструкцій і згідно технологічної схеми поточної лінії.

Розроблено структурну схему системи керування, що забезпечує виконання таких функцій: індикацію поточних значень параметрів технологічного процесу; регулювання (стабілізацію) параметрів технологічного процесу; введення необхідних значень параметрів.

Система керування складається з блоку контролю, блоку реле, блоку електропневматичних перетворювачів, блоку живлення, пульта та клавіатури керування.

Збір, обробка і контроль інформації здійснюється блоком контролю в стані циклічного опитування термометрів опору, вимірників тиску і витрат, який потім перетворює значення опору чи сили струму контрольованих каналів виміру у відповідні значення числового коду. Циклічне опитування блоку керування є головним станом, в який він переходить автоматично при вмиканні та ініціалізації.

Перелік посилань

1. Будіщев М. С. Електротехніка, електроніка та мікропроцесорна техніка: Підручник. – Львів: Афіша, 2001. – 424 с.
2. Головка Д.Б., Рего К.Г., Скрипник Ю.О. Основи метрології та вимірювань. Навч. посібник. - К.: Либідь, 2001. - 408 с.
3. Драгілев А.І., Сезанаєв Я.М. Виробництво борошняних кондитерських виробів: Навчальний посібник. – К: ДеЛі Принт, 2000. – 448 с.
4. ДСТУ 15810-96. «Вироби кондитерські пряникові. Загальні технічні умови».
5. ДСТУ 46.004-99. Борошно пшеничне. Чинний від 2009-08-15. Вид. офіц. Київ : Київський інститут хлібопродуктів, 1999.
6. ДСТУ 4623:2023 Цукор. Технічні умови. 01.11.2023. Інститут продовольчих ресурсів Національної академії аграрних наук (ІПР НААН).
7. Diahovchenko I., Kolcun M., Čonka Z., Savkiv V., Mykhailyshyn R. Progress and challenges in smart grids: Distributed generation, smart metering, energy storage and smart loads. Iranian Journal of Science and Technology, Transactions of Electrical Engineering, 2020. Vol. 44. P. 1319-1333. <https://doi.org/10.1007/S40998-020-00322-8>.
8. Palamar A., Pettai E., Beldjajev V. Control System for a Diesel Generator and UPS Based Microgrid. Scientific Journal of Riga Technical University. Power and Electrical Engineering. 2010. Vol. 27. P. 47-52.
9. Vasylykivskyi I., Ishchenko V., Pohrebennyk V., Palamar M., Palamar A. System of water objects pollution monitoring. International Multidisciplinary Scientific GeoConference Surveying Geology and Mining

- Ecology Management (SGEM 2017), Vienna, Austria, November, 27–29, 2017. Vol. 17, No. 33. P. 355-362.
10. Wieclaw L.; Pasichnyk V.; Kunanets N.; Duda O.; Matsiuk O.; Falat P. Cloud computing technologies in “smart city” projects. In Proceedings of the 2017 9th IEEE International Conference on Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems: Technology and Applications (IDAACS). Bucharest: Romania, 21–23 September 2017. pp. 339–342.
 11. Yaskiv V. Using of High-Frequency Magnetic Amplifier in Switch Mode DC Power Supplies. Proceedings of the 35th Annual IEEE Power Electronic Specialists Conference (PESC’04), Aachen, 2004. P. 1658–1662.
 12. Development of Digital Platform to Identify and Monitor the Digital Business Transformation Index, Strutynska, I., Dmytrotsa, L., Kozbur, H., Dudkin, P., Dudkina, O., International Scientific and Technical Conference on Computer Sciences and Information Technologies, 2020, 2, pp. 171–175, 9322016
 13. Information technology to support the digital transformation of small and medium-sized businesses, Mosiy, L., Kozbur, H., Strutynska, I., Mosiy, O., Yatsyshyn, V. CEUR Workshop Proceedings, 2024, 3742, pp. 150–165
 14. Analysis of the SMEs' Digitalization State Using HIT Index and Machine Learning Technique, Strutynska, I., Kozbur, H., Dmytrotsa, L., Kozbur, I., Gashchyn, N., Proceedings - International Conference on Advanced Computer Information Technologies, ACIT, 2023, pp. 332–337
 15. Working-Out of Recommendation System to Increase the Digital Maturity Level of Enterprises, Strutynska, I., Dmytrotsa, L., Kozbur, H., Hlado, O., Sorokivska, O., 2020 IEEE International Conference on Problems of Infocommunications Science and Technology, PIC S and T 2020 - Proceedings, 2021, pp. 147–151, 9467978

