

ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»
ФАКУЛЬТЕТ КОМП'ЮТЕРНО-ІНТЕГРОВАНИХ ТЕХНОЛОГІЙ,
МЕХАТРОНІКИ І РОБОТОТЕХНІКИ
(повне найменування інституту, назва факультету)

Кафедра метрології та інформаційно-вимірювальної техніки
(повна назва кафедри)

Пояснювальна записка

до кваліфікаційної роботи

бакалавра

(освітньо-кваліфікаційний рівень)

на тему: **КОМП'ЮТЕРИЗОВАНА ІНФОРМАЦІЙНО-
ВИМІРЮВАЛЬНА СИСТЕМА ДЛЯ КОНТРОЛЮ
ПРОЦЕСУ СУШКИ МАКАРОННИХ ВИРОБІВ**

Виконав: студент 4 курсу, групи МТ-3

зі спеціальності 151

«Метрологія та інформаційно-
вимірювальна техніка»

(шифр і назва напрямку підготовки, спеціальності)

Чечет Олександр Юрійович .

:

(прізвище та ініціали)

Керівник доцент кафедри М та ІВТ

кандидат технічних наук

Чепюк Ларіна Олексіївна

(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

Рецензент к.т.н., доцент, доцент кафедри
РЕА ім. проф. Б.Б. Самотокіна

Гуменюк А.А. _____

(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

м. Житомир – 2024 рік

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»
Факультет комп'ютерно-інтегрованих технологій, мехатроніки і
робототехніки

Кафедра метрології та інформаційно-вимірювальної техніки
Спеціальність 152 «Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри метрології та
інформаційно-вимірювальної техніки
д.т.н., професор Подчашинський Ю.О.

«_____» _____ 202_ р.

ЗАВДАННЯ

на кваліфікаційну роботу бакалавра

Чечет Олександр Юрійович

1. Тема роботи: Комп'ютеризована інформаційно-вимірювальна система для контролю процесу сушки макаронних виробів

Затверджена Наказом по університету від «18» квітня 202 р. № 129/с

2. Термін здачі закінченої роботи на кафедрі «28» червня 2024 р.

3. Вихідні дані до роботи:

Удосконалення системи вимірювання параметрів процесу сушки макаронних виробів шляхом комп'ютеризації та інтеграції додаткових датчиків.

Умови функціонування:

Режим роботи: безперервний

Діапазон значень температури: 20-100°C

Діапазон значень вологості: 0-100%

Похибка вимірювання температури: $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$

Похибка вимірювання вологості: $\pm 1\%$

Технічні вимоги:

Використання сучасних датчиків температури та вологості для точного контролю параметрів процесу.

Інтеграція датчиків з комп'ютеризованою системою збору і обробки даних.

Розробка програмного забезпечення для моніторингу та аналізу процесу сушки в режимі реального часу.

Забезпечення можливості налаштування і калібрування системи для різних видів макаронних виробів.

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які підлягають розробці):

- Провести аналіз процесу сушки макаронних виробів, принципів та методів контролю технологічних параметрів, діючої комп'ютеризованої системи

контролю, причин виникнення дефектів і можливостей покращення якості продукції.

- Дослідити сучасні пропозиції систем контролю температури та вологості у безперервному режимі для процесу сушки харчових продуктів.

- Оцінити можливості існуючих технологічних рішень для впровадження комп'ютеризованої інформаційно-вимірювальної системи в процес сушіння макаронних виробів.

- Розробити технічне завдання для створення інформаційно-вимірювальної системи, включаючи вибір датчиків, засобів збору даних та програмного забезпечення для моніторингу і управління процесом сушки.

- Здійснити підбір нових приладів і способів вимірювання для підвищення точності та ефективності контролю якості продукції.

- Розробити проект інтеграції нових приладів в існуючу виробничу лінію, включаючи схеми підключення та алгоритми взаємодії між елементами системи.

- Виконати моделювання роботи нової системи для оцінки її ефективності та стабільності в реальних умовах виробництва.

- Провести тестування розробленої системи в умовах реального виробництва, здійснити аналіз отриманих даних, ідентифікувати можливі проблеми та шляхи їх вирішення.

- Оцінити економічну ефективність впровадження комп'ютеризованої інформаційно-вимірювальної системи, включаючи аналіз витрат на обладнання, програмне забезпечення та потенційні вигоди від підвищення якості продукції.

- Розробити рекомендації для подальшого вдосконалення системи та її розширення для контролю інших процесів виробництва макаронних виробів.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним визначенням обов'язкових креслень): схема автоматизації ПРМ

6. Консультанти з кваліфікаційної роботи бакалавра із зазначенням розділів роботи, що їх стосуються

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв

7. Дата видачі завдання _____

Календарний план

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналіз процесу виробництва макаронних виробів	01.05.2024- 07.05.2024	
2	Вивчення принципів та методів контролю технологічних параметрів сушки макаронних виробів	08.05.2024- 14.05.2024	
3	Аналіз роботи діючих комп'ютеризованих систем контролю якості продукції	15.05.2024- 21.05.2024	
4	Дослідження сучасних систем контролю вологості та інших параметрів макаронних виробів у безперервному режимі	22.05.2024- 28.05.2024	
5	Визначення причин виникнення браку і можливостей покращення якості продукції	29.05.2024- 04.06.2024	
6	Підбір нових приладів і методів вимірювання для посилення контролю якості продукції, розробка і інтеграція їх у діючу систему контролю	05.06.2024- 15.06.2024	
7	Написання та оформлення кваліфікаційної роботи	22.06.2024	

Студент _____ Чечет О. Ю. _____
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник роботи _____ Чепюк Л. О. _____
(підпис) (прізвище та ініціали)

ЗМІСТ

Анотація	6
Реферат	7
Вступ.....	8
1. Технічне завдання	9
2. Аналіз технології сушіння продуктів харчування	10
2.1. Виробничий процес та значення контролю якості макаронних виробів.....	10
2.2. Технологічна схема виробництва макаронних виробів	15
2.3. Сушка макаронних виробів.....	17
3. Розробка структурної схеми системи.....	20
3.1 Розробка структурної схеми підсистеми керування	20
3.2. Створення системи автоматизованого контролю. Обладнання для сушіння макаронів моделі G1000-D2.....	23
3.3. Створення основної електричної схеми.	26
4. Елементна база системи	28
4.1. Програмований логічний контролер SIMATIC S 7-200.....	28
4.2. Датчик температури та вологості ПВТ100	39
4.3. Система автоматизації макаронного виробництва	42
5. Розробка алгоритму та програми роботи системи.....	46
6. Розрахунок похибок вимірювання (метрологічних характеристик).....	49
7. Оцінка показників надійності роботи системи.....	52
8. Безпека життєдіяльності та охорона праці.....	55
Висновки.....	58
Література.....	59
Додатки.....	61

					МММТ. 480.016.016 – ПЗ			
Вим	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Комп'ютеризована інформаційно-вимірювальна система для контролю процесу сушки макаронних виробів Пояснювальна записка	Лім.	Лист	Листів
Розроб.	Чечет О. Ю.							
Перевір.	Чепюк Л. О.						5	65
Реценз.						Державний університет «Житомирська політехніка», гр. МТ-3		
Н. Контр.	Чепюк Л. О.							
Затверд.	Подчашинський Ю.							

Анотація

У даній дипломній роботі була розроблена автоматизована система контролю для оптимізації процесу сушіння макаронних виробів. Виконано аналіз наявних технологій та обладнання, що застосовуються у процесі дегідратації макаронів, і досліджено властивості вологого повітря та макаронного тіста як об'єкта сушіння. Розроблено концептуальну модель та логіку роботи системи управління. Для здійснення моніторингу та керування процесом були вибрані відповідні датчики та обчислювальні пристрої, а також складено схематичне електричне з'єднання компонентів.

Annotation

In this thesis, an automated control system was developed to optimize the pasta drying process. An analysis of existing technologies and equipment used in the dehydration process of pasta was conducted, and the properties of moist air and pasta dough as the subject of drying were investigated. A conceptual model and the logic of the control system's operation were developed. Appropriate sensors and computational devices were selected for monitoring and managing the process, and a schematic electrical connection of the components was compiled.

					МММТ. 480.016.016-ПЗ	Арк.
						6
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Реферат

Дипломна робота зосереджена на створенні комп'ютеризованої інформаційно-вимірювальної системи для моніторингу процесу сушіння макаронних виробів. У ній розглядаються сучасні методи та обладнання, які застосовуються у цьому процесі, а також аналізуються фізичні властивості вологого повітря та матеріалу, що сушиться.

Технічне завдання описує вимоги та специфікації системи.

Аналіз технології сушіння продуктів харчування включає детальний огляд способів сушіння макаронних виробів, огляд сушарок, а також вивчення фізичних властивостей вологого повітря та вологого матеріалу.

Розробка структурної схеми системи містить опис камери для сушіння макаронних виробів, розробку структурної схеми та алгоритму роботи системи, а також визначення математичної моделі камери.

Елементна база системи охоплює вибір програмованого логічного контролера, датчиків температури та вологості, і розробку електричної принципової схеми.

					МММТ. 480.016.016-ПЗ	Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВСТУП

У сучасному світі автоматизація технологічних процесів є ключовим фактором підвищення ефективності виробництва. Особливо це стосується харчової промисловості, де точне дотримання технологічних параметрів, таких як температура і вологість, є вирішальним для забезпечення якості продукції. Сушіння макаронних виробів є одним з таких процесів, що вимагає ретельного контролю. Недостатньо контрольований процес сушіння може призвести до зниження якості продукту, збільшення відходів та зниження ефективності виробництва.

Ця дипломна робота присвячена розробці комп'ютеризованої інформаційно-вимірювальної системи, яка забезпечує автоматизований контроль за процесом сушіння макаронних виробів. Система розроблена з метою оптимізації процесу сушіння, забезпечення стабільності якості продукції та зниження витрат на виробництво.

У роботі розглядаються теоретичні аспекти сушіння макаронних виробів, аналізуються існуючі методи та обладнання, вивчаються фізичні властивості вологого повітря та матеріалу, що сушиться. Також представлено розробку структурної схеми системи, вибір елементної бази та розробку електричної принципової схеми з'єднань.

Завданням даної роботи є створення надійної та ефективної системи, яка б забезпечила автоматизацію контролю за процесом сушіння, зниження енергоспоживання та підвищення загальної продуктивності виробництва макаронних виробів. Застосування сучасних мікроконтролерів та датчиків дозволяє реалізувати систему, яка буде гнучкою, масштабованою та легко інтегрованою у виробничі процеси.

					МММТ. 480.016.016-ПЗ	Арк.
						8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1 ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

1.1. Підстава для розробки, призначення й область застосування

Підставою для розробки є завдання на дипломне проектування.

Система призначена для контролю та регулювання процесу сушіння макаронних виробів, забезпечуючи оптимальні умови для досягнення необхідної якості продукції. У даному дипломному проекті необхідно розробити комп'ютеризовану інформаційно-вимірювальну систему для контролю процесу сушки макаронних виробів.

Початок розробки – січень 2024 р.

Закінчення розробки – червень 2024 р.

1.2. Умови експлуатації

1.2.1. Температура навколишнього середовища від 10 до 35 °С.