16. The Unification of Approaches to Measuring the Digital Maturity of Business Structures (International and Domestic Approaches) / Strutynska, I., Dmytrotsa, L., Kozbur, H., Melnyk, L., Sherstiuk, R., CEUR Workshop Proceedings, 2021, 3013, pp. 10–23
17. Колонтаєвський Ю.П., Сосков А.Г. Промислова електроніка та мікросхемотехніка: теорія і практикум: Навч. посіб./за ред. А.Г.Соскова. – К.: Каравела, 2004.- 432с.
18. Маршалкін Г.А. Технологія кондитерських виробів – К.: «Харчова промисловість», 1998. – 448 с.
19. Миколаїв Б. А. Структурно-механічні властивості борошняного тіста. – К: «Харчова промисловість», 2006. – 247 с.
20. Нечаєв А. П., Кочеткова А. А., Зайцев А. Н. Харчові добавки. – К: Колос, 2001. – 256 с.
21. Поліщук Є.С., Дорожовець М.М., Яцук В.О. та ін. Метрологія та вимірювальна техніка. – Львів: Бескид Біт, 2003. - 544 с.
22. Автоматизація виробничих процесів : навч. посіб. / Проць Я. І., Савків В. Б., Шкодзінський О. К., Ляшук О. Л. Тернопіль : ТНТУ ім. І.Пуллюя, 2011. 344с.
23. Безпека в надзвичайних ситуаціях. Методичний посібник для здобувачів освітнього ступеня «магістр» всіх спеціальностей денної та заочної (дистанційної) форм навчання / укл.: Стручок В. С. Тернопіль: ФОП Паляниця В. А., 2022. 156 с.
24. Букетов А. В., Стухляк П. Д., Кальба Є. М. Фізико-хімічні процеси при формуванні епоксикомпозитних матеріалів. Тернопіль: Збруч, 2005. 182 с.
25. Драган Я.П., Яворський Б. І., Яворська Є. Б. Концепції і принципи побудови моделей для означення метрологічних характеристик ритміки кардіосигналів. Вісник нац. унів. “Львівська політехніка”: зб.

- наук. пр. Львів: Національний університет "Львівська політехніка", 2002. № 443. С. 200-205.
26. Коваль В. П., Івасечко Р. Р., Козак К. М. Енергетична ефективність систем позиціонування плоских сонячних панелей. Енергозбереження. Енергетика. Енергоаудит. 2015. № 3. С. 2-10.
27. Микитишин А. Г., Митник М. М., Стухляк П. Д. Телекомунікаційні системи та мережі. Тернопіль: Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2017. 384 с.
28. Микитишин А. Г., Митник М. М., Стухляк П. Д., Пасічник В. В. Комп'ютерні мережі. Книга 1 [навчальний посібник]. Львів : «Магнолія 2006», 2013. 256 с.
29. Микитишин А. Г., Митник М. М., Стухляк П. Д., Пасічник В. В. Комп'ютерні мережі. Книга 2. [навчальний посібник]. Львів : "Магнолія 2006", 2014. 312 с.
30. Паламар М. І., Стрембіцький М. О., Паламар А. М. Проектування комп'ютеризованих вимірювальних систем і комплексів : навч. посіб. Тернопіль : ТНТУ, 2019. 150 с.
31. Стухляк П.Д., Букетов А.В. Епоксикомпозитні матеріали, модифіковані ультрафіолетовим опроміненням. Тернопіль: Збруч, 2009. 237 с.
32. Ткачук Р., Яворський Б. Метод побудови біотехнічної системи для оцінювання електроретинограм з підвищеною вірогідністю та ефективністю. Вісник Тернопільського державного технічного університету. 2009. №3. С. 102-110.
33. Юзьків А. В., Яворський Б. І. Математичне моделювання електроретинографічних сигналів. Вісник ТДТУ. Тернопіль, 1997. № 2. С. 40-45.
34. Яворський Б. І. Математичні основи радіоелектроніки. Частина І. Тернопіль: ТПІ імені Івана Пулюя. 1996. 184 с.

35. Пилипець М. І. Правила заповнення основних форм технологічних документів : навч.-метод. посіб. / Уклад. Пилипець М. І., Ткаченко І. Г., Левкович М. Г., Васильків В. В., Радик Д. Л. Тернопіль : ТДТУ, 2009. 108 с. <https://elartu.tntu.edu.ua/handle/lib/42995>.
36. Методичні вказівки для написання розділу «Безпека життєдіяльності, основи охорони праці» в кваліфікаційних роботах здобувачів освітнього рівня „бакалавр”. Для студентів всіх форм навчання рівень вищої освіти перший (бакалаврський)/ укл.: О. Я. Гурик , І. Б. Окіпний. – Тернопіль: ТНТУ імені Івана Пулюя, 2021. - 20 с.
37. Платформа .NET та мова програмування C# 8.0: навчальний посібник / Коноваленко І.В., Марущак П.О. – Тернопіль: ФОП Паляниця В. А., 2020 – 320 с.
38. Проектування мікропроцесорних систем керування: навчальний посібник / І.Р. Козбур, П.О. Марущак, В.Р. Медвідь, В.Б. Савків, В.П. Пісьціо. – Тернопіль: Вид-во ТНТУ імені Івана Пулюя, 2022. – 324 с.
39. Медвідь В.Р., Проектування мікропроцесорних систем керування: навчальний посібник / І.Р. Козбур, В.Р. Медвідь, В.П. Пісьціо. – Тернопіль: Вид-во ТНТУ імені Івана Пулюя, 2015. – 354 с., ISBN 978-966-305-045-4, <http://elartu.tntu.edu.ua/handle/123456789/20504>.
40. Савків В.Б., Капаціла Ю.Б., Михайлишин Р.І. Методичні вказівки до виконання кваліфікаційної роботи бакалавра спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології». Тернопіль.: Видавництво ТНТУ. 2021. 50 с. <https://elartu.tntu.edu.ua/handle/lib/35172>
41. Основи наукових досліджень і теорія експерименту : Навчальний посібник для здобувачів освітнього ступеня «Магістр» спеціальності 174 «Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка» / укл. Ю. Б. Капаціла, П. О. Марущак, В. Б. Савків, О. П. Шовкун. Тернопіль : ФОП Паляниця В.А., 2023. 186 с.