1.2.2. Відносна вологість повітря до 80 % при температурі 25°С.

1.2.3. Атмосферний тиск від 650 до 800 мм рт. ст.

1.2.4. Напруга мережі живлення (220+22) В.

1.3. Технічні вимоги

1.3.1. Оперативний збір інформації про стан технологічного процесу сушіння.

1.3.2. Видачу керуючих впливів функціональним вузлам системи в цифровому вигляді.

1.3.3. Протоколювання в реальному часі параметрів технологічного процесу з наступною їх обробкою і перетворенням в зручну для сприйняття форму.

1.3.4. Діапазон температур агента сушки від 10 °С до 90 °С.

1.3.5. Точність вимірювання температури, % ±1.

1.3.6. Діапазон вимірювання вологості, % від 0 до 100.

1.3.7. Точність вимірювання вологості, % ±3.

1.3.8. Режим роботи – автоматичний.

					МММТ. 480.016.016-ПЗ	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2. АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЇ СУШІННЯ ПРОДУКТІВ ХАРЧУВАННЯ

2.1. Виробничий процес та значення контролю якості макаронних виробів

Кожен українець щорічно має споживати 4 кг макаронних виробів, згідно з базовими нормами, затвердженими Кабінетом Міністрів. Виробництво макаронних виробів починається з проведення лабораторних досліджень, які контролюють відповідність продукції якісним та безпечним показникам. Далі борошно підлягає переробці. Спеціалізованим автотранспортом борошно транспортується до виробничих бункерів, що виключає можливість змішування сировини з різними якісними характеристиками.



Рисунок 2.1. Борошновоз

Для високоякісного виробництва макаронних виробів використовують борошно з високим вмістом клейковини та білка. Ці параметри є надзвичайно важливими, оскільки від них залежить міцність, гладкість структури, колір макаронних виробів, а також вміст білків та вуглеводів. Після лабораторних випробувань якості борошна, воно потрапляє у бункери, де просіюється через систему сит. Потім борошно очищується від металоманітних домішок і проходить технологічний процес підігріву.

					МММТ. 480.016.016-ПЗ	Арк.
						10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рисунок 2.2. Борошно

Наступним етапом є використання тістомісильної машини (з тиском 80-120 атм), де змішуються вода та борошно. Для приготування високоякісного макаронного тіста використовують лише питну воду, яка проходить складний процес очищення і фільтрації. Тісто замішується у прес-камері протягом 20 хвилин, після чого транспортується до вакуумної камери. Там вакуумний насос відкачує повітря з тіста, щоб воно ущільнилося перед подальшим пресуванням у шнековій камері.



Рисунок 2.3. Тістомісильна камера-прес

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

МММТ. 480.016.016-ПЗ

Арк.

11

Завдяки глибокому вакуумуванню у тістовій камері та правильному процесу сушіння макаронні вироби не злипаються і зберігають привабливий натуральний запах, колір та форму. Після замісу тісто потрапляє у шнек-камеру пресу, де проходить через матрицю вагою до 120 кг, яка надає макаронам кінцеву форму. Для кожного виду макаронів потрібні різні матриці: ракушки, павутинка, ріжки, спіраль. Форма макаронних виробів повинна зберігатися на всіх наступних етапах виробництва. Далі відбувається підготовка відформованого напівфабрикату до сушіння. Ця обробка включає різання тіста, розкладку та обдування. Тісто ріжуть металевими ножами, які можуть обертатися з різною швидкістю залежно від виду продукту.



Рисунок 2.4. Матриця



Рисунок 2.5. Лінія для виробництва макарон

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

МММТ. 480.016.016-ПЗ

Арк.

12



Рисунок 2.6. Лінія попередньої сушки макаронів

Наступним етапом технологічного процесу є попередня підсушка, яка триває 3...5 хв. і за цей час макаронні вироби втрачають до 3 % вологи.



Рисунок 2.7. Транспортування макаронів у сушильну установку

Після підсушування макаронні вироби проходять основну сушку, яка триває 3-6 годин. Макаронна продукція проходить через кілька ярусів, а датчики контролюють відносну вологість і температуру на початку і в кінці процесу сушки. На виході з сушильної камери макарони дуже гарячі, тому їх необхідно охолодити. Для цього у холодильник подають холодну воду, і вироби охолоджуються повітрям. Після охолодження продукція за допомогою ковшового елеватора направляється до бункерів для стабілізації.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

МММТ. 480.016.016-ПЗ

Арк.

13



Рисунок 2.8. Транспортування макаронів у бункери

Потім висушені макаронні вироби транспортують у бункери-накопичувачі, яких на підприємстві є п'ять, кожен з них вміщує 3-3,5 тонни макаронів. З бункерів макарони переміщують на столи з решітчастим дном (своєрідним ситом) для подальшого сортування та пакування.



Рисунок 2.8. Сито для сортування макаронів

Упаковка є обов'язковим фінальним етапом виробництва макаронних виробів. Продукція розфасовується за допомогою двох сучасних автоматів, які пакують її у вагові категорії 0,4, 0,7, 1, 2 та 3 кг.



Рисунок 2.9. - Фасувальна машина

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

МММТ. 480.016.016-ПЗ

Арк.

14

Пакувальний автомат наносить дату на пачки з макаронами та запаює упаковку. Під час фасування та пакування контролюється дотримання маси пакувальних одиниць. Далі макарони пакують у поліпропіленові пакети по 10-12 кг або в мішки по 20 кг, залежно від замовлення. Запаковані макарони вантажать на піддони і перевозять на склад готової продукції, де відбувається їх відвантаження замовникам. На підприємстві головним завданням є виробництво та постачання продукту найвищої якості. Пріоритетним є український ринок, особливо Західний регіон України.

Планова потужність лінії з виготовлення макаронних виробів становить 1 600 кг/Г [17].

2.2. Технологічна схема виробництва макаронних виробів

Технологічне устаткування для виготовлення макаронних виробів на підприємстві можна розділити на наступні технологічні групи:

- 1 – устаткування для підготовки муки до виробництва;
- 2 – устаткування для виготовлення сирих виробів;
- 3 – устаткування для оброблення сирих виробів;
- 4 – сушильне устаткування;
- 5 – устаткування для накопичення і стабілізації висушених виробів;
- 6 – фасувальне устаткування;
- 7 – устаткування складів готової продукції.

На сучасних макаронних підприємствах експлуатується наступне основне технологічне устаткування:

- Шнекові преси;
- Катучі столи для укладання і різання макаронів в лоткових касетах;
- Розкладальна-різальні машини для макаронних виробів;
- Механізми для різання коротких макаронних виробів;
- Шафові безкалориферні сушарки і сушарки безперервної дії і для сушки макаронних виробів в лоткових касетах;

					МММТ. 480.016.016-ПЗ	Арк.
						15
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- Автоматичні поточкові лінії для виробництва довгих і коротких макаронних виробів;
- Фасувальні автомати і напівавтомати.

Технологічна схеми виробництва

Основні технологічні схеми виробництва наведена на рис. 2.10.

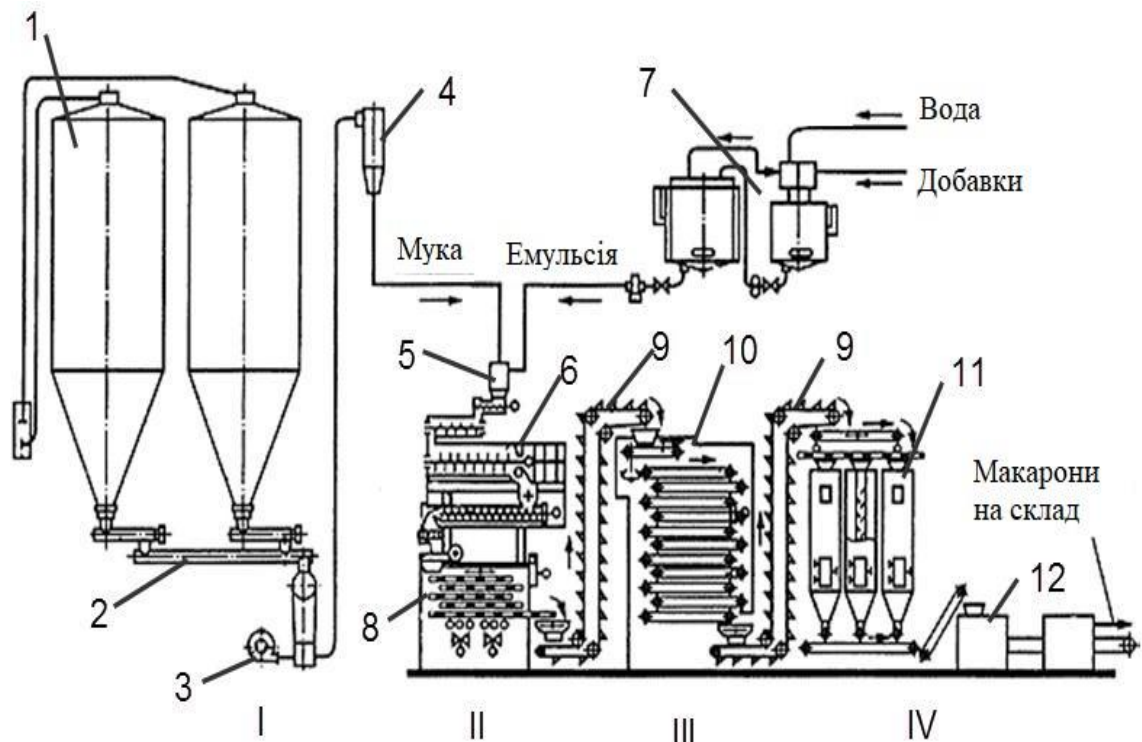


Рисунок 2.10. Технологічна схема виробництва макаронних виробів

- | | | |
|--------------------------------------|--|----------------------|
| 1 – бункерні силоси; | 2 – шнековий конвеєр; | 3 – вакуумний насос; |
| 4 – бункер - накопичувач; | 5 – дозатор муки і води; | 6 – прес; |
| 7 – пункт підготовки води і добавок; | 8 – пристрій попередньої сушки макаронних виробів; | |
| 9 – елеватор; | 10 – сушарка; | |
| 11 – накопичувач - охолоджувач; | 12 – фасовка; | |
| I, II, III, IV - етапи виробництва | | |

Наведена технологічна схема виробництва макаронних виробів дозволяє представити послідовність процесів виробництва макаронних виробів (4 етапи):

I. мука з борошняних силосів шнеком, через просіювач, подається в дозатор преса, куди також поступають вода і добавки (яйце);

II. приготування тесту, пресування і обдування здійснюється на пресі (шнековому);

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

МММТ. 480.016.016-ПЗ

Арк.

16

III. після випресовки, макаронні вироби відрізуються різальним апаратом і через катучі столи і розкладальники, подаються в сушильні камери;

IV. після сушки вироби поступають в охолоджувачі - накопичувачі і далі на розфасовувальні автомати, в склад і реалізацію.

Виробництво будь-якого виду макаронних виробів завжди включає в себе перераховані вище етапи, але вид продукції, що випускається, а також наявність того чи іншого обладнання на підприємстві визначають конкретну технологічну схему виробництва цих виробів [13].

2.3. Сушка макаронних виробів

Сушка макаронних виробів є найтривалішим і найвідповідальнішим етапом у процесі їх виробництва, від якого значною мірою залежить якість готової продукції. Процес сушіння проводиться у два етапи: попередня швидка сушка, під час якої інтенсивно видаляється волога з сирих виробів до рівня близько 20% вологи, поки вони ще зберігають властивості пластичного матеріалу, та заключний етап повільного сушіння, під час якого волога видаляється з виробів, що набули властивостей пружного матеріалу. [13].

Промисловий процес сушіння макаронних виробів ґрунтується на теорії взаємодії вологи з матеріалом, специфічною для колоїдних капілярно-пористих тіл. Україна, не дивлячись на значну кількість сучасних виробничих ліній, переважно імпорتنих, також веде наукові дослідження, спрямовані на вдосконалення технологій сушіння і зберігання макаронних виробів з використанням вітчизняної сировини.

Останні роки характеризуються практично відсутністю інформації про дослідження з розробки технологічних режимів і рекомендацій щодо сушильного обладнання для малих і середніх макаронних підприємств. Сушка формованих макаронних виробів є завершальним процесом виробництва, який має значний вплив на якість продукції. Цей процес відбувається у спеціальних сушарках, де використовуються конвективний або радіаційноконвекційний методи для нагрівання.

					МММТ. 480.016.016-ПЗ	Арк.
						17
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Конвекційний метод передбачає використання сушильного агента, нагрітого до потрібної температури, який безпосередньо контактує з висушеним продуктом. Променева конвекційна сушка є поєднанням радіаційної сушки з інфрачервоними променями, які передають тепло від джерела енергії, зокрема на етапі попередньої сушки, і конвекційної сушки, яка застосовується на завершальному етапі сушіння макаронних виробів.

Для випромінювання тепла в променевої сушці використовуються нагріті випромінювачі, що досягають досить високих температур: темні до приблизно 720-920 °C і світлі до приблизно 1 900-2 200 °C.

Установка для сушіння макаронних виробів складається з камери для відведення вологи з продукту, нагрівача для підігріву сушильного повітря і системи припливно-витяжної вентиляції для циркуляції нагрітого і відкачуваного повітря. Нагрівач може розташовуватися як всередині, так і зовні сушильної камери. Залежно від методу нагріву теплоносія використовуються нагрівачі з електричним, водяним або паровим опаленням.

В сушильних установках, залежно від температур сушильного агенту застосовують режими сушіння: низькотемпературний (НТ), середньотемпературний (СТ), високотемпературний (ВТ) і надвисокотемпературний (НВТ).

Сушильні агрегати для макаронних виробів класифікуються за конструкцією на барабанні, шафові і конвеєрні, а за принципом роботи на конвеєрні безперервної і періодичної дії (шафи). Різноманітні макаронні сушарки відрізняються за методом розміщення матеріалу всередині камери (рами, касети, батуні, контейнери, секції) або за допомогою рухомих пристроїв.

На рис. 2.11. наведено класифікацію моделей сушарок і способів сушіння макаронних виробів.

					МММТ. 480.016.016-ПЗ	Арк.
						18
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

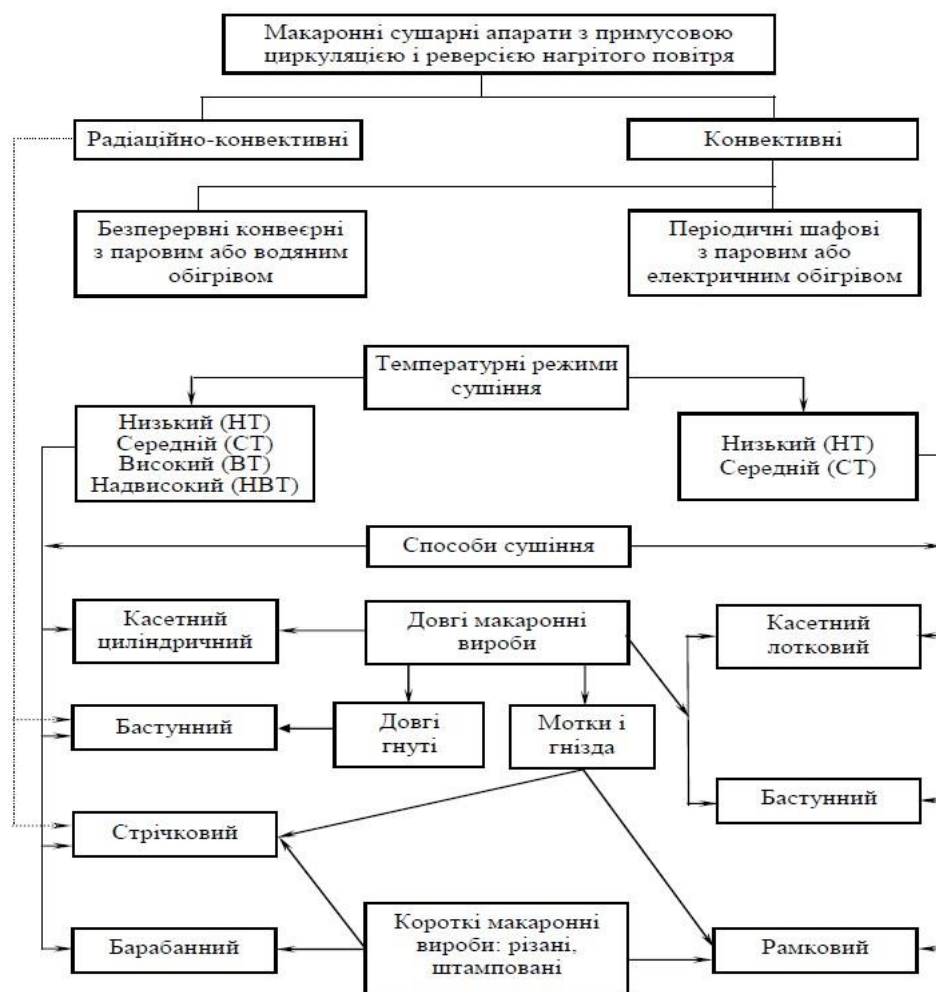


Рисунок 2.11. Класифікація конструкцій сушарок, способів сушіння і температурних режимів при сушінні макаронних виробів

Метою наукових досліджень є зменшення енерговитрат і скорочення часу сушіння макаронних виробів шляхом вдосконалення конструкції сушильного обладнання і впровадження ефективних технологій сушіння.

3. РОЗРОБКА СТРУКТУРНОЇ СХЕМИ СИСТЕМИ

3.1 Розробка структурної схеми підсистеми керування

У кваліфікаційній роботі бакалавра об'єктом керування була обрана безперервна сушарка макаронних виробів G1000-D2 з автоматизованої лінії TF GROUP – PASTA G1000, яка призначена для сушіння широкого асортименту макаронних виробів (вермішель, павутинка, ріжки, спіралі, труби, черепашки та багато інших).

Макаронні вироби з вологістю 20...28 % поступають по ланцюговому конвеєру у верхню зону сушки сушарки. Далі вологі вироби по системі пересипних стрічкових конвеєрів просуваються вздовж всієї зони сушки у нижню її частину, а далі з нижньої частини зони вже сушки висушені з вологістю 5...8 % макаронні вироби по похилому ланцюговому конвеєру транспортуються з сушарки.

Ланцюговий і стрічковий конвеєрний пристрій оснащеного одним спільним редуктором, швидкість обертів якого залежить від електродвигуна, який керується інверторним перетворювачем частоти. Час просування макаронних виробів по зоні сушки становить 3...6 год.

Регульовані по потужності групи електронагріву з ТЕН забезпечують необхідну температурі сушіння 40...95 °С, яка залежить від часу сушіння та визначеного показника техпроцесу.

Групи повітрообміну забезпечує подачу свіжого холодного повітря у сушарку та виведення гарячого вологого повітря з сушарки. Система впускних і випускних трубопроводів має пропорційні вентилятори подачі свіжого повітря і видалення гарячого вологого повітря.

Система керування має наступні номінальні показники для вхідних сигналів:

-температура повітря на вході:	аналоговий; 5...45 °С;
-температура повітря на виході	аналоговий; 40...95 °С;
-вологість виробів на вході:	20...28 %;
-вологість виробів на виході:	5...8 %;

					МММТ. 480.016.016-ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		20

Система керування має наступні номінальні параметри для виконавчих пристроїв:

- привод конвеєрів: пропорційний; 8,6 кВт (380 В);
- вентилятори подачі повітря: пропорційний; 2,5 кВт (380В);
- вентилятори видалення повітря: пропорційний; 2,5 кВт (380 В);
- ТЕН: пропорційний; 45 кВт (380 В).

Основними каналами керування є канали:

- «швидкість конвеєра – вологість макаронних виробів»;
- «потужність нагрівача – вологість макаронних виробів»;
- «продуктивність подачі повітря – вологість макаронних виробів»;
- «продуктивність видалення повітря – вологість макаронних виробів»;

Основними збурючими факторами є:

- коливання напруги;
- початкова вологість макаронних виробів.

Вибір пристроїв автоматизації для побудови системи керування необхідно робити на основі серійних засобів автоматизації. Якщо є можливість, то необхідно вибирати з пристроїв, вироблених в Україні, або які вже поставляються в Україну.

Вибір приладів буде проводитися відповідно до необхідного діапазону показників сигналів та умов експлуатації.

Пропонується створити нову систему управління камерою G1000-D2 для забезпечення точності і надійності управління процесом сушіння макаронних виробів. Таким вимогам відповідає система управління на основі програмованого логічного контролера ПЛК.

В процесі сушіння необхідно вимірювати температуру повітря в середині камери, вологість повітря в середині камери, температура повітря на вході в камеру і температуру на виході з продукту.

Для правильної роботи необхідно контролювати роботу обладнання камери і сповіщувати про виникнення аварійних режимів:

					МММТ. 480.016.016-ПЗ	Арк.
						21
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1. Несправності двигуна вентиляторів.

2. Не закриття дверей камери.

Структурна схема автоматизованої системи управління камери для сушіння макаронних виробів G1000-D2 основі програмованого логічного контролера наведена на рис. 3.4.

В системі використовується наступні датчики:

Аналогові:

- Температура повітря в середині камери.
- Вологість повітря в середині камери.
- Температура повітря на вході.
- Температура повітря на виході.

Дискретні:

- Реле обриву фаз.
- Аварія вентилятора реверсивного 1.
- Аварія вентилятора реверсивного 2.
- Аварія вентилятора каналного.
- Закриття дверей.

В системі використовується виконавчі механізми:

- Вентилятор реверсивний 1.
- Вентилятор реверсивний 2.
- Вентилятор каналний.
- Електронагрівач 1.
- Електронагрівач 2.
- Електронагрівач 3.

					МММТ. 480.016.016-ПЗ	Арк.
						22
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рис. 3.4. Структурна схема автоматизованої системи управління камери для сушіння макаронних виробів G1000-D2 (Додаток Б)

У пункті 3.1 розглянуто безперервну сушарку макаронних виробів G1000-D2 з автоматизованої лінії TF GROUP – PASTA G1000. Описано технологічний процес сушіння макаронних виробів та запропоновано нову систему управління на основі програмованого логічного контролера (ПЛК) для забезпечення точності і надійності. Розглянуто основні параметри, що потребують контролю, та збудуючі фактори. Запропонована система включає використання різних датчиків і виконавчих механізмів, що сприятиме підвищенню якості та продуктивності виробництва макаронних виробів.