42. Козбур І.Р., Методичні вказівки до виконання лабораторної роботи «Дослідження частотних характеристик неперервних лінійних систем», по курсу «Теорія автоматичного управління», для студентів 3 курсу спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» / Авт.: Козбур І.Р., Козбур Г.В. Марущак П.О., Савків В.Б. – Тернопіль: ТНТУ, ФПТ, каф. АВ, – 2022. – с. 16.
<https://elartu.tntu.edu.ua/handle/lib/39207>
43. Трембач Р.Б., Шовкун О.П. Методичні вказівки до виконання до виконання лабораторних робіт з дисципліни “Інформаційно – вимірювальні системи” Модуль І. «Вимірювальна техніка» – Тернопіль: ТНТУ., 2024. – 67 с.
44. Трембач Р.Б., Медвідь В.Р. Методичні вказівки до виконання до виконання лабораторних робіт з дисципліни “Електроніка і мікросхемотехніка” Модуль 3. «Імпульсна техніка, вторинні джерела живлення, основи цифрової електроніки» – Тернопіль: ТНТУ, 2024. – 26с.
45. Трембач Р.Б., Медвідь В.Р. Методичні вказівки до виконання до виконання лабораторних робіт з дисципліни “Електроніка і мікросхемотехніка” Модуль 4. «Мікросхемотехніка» – Тернопіль: ТНТУ, 2024. – 44с.
46. Розробка мікропроцесорної системи керування на основі мікропроцесорного комплекту КР580 та на основі ОМЕОМ К1816ВЕ51/ Методичні вказівки для виконання курсового роекту з дисципліни "Електроніка і мікропроцесорна техніка" //Медвідь В.Р, Пісьціо В.П., Микулик П.М. Тернопіль: ТНТУ - 2016. 108 с.
47. Козбур І.Р., Методичні вказівки до виконання лабораторної роботи «Дослідження часових характеристик неперервних лінійних систем»,

- по курсу «Теорія автоматичного управління», для студентів 3 курсу спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» / Авт.: Козбур І.Р., Козбур Г.В. Марущак П.О., Савків В.Б. – Тернопіль: ТНТУ, ФПТ, каф. АВ, – 2022. – 19 с. <https://elartu.tntu.edu.ua/handle/lib/39206>
48. Лабораторний практикум з проектування та моделювання роботи електропневматичних схем у середовищі програмного пакету «FluidSIM Pneumatics» з курсу «Технічні засоби автоматизації» / укл. : О.К. Шкодзінський. - Тернопіль : ТНТУ імені Івана Пулюя, 2020. - 32 с.<https://elartu.tntu.edu.ua/handle/lib/31418>
49. Автоматизація виробничих процесів. Навчальний посібник для технічних спеціальностей вищих навчальних закладів. / Я.І. Проць, В.Б. Савків, О.К. Шкодзінський, О.Л. Ляшук. Тернопіль: ТНТУ ім. І. Пулюя, 2011. 344 с.
50. Автоматизація виробничих процесів: Навчальний посібник / Я.Проць, О.Данилюк, В.Савків - ТДТУ. 2005. -264с.
51. Методичні вказівки з виконання курсової роботи з дисципліни «Основи наукових досліджень» для здобувачів освітнього ступеня «Магістр» спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» / укл. : П.О. Марущак , Ю.Б. Капаціла , Р.І. Михайлишин. - Тернопіль : ТНТУ імені Івана Пулюя, 2018. - 75 с. <https://elartu.tntu.edu.ua/handle/lib/26145>
52. Методичні вказівки по роботі з програмним симулятором "AVR simulator IDE" з курсу "Мікропроцесорні та програмні засоби автоматизації" / укл. : В.Р. Медвідь , В.П. Пісьціо. - Тернопіль : ТНТУ імені Івана Пулюя, 2020. - 21 с. [https://elartu.tntu.edu.ua/handle/lib/32136/.](https://elartu.tntu.edu.ua/handle/lib/32136/)

53. Методичні рекомендації для практичних занять з курсу «Засади провадження наукової діяльності» / укл. : Дмитрів Олена Романівна, Рогатинський Роман Михайлович. – Тернопіль : ТНТУ імені Івана Пулюя, 2024. – 112 с., <http://elartu.tntu.edu.ua/handle/lib/44669>.