3.2. Створення системи автоматизованого контролю. Обладнання для сушіння макаронів моделі G1000-D2.

Виходячи з вимог до підсистеми керування, безперервна сушарка макаронних виробів G1000-D2 розроблена функціональна схема автоматизації, яка наведена на рис. 3.5.

У якості пристрою керування технологічним процесом використовується програмований логічний контролер (UY 9) – SIMATIC S7-200. Програмований логічний контролер в складі підсистеми керування підключено до АСУ ТП, за

що відповідає контролер більш високого рівня (UY 10), зв'язок між ними реалізовано за допомогою інтерфейсу RS-485.

Температура повітря на вході сушарки вимірюється за допомогою датчика температури та вологості, встановленого на паропроводі (ТЕ 1-1 – ПВТ100), виміряне значення за допомогою вбудованого до датчика перетворювача (ТТ 1-2 – ПВТ100) трансформується в стандартний сигнал 4...20 мА.

Температура повітря на виході сушарки вимірюється за допомогою датчика температури та вологості, встановленого на паропроводі (ТЕ 2-1 – ПВТ100), виміряне значення за допомогою вбудованого до датчика перетворювача (ТТ 2-2 – ПВТ100) трансформується в стандартний сигнал 4...20 мА.

Вологість макаронних виробів на вході сушарки вимірюється за допомогою датчика тиску, встановленого на паропроводі (МЕ 3-1 – PCE Instruments PCE-MWM 240), виміряне значення за допомогою вбудованого до датчика перетворювача (МТ 3-2 – PCE Instruments PCE-MWM 240) трансформується в стандартний сигнал 4...20 мА.

Вологість макаронних виробів на виході сушарки вимірюється за допомогою датчика тиску, встановленого на паропроводі (МЕ 4-1 – PCE Instruments PCE-MWM 240), виміряне значення за допомогою вбудованого до датчика перетворювача (МТ 4-2 – PCE Instruments PCE-MWM 240) трансформується в стандартний сигнал 4...20 мА. [15].

					МММТ. 480.016.016-ПЗ	Арк.
						24
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

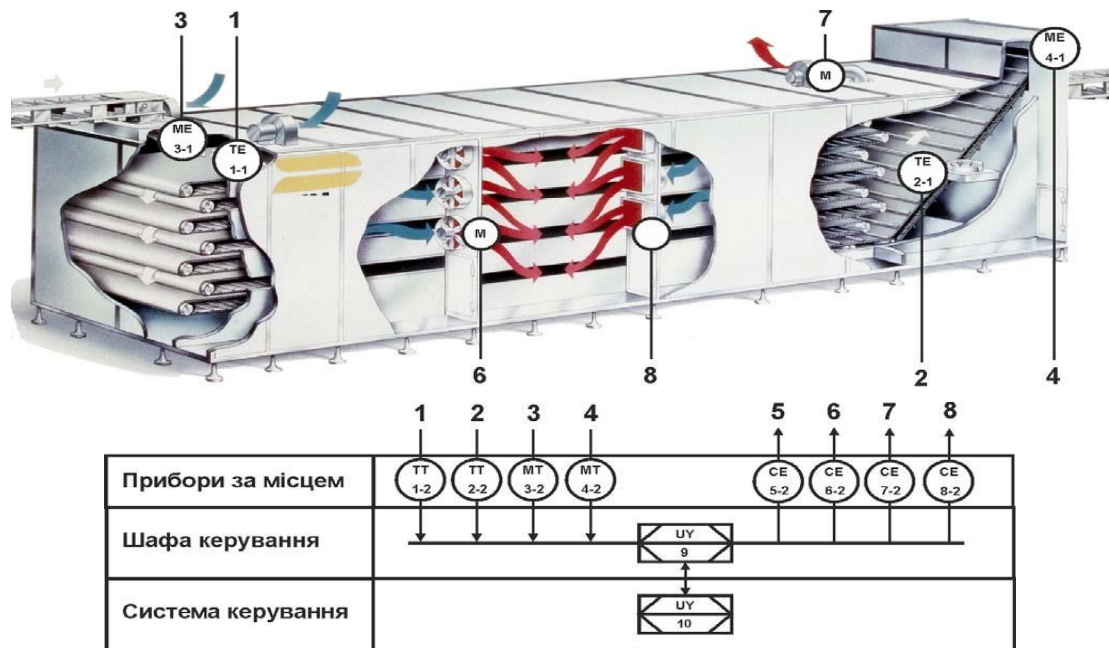


Рисунок 3.5. Функціональна схема автоматизації системи керування безперервною сушаркою макаронних виробів G1000-D2

Регулювання швидкості приводу конвеєрів здійснюється частотним перетворювачем по каналу керування 4...20 мА (СЕ 5-2 – Altivar Process ATV930D22N4).

Регулювання продуктивності вентиляторів подачі повітря здійснюється частотним перетворювачем по каналу керування 4...20 мА (СЕ 6-2 – Altivar Process ATV930D55N4).

Регулювання продуктивності вентиляторів видалення повітря здійснюється частотним перетворювачем по каналу керування 4...20 мА (СЕ 7-2 – Altivar Process ATV930D55N4).

Регулювання потужності ТЕН здійснюється тиристорним промисловим джерелом живлення по каналу керування 4...20 мА (СЕ 8-2 – Autonics DPU 33C075R).

На підставі отриманих первинних значень з відповідних датчиків програмований логічний контролер (UY 9 – SIMATIC S7-200) за допомогою виконавчих пристроїв формує керуючі впливи по підтримці заданого режиму роботи сушарки макаронних виробів G1000-D2 [15].

3.3. Створення основної електричної схеми.

На основі функціональної схеми автоматизації та обраного апаратного забезпечення розроблена схема електрична принципова системи керування сушаркою макаронних виробів G1000-D2 (рис. 3.6.).

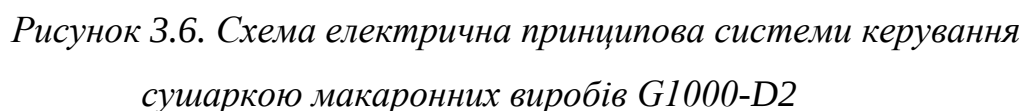
У системі керування використовуються два блока живлення. Блок живлення Carlo Gavazzi SPD24301 (G1) підключено до програмованого логічного контролера SIMATIC S7-200 (A1). Блок живлення Carlo Gavazzi SPD24301 (G2) підключено до модуля аналогового вводу SIMATIC S7-200 (A1 – X3), модуля аналогового виводу SIMATIC S7-200 (A1 – X4), усіх чотирьох аналогових датчиків (BK1...BK4) та усіх чотирьох виконавчих пристроїв (YA1...YA4).

Усі чотири аналогових датчики мають уніфікований сигнал 4...20 мА, таким чином ці датчики підключені до модуля аналогового вводу SIMATIC S7-200 (A1 – X3) до каналів 0...3.

Регулювання швидкості приводу конвеєрів здійснюється по каналу керування 4...20 мА, який підключено до модуля аналогового виводу SIMATIC S7-200 (A1 – X4) до каналу 0.

Регулювання продуктивності вентиляторів подачі повітря здійснюється по каналу керування 4...20 мА, який підключено до модуля аналогового виводу SIMATIC S7-200 (A1 – X4) до каналу 1 [15].

					МММТ. 480.016.016-ПЗ	Арк.
						26
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Регулювання потужності ТЕН здійснюється по каналу керування 4...20 мА, який підключено до підключені до модуля аналогового виводу SIMATIC S7-200 (A1 – X4) до каналу 3.

Зв'язок між програмованим логічним контролером SIMATIC S7-200 (A1) та АСК ТП верхнього рівня (A2) реалізовано за допомогою інтерфейсу RS-485 [15].

4. ЕЛЕМЕНТНА БАЗА СИСТЕМИ

4.1. Програмований логічний контролер SIMATIC S 7-200

Для контролю і регулювання температури в пекарних камерах печі, автоматизації розпалу і контролю безпеки рекомендується використовувати програмований контролер.

Програмований контролер (ПЛК) — це пристрій, призначений для автоматизації найпоширеніших комбінаторних і послідовних процесів у промисловості, тому він становить інтерес майже для будь-якої ситуації автоматизації. Це постійно діючі пристрої, що забезпечують цифрову обробку даних у режимі реального часу. ПЛК поєднують пристрої введення/виведення (I/O) і центральний процесор (CPU) [7].

На малюнку 3.1 показано основні компоненти ПЛК. Перевіряє стан об'єктів контролю (групи об'єктів) шляхом зчитування сигналів датчиків, підключених до його виходів; Він виконує програму користувача, що зберігається в центральному процесорі, і діє на об'єкт керування, посылаючи керуючі сигнали на виходи, до яких підключені пристрої виконання [8].

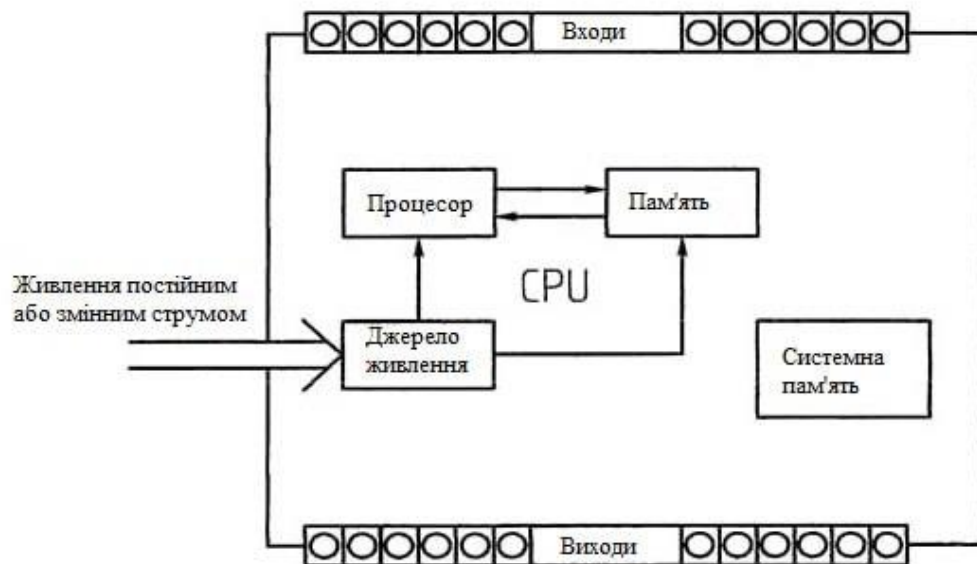


Рисунок 4.1 - Основні компоненти ПЛК

Вибір мікроконтролера

Програмований логічний контролер SIMATIC S 7-200 є ідеальним інструментом для створення високоефективних систем автоматичного керування з мінімальними витратами на апаратне забезпечення та розробку системи. Контролери можуть працювати в режимі реального часу і можуть використовуватися для створення розподілених систем введення-виведення як з локальними вузлами автоматизації, так і з обміном даними через мережу інтерфейсу PPI або MPI, інтерфейсу PROFD 3 US - DP або AS [8].

Сімейство SIMATIC S 7-200 поєднує в своєму складі:	• 4 типи центральних процесорів, що відрізняються об'ємом пам'яті, кількістю вбудованих входів/виходів, набором вбудованих функцій і можливостями розширення системи.
	• Широкий асортимент модулів введення/виведення для дискретних і аналогових сигналів.
	• AS і мережі PROFIBUS - DP (тільки підлеглий).

Усі контролери, модулі введення/виведення та комунікаційні модулі доступні в міцних пластикових корпусах. Всі модулі можуть бути встановлені на стандартну рейку 35 мм або на рівну поверхню. З'єднання між модулями здійснюється за допомогою плоских кабелів.

Усі центральні процесори оснащені вбудованим блоком живлення 24 В постійного струму.

Вибір типу ЦП CPU 222 для нашої системи .

Цей центральний процесор призначений для створення відносно простих автоматизованих систем управління, що працюють автономно або в складі розподілених автоматизованих систем управління. Оснащений 8

внутрішніми цифровими входами і 6 цифровими виходами. Дозволяє підключати до 2 модулів розширення вводу/виводу.

Програмовані контролери SIMATIC S 7-200 призначені для створення систем автоматичного контролю і регулювання як окремих машин, так і окремих ділянок виробничого процесу.

Контролери використовуються для управління:

- 1) преси;
- 2) пластифікатор і цементозмішувачі;
- 3) насосно-вентиляторні;
- 4) деревообробне обладнання;
- 5) двері та ворота;
- 6) гідравлічні підйомники;
- 7) конвеєри;
- 8) обладнання харчової промисловості;
- 9) лабораторне обладнання;
- 10) обмін даними через модем;
- 11) електрообладнання та апаратура;

Можна створити ефективні контролери, що відрізняються вартістю SIMATIC . S 7-200 дозволяє вирішувати найрізноманітніші завдання.

завдання

управління. Від заміни простих контактних схем реле до створення автономних систем управління або створення розумних пристроїв розподілених систем введення-виведення. Програмовані контролери S 7-200 застосовуються там, де основною вимогою до системи керування є низька вартість.

Технічні дані CPU 222 :

- 1) Внутрішнє джерело живлення = 24 В/180 мА живить датчики та перетворювачі.
- 2) 2 версії, що відрізняються напругою живлення та типом виходу.

					МММТ. 480.016.016-ПЗ	Арк.
						30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3) 8 внутрішніх цифрових входів і 6 цифрових виходів.

1 комунікаційний порт (RS 485):

- інтерфейс PPI, - для програмування контролера, підключення пристроїв інтерфейсу людина-машина.

інтерфейс MPI, - для програмування контролера та підключення до головних пристроїв MPI (S 7-300/ S 7-400, панелі оператора, текстові дисплеї, клавіатури) .

6) Переривання входів із надзвичайно швидкою реакцією на зовнішні події.

7) 4 високошвидкісних лічильника (30 кГц) з налаштованими входами ввімкнення та скидання, 2 незалежних входу для підключення інкрементних кодерів із двома імпульсними послідовностями, зміщеними на 90° (20 кГц).

8) Симулятор вхідного сигналу (додатково), який дозволяє імітувати вхідні сигнали контролера за допомогою перемикачів і налагоджувати програму.

9) 1 потенціометр, підключений до АЦП контролера, дозволяє регулювати цифрові параметри. Наприклад, налаштування лічильників або таймерів.

10) 2 імпульсних виходи (до 20 кГц) використовуються для керування кроковим двигуном. Двигуни повинні бути підключені до відповідних підсилювачів.

11) Управління часом транзакцій, часові позначки повідомлень тощо. Знімний додатковий модуль годинника реального часу, який використовується для

12) Знімний додатковий EEPROM - модуль пам'яті, який використовується для швидкого програмування контролера (встановлення програмованого модуля пам'яті) і архівації даних.

					МММТ. 480.016.016-ПЗ	Арк.
						31
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

13) Знімний додатковий акумуляторний модуль, який дозволяє зберігати дані (стани прапорців, таймерів і лічильників) при відключенні електроенергії протягом 200 днів. Без цього модуля дані в пам'яті контролера можуть зберігатися лише 5 днів. Для збереження програми не потрібен акумуляторний модуль.

14) Комплексний набір інструкцій; велика кількість: - Базових операцій: логічні команди, вказівки на результат, збереження, керування таймерами та лічильниками, завантаження, перенесення, порівняння, операції зсуву, створення доповнень, виклик підпрограм (з передачею локальних змінних).

(NETR) і запис (NETW) інформації в мережу, підтримка вільно програмованого порту (XMT Forward, Receive).

- Функції розширеного набору інструкцій: інструкції для керування широтно-імпульсною модуляцією, генераторами імпульсів, арифметичними операціями та операціями з плаваючою комою, ПД-регуляторами, функціями проходу та циклу, транскодуванням тощо.

15) Лічильники: корисний набір функцій у поєднанні з вбудованими високошвидкісними лічильниками значно розширює можливий діапазон застосування контролера.

16) Обробка переривання:

- Використання апаратних входів переривань, які визначають появу імпульсних сигналів (по наростаючому або спадаючому фронту) і дозволяють значно скоротити час реакції контролера на входні запити.

- Тимчасові переривання з частотою повторення, що регулюється з кроком 1 мс в діапазоні від 1 до 255 мс.

- Переривання від лічильників: можуть генеруватися в моменти досягнення заданого значення або зміни напрямку рахунку.

- Переривання зв'язку: забезпечує покращений зв'язок із периферійним обладнанням, таким як принтери або сканери штрих-кодів.

					МММТ. 480.016.016-ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		32

17) Прямий запит входів і контроль виходів: входи та виходи

Перевірка статусу виходу може виконуватися незалежно від циклу виконання програми. Це зменшує час відповіді на переривання та час, необхідний для генерації відповідних вихідних сигналів.

18) Захист паролем: трирівневий захист паролем для доступу до програми користувача. Концепція захисту паролем заснована на використанні наступних варіантів доступу до програми:

- Повний доступ: програму можна змінювати за бажанням.
- Тільки для читання: модифікація програми заборонена, тестування, зміна налаштувань параметрів, копіювання програми дозволено.

Повний захист: програму неможливо прочитати, скопіювати, змінити. Ви можете змінити налаштування.

19) Функції тестування та діагностики: готову програму можна запускати певну кількість циклів (до 124), аналізувати результати виконання; Допускається зміна станів прапорців, лічильників і таймерів.

20) Форсування вхідних і вихідних значень під час діагностики та налагодження: цикли виконання програми можуть відбуватися при заданих значеннях вхідного та вихідного сигналу для цілей налагодження.

- Модифікації контролера Simatic показані в S 7-200 CPU 222, таблиця 4.1 [8].

Таблиця 4.1. Модифікація процесора CPU222

змінити	6ES7211-0AA21-0XB0	6ES7211-0BA21-0XB0
Тип виведення	виходи постійного струму	релейні виходи
Напруга живлення	24В, постійна	85... 264 В змінного струму
Вхідна напруга	24В, постійна	24В, постійна
Вихідна напруга	24В, постійна	24В, постійна 24... 230В, змінна
Вихідний струм	0,75 транзистора	2 А, реле

Ми обрали модифікацію 6 ES 7211-0VA21-0XV0 з релейними виходами, оскільки виконавчими пристроями в проектованій системі є електромагнітні клапани .

Підбір елементів для створення системи інтерфейсу людина-машина TD 200 для створення систем інтерфейсу людина-машина для програмованих контролерів S 7-200 .

Текстовий дисплей TD 200 є найзручнішим способом створення інтерфейсу оператора за допомогою програмованого контролера SIMATIC S 7-200. Додаткове програмне забезпечення для цих цілей не потрібно.

TD 200 виконує наступні функції:

- Виведення текстових повідомлень: до 80 текстових повідомлень до 4 варіантів, підтримка кирилиці. Переглядайте повідомлення з підтвердженням отримання або повідомлення, захищені паролем.
- Перегляд і зміна поточних параметрів: поточні значення параметрів процесу можна переглянути на екрані та змінити за допомогою клавіш. Наприклад, контрольована температура, швидкість тощо. задані значення можна змінювати.
- Налаштування стану входів і виходів за допомогою 8 (їх можна програмувати): можна використовувати для введення в експлуатацію, а також для виконання операцій ручного керування.

Використовуйте різні блоки даних для підключення 200 текстових дисплеїв до одного ЦП, використовуйте захист паролем для доступу до меню, використовуйте різні типи змінних.

ТД 200 приведено в таблиці 4.2 [8].

Таблиця 4.2. ТД 200

переглянути	LCD з вбудованим світлодіодом з підсвічуванням, 2 рядки по 20 символів (ASCII, кирилиця), висота символу 5 мм
Інтерфейс	1 інтерфейс PPI (RS 485); підключення до мережі, Об'єднати до 126 станцій (S7-200, OP, TP, TVR, PG/PC); швидкість передачі даних 9,6/ 19,2/187,5 Кбіт/с
Харчування	=24В/120мА. Від інтерфейсу зв'язку S7-200 або від зовнішнього джерела живлення. Блок живлення датчика, вбудований в центральний процесор, для цього не використовується.
Діапазон робочих температур	0...60°C
Ступінь захисту	IP 65/передня панель; IP 20/ решта тіла

Вибір модулів розширення

Неможливо безпосередньо підключити термoeлектронні датчики до програмованого контролера, оскільки він має лише дискретні входи. Для цього потрібен модуль ЕМ 231, який призначений для підключення термопар до процесорів 222/224/226 і забезпечує точне вимірювання стандартних сигналів термопар. Крім того, модуль може вимірювати сигнали напруги ± 80 мВ.

Модуль ЕМ 231 має такі переваги: а) правильна обробка сигналів термопар з високою точністю; б) Можливість підключення 7 різних типів термопар; в) Можливість вимірювання сигналів напруги ± 80 мВ; г) легке підключення до існуючих систем. Він має такі ж конструктивні особливості, як і модулі S 7-22 x [8]:

Технічні дані термоелементного модуля ЕМ 231 наведені в таблиці 4.3.

Таблиця 4.3. Технічні дані модуля ЕМ 231

підключення	Процесор 222/224/226
Знімні клемники	НІ
кількість записів	4, аналог
Межі вимірювання / вхідний опір	Типи термопар: S , T, R , E, N , K, J / Понад 1 МОм Напруга ± 80 мВ / 1 МОм
Максимально допустима напруга на входах вимірювання напруги	дзвінок, постійний
Гальванічне розділення кіл	Істи
1-й рівень поля - логічні схеми	500 В змінного струму
2 рівень поля - ланцюги 24В, фікс	500 В змінного струму
Схеми 24В (постійні) - логічні схеми	500 В змінного струму
Час оновлення інформації	405 мс (для всіх каналів)
Принцип перетворення	Сигма дельта
Дозвіл.	15 біт + знаковий біт
відповідно до температури	0,1°C/0,1°F
з напругою	15 біт + знаковий біт
Зменшення шуму	85D6
для частот	50/60/400 Гц
синфазної напруги	-120В
Відхилення синфазного режиму	120D6 при -120В
Діапазон вимірюваних значень:	
для біполярних сигналів	-27648...+27648
Основна помилка перетворення	0,1% FS (напруга)
повторюваність	0,05% FS
помилка холодного підключення	$\pm 1,5^{\circ}\text{C}$
Діагностика	Світлодіоди: EXTf (контроль напруги живлення), SF (несправність системи)
Довжина з'єднувального кабелю	До 100 м до датчика
опір кабелю	Не більше 100 Ом
Миттєве споживання:	
від внутрішньої шини контролера (=5В)	87 мА
джерела L+	БОМА
Споживання енергії	1,8 Вт

Нам потрібно 6 окремих входів для підключення контактних датчиків. CPU 222 має 8 цифрових входів, тому для введення сигналу більше не потрібні модулі розширення.

Для під'єднання виконавчих механізмів, а саме (електромагнітних клапанів і котушок запалювання) потрібно 12 окремих виходів. Наш контролер має 6 внутрішніх дискретних виходів. Щоб збільшити кількість дискретних виходів використовуємо модуль дискретного виходу сигналу EM222, модифікація 6 ES 7222-1 HF 20-0 XA 0 з 8 релейними виходами [8].

Таблиця 4.4. Технічні характеристики модуля розширення EM222

кількість виходів	8
Напруга живлення навантаження L +/- L1	=24В/~24...230В
• номінальна вартість	=5...30В/~20...250В
• допустимий діапазон змін	
Вихідна напруга логічної одиниці	L+/L1
Тип виведення	естафета
Кількість виходів у групі	4
Вихідний струм логічного блоку	2,0 А
Вихідний струм логічного 0	0
Загальний вихідний струм вихідної групи	8.0А
Вихідний струм 2 сусідніх виходи	4.0А
Вихідна комутаційна здатність:	2.0А 2.0А
• з активним навантаженням	30 Вт постійного струму, 200 Вт
• з індуктивним навантаженням	постійного струму
• з ламповим навантаженням	кола змінного струму
Обмеження комутаційних перенапруг	зовнішній
Захист від короткого замикання	забезпечується зовнішніми ланцюгами
довжина кабелю:	До 150 м До 500 м
• звичайний	
• захищений	
Миттєве споживання:	40 мА
• від внутрішньої шини контролера (=5В)	72 мА
• від зовнішнього джерела =24В	
Споживання енергії	2 Вт

Інтерфейс системи з технологічним об'єктом

Схема під'єднання виконавчих механізмів до мікроконтролера приведено на рисунку 4.2.

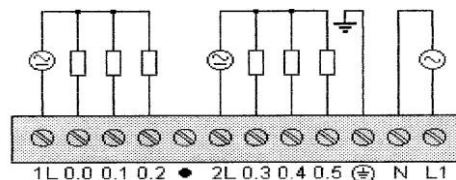


Рисунок 4.2. Схема під'єднання виконавчих механізмів до мікроконтролера

Виконавчими механізмами, підключеними до мікроконтролера, є електромагнітні клапани, магнітні пускачі, а також котушки запалювання. Усі ці прилади розраховані на 220 В змінного струму. Їх потужність коливається від 80 до 150 Вт.

У розробленій системі використовується модифікація мікроконтролера з релейним виходом змінної напруги 24-230 В. З цією зміною максимальний вихідний струм однієї логічної одиниці на канал становить 2 А. Струм, який споживає елемент з максимальною потужністю, яка використовується в цій системі, становить $150/220 = 0,68$ А. Тому для підключення виконавчих механізмів до мікроконтролера не потрібні додаткові елементи.

Модуль введення аналогового сигналу EM231 застосовується для підключення термопар до мікроконтролера. Схема підключення показана на рисунку 4.3 [8].

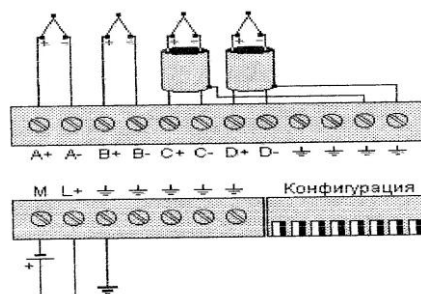


Рисунок 4.3. Схема підключення температурних давачів до модуля EM231.

Цей модуль в основному використовується для підключення 7 різних типів термопар. Він також забезпечує компенсацію холодного спаю термопари. Вибір типу підключеної термопари здійснюється при допомозі вбудованих DIP- перемикачів.

Давачі підключаються безпосередньо до модуля. Модуль EM231 безпосередньо підключається до мікроконтролера.

Схема підключення окремих датчиків до мікроконтролера показана на рисунку 4.4 [8].



Рисунок 4.4. Схема підключення окремих датчиків до мікроконтролера

Для підключення дискретних датчиків не потрібні додаткові пристрої [8].

4.2. Датчик температури та вологості ПВТ100

Промисловий датчик температури та вологості ПВТ100 призначений для роботи в неагресивних середовищах (Рис. 4.2.). Здійснює безперервне перетворення значень температури та відносної вологості робочого середовища в два незалежні уніфіковані сигнали струму 4...20 мА або напруги 0...10 В.



Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

МММТ. 480.016.016-ПЗ

Арк.

39

Рисунок 4.2. Датчик температури та вологості ПВТ100

Особливості та функціональні можливості

- Температура вимірювання: -35...+80 °С.
- Переналаштування діапазону вимірювання температур за допомогою DIP перемикачів: -35...+35 °С, -35...+75 °С, 0...+50 °С, 0...+80 °С
- Висока точність вимірювання: абсолютна похибка вимірювання вологості – до $\pm 3,0$ %, температури – до $\pm 0,4$ °С.
- Два незалежні вихідні канали 4...20 мА або 0...10 В.
- Ергономічний корпус зі ступенем захисту IP65.

Основна область застосування ПВТ100 - системи вентилявання та кондиціонування. Сенсори можуть розміщуватися у каналах припливної вентиляції, повітроходах та димоходах, сушильних, копильних та холодильних камерах, овоче- та зерносховищах, у тому числі неопалювальні приміщення з важкими температурними умовами.

Середовище вимірювання: неагресивні гази, повітря [16].

Таблиця 4.5. Технічні характеристики

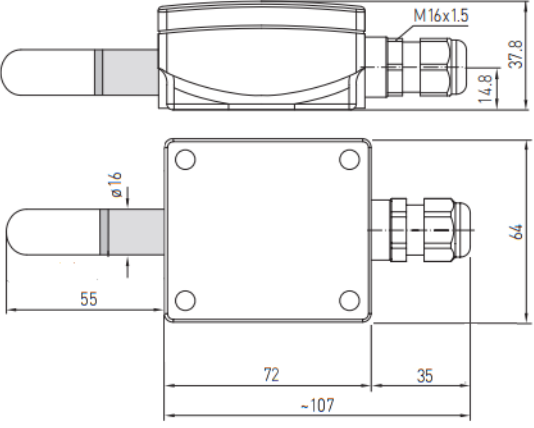
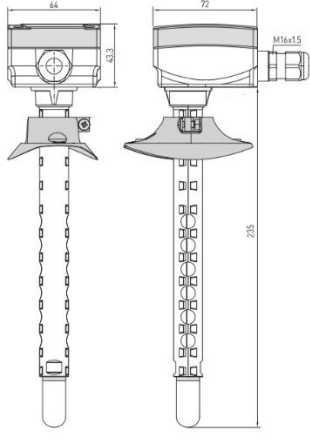
Характеристика	Значення
Напруга живлення	24 В постійного струму
Споживана потужність, не більше	1,1 Вт
Діапазони вимірювання відносної вологості RH	0...100% RH
Робочий діапазон вимірювання	0...95% RH
Межа допустимої абсолютної похибки вимірювання вологості при 25 °С	$\pm 2,0$ % – в діапазоні RH = 20...80% $\pm 3,0$ % – поза діапазоном RH = 20...80%
Діапазони вимірювання температури навколишнього повітря	-40...+80 °С -35...+75 °С, - 35...+35 °С, 0...+50 °С*, 0...+80 °С
Межа допустимої абсолютної похибки вимірювання температури при 25 °С	$\pm 0,4$ °С

Ступінь пиловологозахисту	IP65
---------------------------	------

Продовження таблиці 4.5.

Час готовності до роботи після вмикання, не більше	10 – 15 с
Гарантійний термін	12 місяців

Конструктивні виконання

	
Габаритні розміри датчика температури та вологості ПБТ100 в настінному виконанні Н7	Габаритні розміри датчика температури та вологості ПБТ100 в каналному виконанні К2

Позначення при замовленні

ПБТ100-Х.2.Х

Тип виконання:

- K2** - каналне із вбудованим зондом
- H7** - настінне із вбудованим зондом

Тип вихідного сигналу:

- I** - аналоговий, струм 4...20 мА
- У** - аналоговий, напруга 0...10 В

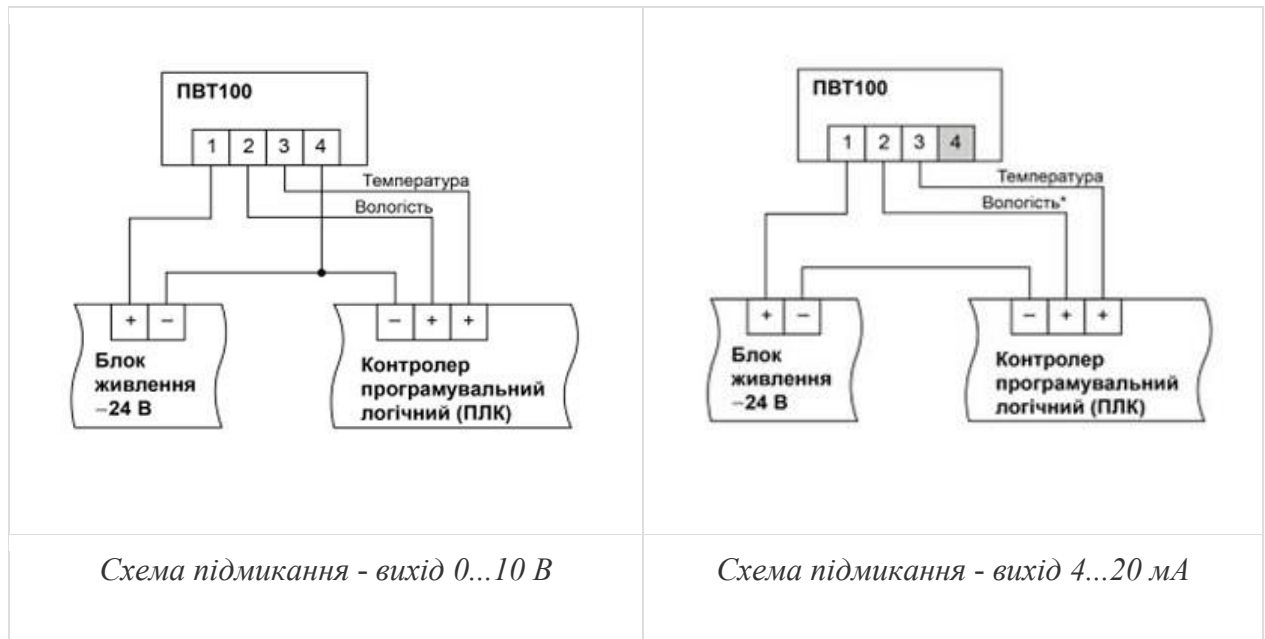
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

МММТ. 480.016.016-ПЗ

Арк.

41

Схеми підмикання



4.3. Система автоматизації макаронного виробництва

Завдання, що виникають під час автоматизації макаронного виробництва, багато в чому схожі із завданнями, що стоять перед хлібопекарською промисловістю. До них можна віднести автоматизацію таких ділянок виробництва: безтарного зберігання борошна; замісу, ущільнення і формування тіста; операцій оброблення, різання, укладання сирих макаронів; сушіння макаронів; кінцевих операцій приготування макаронів (накопичення, стабілізації, фасування, транспортування і складування).

Процес сушіння макаронів є найтривалішим і найбільш відповідальним. Сушіння макаронів супроводжується складним комплексом явищ тепломасообміну, що визначають багато в чому якість продукції. У процесі

сушіння макаронів у міру видалення вологи змінюються структурно-механічні властивості їх. Макарони набувають властивостей пружного і крихкого тіла, втрачаючи властивості пластичності.

Якість роботи АСР визначає режим сушіння. Так, тривале сушіння за м'яких режимів (низької температури і високій відносній вологості сушильного повітря) призводить до закисання макаронів; водночас

інтенсифікація сушіння (жорсткий режим), особливо на заключному етапі, веде до розтріскування макаронів і перетворення їх на крихту.

З метою скорочення тривалості сушіння макаронів і забезпечення водночас їх міцності процес розбивається на період попереднього і період остаточного сушіння. Попереднє сушіння характеризується інтенсивним видаленням вологи із сирих макаронів при збереженні їхньої пластичності (до вологості близько 20 %). Остаточне сушіння являє собою період повільного видалення вологи з макаронів, що набувають при цьому властивостей пружного матеріалу.

Автоматичні потокові лінії для виробництва макаронів складаються з низки окремих технологічних агрегатів, транспортних механізмів і забезпечують високий ступінь механізації і автоматизації всіх стадій виробництва готової продукції високої якості. Сушіння макаронів часто здійснюють у підвісному стані на металевих стрижнях - бастунах. Система автоматизації періоду попереднього сушіння, здійснюваного у складі автоматичної потокової лінії Б6-ЛМВ, наведена на рис. 4.3 [15].

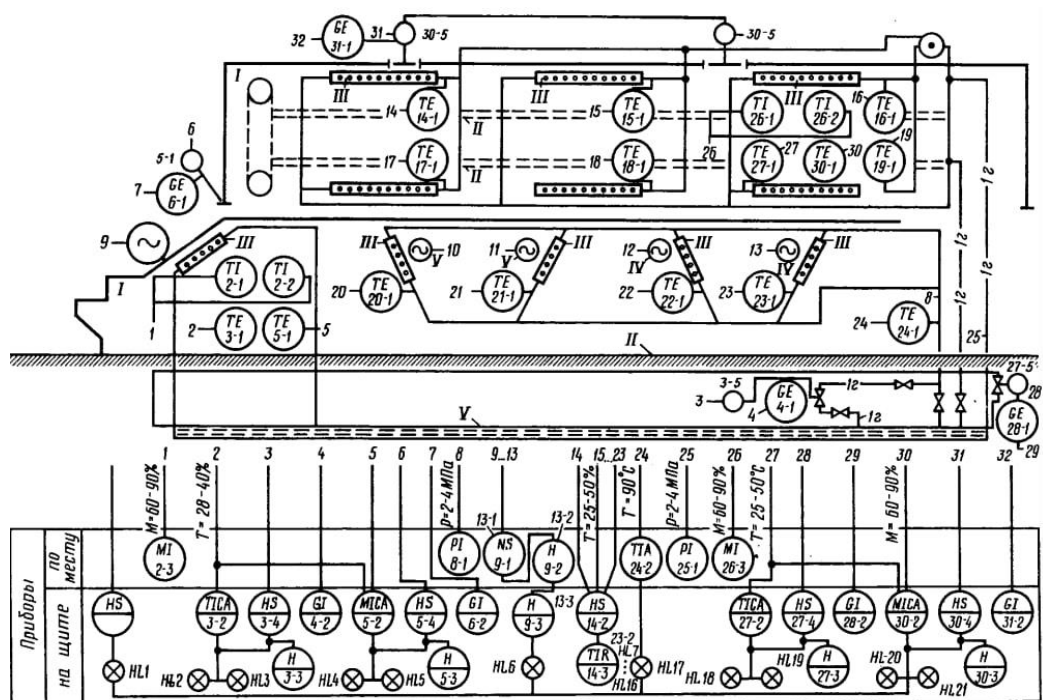


Рисунок 4.3. Система автоматизації сушіння макаронів на лінії Б6-ЛМВ

Попередня сушарка конструктивно являє собою герметизований і теплоізований тунель /, розділений перекриттям на два поверхи, що утворюють дві зони сушіння. У першій (нижній) зоні розміщено один гребінчастий транспортер //, у другій (верхній) - два транспортери. У нижній частині сушарки розміщений транспортер V для повернення порожніх бастунів. Для підігріву сушильного повітря використовуються водяні калорифери III з ребристих труб, трубопроводи, насоси і регулювальна арматура.

Гаряча вода (80-90 °C) подається в систему підігріву першої зони безпосередньо від централізованої мережі тепlopостачання. У систему підігріву другої зони, крім гарячої води, частково подається відпрацьована тепла вода з першої зони за допомогою насоса.

Вентилювання в першій зоні здійснюється за допомогою вентиляторів IV, які розташовані попарно. Два вентилятори при вході макаронів у сушарку засмоктують повітря з приміщення, продувають його через калорифери, створюють повітряну завісу і подають тепле повітря в нижню зону. Чотири пари вентиляторів забезпечують рециркуляцію сушильного повітря з продувкою його через калорифери. Частина вологого повітря виходить із зони в приміщення. Система вентиляції зон сушарки забезпечує часткову рециркуляцію сушильного повітря: вологе повітря частково змішується з більш сухим, що надходить із приміщення, а частково викидається в приміщення.

Задані параметри сушіння - температура і відносна вологість сушильного повітря підтримуються автоматично. Система автоматизації забезпечує контроль температури і вологості повітря в нижній і верхній зонах попередньої сушарки (2-3, 3-2, 5-2, 26-2, 30-2); контроль тиску і температури гарячої води по зонах сушарки (8-1, 24-2, 25-1); регулювання температури і відносної вологості повітря по зонами попередньої сушарки (3-2, 5-2, 27-2, 30-

					МММТ. 480.016.016-ПЗ	Арк.
						44
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2); контроль положення регулювальних органів 4-2, 6-2, 28-2, 31-2; світлову сигналізацію робочого та аварійного режимів роботи сушарки.

Робота АСР сушарки базується на використанні психрометричного методу вимірювання та регулювання параметрів сушильного агента (повітря).

Датчики температури і вологості повітря встановлені в обох зонах попередньої сушарки. Як датчик температури використано термоперетворювачі опору 3-1, 5-1, 27-1, 30-1. Один із кожної пари є "мокрим", а інший - "сухим". Вторинними приладами у комплекті з ними служать логометри 5-2, 30-2.

Автоматична система регулювання забезпечує режим сушіння шляхом підтримання необхідної різниці між показаннями "сухого" і "мокрого" термометрів. У схемі регулювання температури повітря регулювальним параметром є витрата гарячої води в калорифері, зміна якої здійснюється клапанами 3-5, 27-5, 30-2. здійснюється клапанами 3-5, 27-5 у верхній і нижній зонах сушарки. Регулювальним впливом у системі регулювання вологості повітря є витрата сушильного повітря в суміші з сухим з приміщення в системі вентиляції (5-4, 30-5).

Контроль температури гарячої води на виході з калориферів попередньої сушарки здійснюється термоперетворювачами опору 14-1 - 23-1 і логометром 14-3. Температура і вологість сушильного повітря контролюються скляними технічними термометрами розширення 2-1, 2-2, 26-1, 26-2 і психрометрами 2-3, 26-2 [15].

					МММТ. 480.016.016-ПЗ	Арк.
						45
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5. РОЗРОБКА АЛГОРИТМУ ТА ПРОГРАМИ РОБОТИ СИСТЕМИ

Для розробки алгоритму сушіння макарон з використанням програмованого логічного контролера SIMATIC S 7-200 та датчика температури та вологості ПВТ100, можна створити блок-схему, яка відображатиме основні кроки процесу.

Програмування логічних контролерів SIMATIC S7-200 від Siemens зазвичай здійснюється за допомогою спеціального програмного забезпечення STEP 7 Micro/WIN. Тут я наводжу приклад коду для реалізації процесу сушіння макаронів на мові програмування C++, але з умовою, що даний код буде виконуватись на програмованому логічному контролері (ПЛК). (Додаток А)

Для зручності і відповідності стандартам, ми опишемо, як ця програма може бути реалізована з використанням псевдокоду, який потім може бути адаптований до реального середовища програмування контролера S7-200.

Приклад алгоритму сушіння макаронів:

1. Встановлення температури та вологості.
2. Запуск сушильного процесу.
3. Моніторинг та контроль параметрів.
4. Завершення процесу після досягнення заданих умов.

Цей код демонструє базову логіку для реалізації процесу сушіння макаронів, включаючи управління нагрівачем та вентилятором, а також моніторинг температури та вологості. Реальні реалізації на контролерах S7-200 потребують використання специфічних інструкцій та середовища програмування STEP 7 Micro/WIN. В цьому середовищі ви зможете задати адреси входів/виходів, таймерів та інших ресурсів, відповідно до конфігурації вашої системи.

На рис. 5.1. наведено алгоритм регулювання температури.

					МММТ. 480.016.016-ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		46

Спочатку необхідно виконати ініціалізацію контролера. Проводиться налаштування портів введення і виведення ПЛК, виконується тестування пам'яті контролера і перевіряються лінії зв'язку.

ПЛК виконує по черговий циклічний процес опитування датчиків температури. Після опитування поточного датчика виконується обробка отриманих даних, формування управляючого впливу на виконавчі механізми. Період опитування датчиків становить $T=0,02$ с.

					МММТ. 480.016.016-ПЗ	Арк.
						47
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рис. 5.1. Блок-схема алгоритму регулювання температури (Додаток В)

На рис. 5.2. наведено алгоритм регулювання температури.

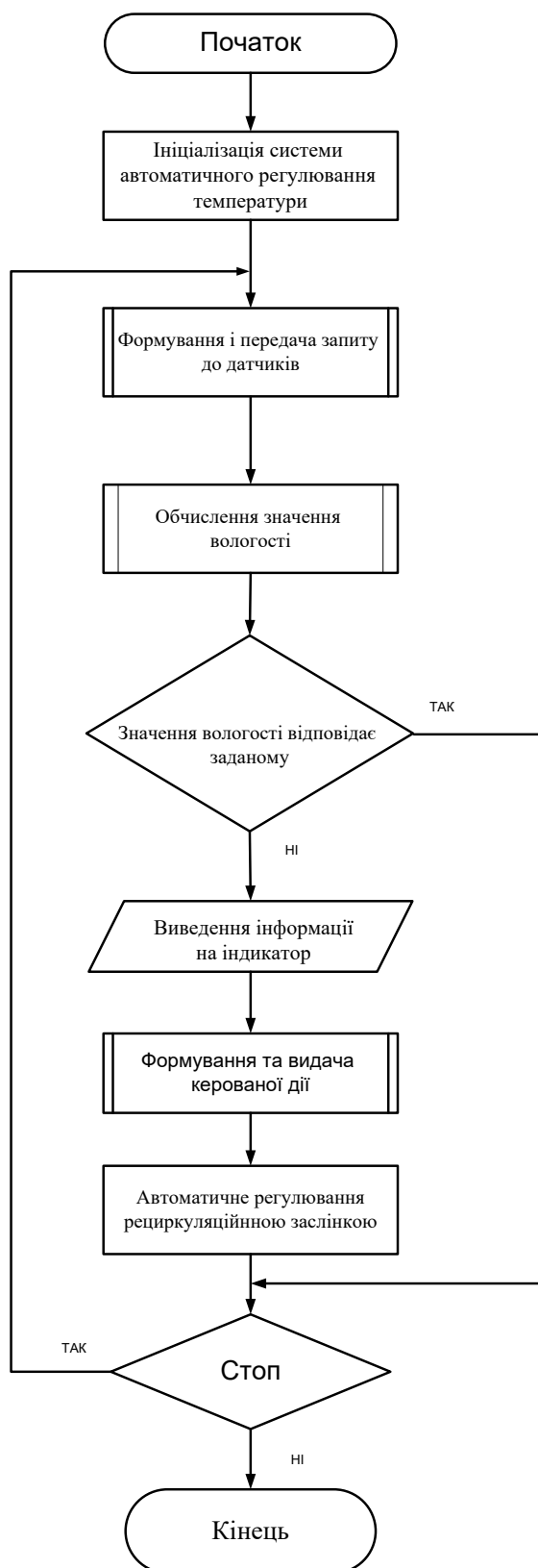


Рис. 5.2. Блок-схема алгоритму регулювання вологості (Додаток Г)

6. РОЗРАХУНОК ПОХИБОК ВИМІРЮВАННЯ (МЕТРОЛОГІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК)

Для розрахунку похибок вимірювання (метрологічних характеристик) необхідно врахувати всі джерела похибок, пов'язані з датчиком температури та вологості (ПВТ100), а також з програмованим логічним контролером (ПЛК) SIMATIC S7-200. Основні види похибок включають систематичні та випадкові похибки. Розглянемо їх детальніше.

Основні види похибок

1. Систематичні похибки:
 - Похибка калібрування
 - Похибка інструмента (датчика)
 - Похибка через зовнішні фактори (температура, вологість, тиск)
 - Похибка вимірювального ланцюга (аналого-цифровий перетворювач ПЛК)
2. Випадкові похибки:
 - Флуктуації сигналу
 - Нестабільність датчика
 - Шум вимірювальної системи

Метрологічні характеристики датчика ПВТ100

Для розрахунку похибок необхідно знати метрологічні характеристики датчика ПВТ100:

1. Похибка вимірювання температури:
 - Типова похибка: $\pm(0.1 + 0.005 \cdot T)$ °C, де T — виміряна температура
2. Похибка вимірювання вологості:
 - Типова похибка: $\pm 2\%$ RH (відносної вологості)

Метрологічні характеристики ПЛК SIMATIC S7-200

1. Аналого-цифровий перетворювач (АЦП):
 - Дискретність: $\pm 0.1\%$

					МММТ. 480.016.016-ПЗ	Арк.
						50
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- Лінійність: $\pm 0.05\%$

Розрахунок сумарної похибки вимірювання температури

Сумарна похибка вимірювання температури складається з похибки датчика та похибки АЦП:

$$\delta_T = \sqrt{(\delta_{\text{датчик}}^2 + \delta_{\text{АЦП}}^2)} \quad (6.1)$$

де:

- $\delta_{\text{датчик}} = 0.1 + 0.005T \text{ } ^\circ\text{C}$
- $\delta_{\text{АЦП}} = 0.1\%$ від діапазону вимірювання (наприклад, для діапазону $0-100^\circ\text{C}$ це 0.1°C)

Розрахунок сумарної похибки вимірювання вологості

Сумарна похибка вимірювання вологості складається з похибки датчика та похибки АЦП:

$$\delta_{RH} = \sqrt{(\delta_{\text{датчик}}^2 + \delta_{\text{АЦП}}^2)} \quad (6.2)$$

де:

- $\delta_{\text{датчик}} = 2\%$
- $\delta_{\text{АЦП}} = 0.1\%$ від діапазону вимірювання (наприклад, для діапазону $0-100\%$ це 0.1%)

Приклад розрахунку

Вимірювання температури

Припустимо, що виміряна температура становить 70°C :

1. Похибка датчика:

$$\delta_{\text{датчик}} = 0.1 + 0.005 \cdot 70 = 0.1 + 0.35 = 0.45^\circ\text{C}$$

2. Похибка АЦП:

$$\delta_{\text{АЦП}} = 0.1\% \cdot 100 = 0.1^\circ\text{C}$$

3. Сумарна похибка:

$$\delta_T = \sqrt{(0.45^2 + 0.1^2)} = \sqrt{(0.2025 + 0.01)} = \sqrt{0.2125} \approx 0.46^\circ \text{C}$$

Вимірювання вологості

Припустимо, що виміряна вологість становить 50% RH:

1. Похибка датчика:

$$\delta_{\text{датчик}} = 2\%$$

2. Похибка АЦП:

$$\delta_{\text{АЦП}} = 0.1\% \cdot 100 = 0.1\%$$

3. Сумарна похибка:

$$\delta_{RH} = \sqrt{(2^2 + 0.1^2)} = \sqrt{(4 + 0.01)} = \sqrt{4.01} \approx 2.00\%$$

Сумарні похибки вимірювання температури та вологості можна використовувати для оцінки точності вимірювань у системі сушіння макаронів. Для температури сумарна похибка становить приблизно 0.46°C при 70°C , а для вологості — приблизно 2.00% при 50% RH. Ці похибки потрібно враховувати під час проектування системи та налаштування порогових значень для управління процесом сушіння.

7. ОЦІНКА ПОКАЗНИКІВ НАДІЙНОСТІ РОБОТИ СИСТЕМИ

Оцінка показників надійності роботи системи сушіння макаронів з використанням ПЛК SIMATIC S7-200 та датчика ПБТ100 включає аналіз основних параметрів, які впливають на надійність, таких як безвідмовність, ремонтпридатність та тривалість безвідмовної роботи. Давайте розглянемо кожен з цих показників детальніше.

Основні показники надійності

1. Безвідмовність (надійність):
 - Середній час до відмови (Mean Time Between Failures, MTBF)
 - Ймовірність безвідмовної роботи протягом певного часу ($R(t)$)
2. Ремонтпридатність:
 - Середній час ремонту (Mean Time To Repair, MTTR)
 - Коефіцієнт готовності (Availability, A)
3. Тривалість безвідмовної роботи:
 - Ймовірність відмови протягом певного часу ($F(t)$)
 - Інтенсивність відмов (Failure Rate, λ)

Безвідмовність (надійність)

Середній час до відмови (MTBF)

Для оцінки MTBF необхідно знати статистичні дані про надійність компонентів системи. Виходячи з технічної документації:

- ПЛК SIMATIC S7-200:
 - MTBF: приблизно 200,000 годин
- Датчик ПБТ100:
 - MTBF: приблизно 100,000 годин

Для системи, яка складається з декількох компонентів, загальний MTBF можна розрахувати за формулою:

					МММТ. 480.016.016-ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		53

$$\frac{1}{MTBF_{\text{системи}}} = \frac{1}{MTBF_{\text{ПЛК}}} + \frac{1}{MTBF_{\text{датчик}}} \quad (7.1)$$

Розрахуємо MTBF для системи:

$$\frac{1}{MTBF_{\text{системи}}} = \frac{1}{200,000} + \frac{1}{100,000} = \frac{1}{200,000} + \frac{2}{200,000} = \frac{3}{200,000}$$

$$MTBF_{\text{системи}} = \frac{200,000}{3} \approx 66,667 \text{ годин}$$

Ймовірність безвідмовної роботи ($R(t)$)

Ймовірність безвідмовної роботи протягом часу t можна розрахувати за експоненційним законом розподілу:

$$R(t) = e^{-\frac{t}{MTBF}} \quad (7.2)$$

Наприклад, для часу $t = 1,000$ годин:

$$R(1,000) = e^{-\frac{1,000}{66,667}} \approx e^{-0.015} \approx 0.985$$

Ремонтопридатність

Середній час ремонту (MTTR)

Середній час ремонту для ПЛК та датчика залежить від організації ремонтного процесу, але можна прийняти приблизне значення:

- MTTR для ПЛК: 4 години
- MTTR для датчика: 2 години

Оскільки система складається з двох компонентів, можна взяти середнє значення MTTR:

$$MTTR_{\text{системи}} = \frac{4+2}{2} = 3 \text{ години}$$

Коефіцієнт готовності (Availability, A)

Коефіцієнт готовності можна розрахувати як:

$$A = \frac{MTBF}{MTBF+MTTR} \quad (7.3)$$

Для нашої системи:

$$A = \frac{66,667}{66,667+3} \approx \frac{66,667}{66,670} \approx 0.99995$$

Тривалість безвідмовної роботи

Ймовірність відмови (F(t))

Ймовірність відмови протягом часу t визначається як:

$$F(t)=1-R(t)$$

Наприклад, для t = 1,000 годин:

$$F(1,000)=1-0.985\approx 0.015$$

Інтенсивність відмов (λ)

Інтенсивність відмов системи визначається як:

$$\lambda = \frac{1}{MTBF} \quad (7.4)$$

Для нашої системи:

$$\lambda = \frac{1}{66,667} \approx 0.000015 \text{ відмов на годину}$$

Система сушіння макаронів з використанням ПЛК SIMATIC S7-200 та датчика ПВТ100 має високу надійність, з середнім часом до відмови приблизно 66,667 годин та коефіцієнтом готовності 0.99995. Це означає, що система буде працювати безвідмовно більшу частину часу. Середній час ремонту становить приблизно 3 години, що також сприяє високій готовності системи. Ймовірність відмови протягом 1,000 годин роботи становить лише 1.5%.

					МММТ. 480.016.016-ПЗ	Арк.
						55
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

8. БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ ТА ОХОРОНА ПРАЦІ

Давайте розглянемо аспекти безпеки життєдіяльності та охорони праці, які є критичними для виробництва макаронних виробів під час процесу їх сушіння.

Оцінка ризиків

1. Термічні ризики:

- **Опіки:** Персонал повинен бути захищений від можливості опіків від нагрівальних елементів або гарячих поверхонь. Рекомендується носити захисні рукавички та захисний одяг, який зменшує ризик контакту з гарячими поверхнями.

- **Пожежна безпека:** Виробничі приміщення повинні бути обладнані вогнегасниками та системами пожежної сигналізації. Персонал має бути навчений правильно реагувати в разі пожежі і використання вогнегасників.

2. Електробезпека:

- Все обладнання повинно бути заземлене та утримувати в належному стані. Регулярна перевірка електричних систем ізоляції та заземлення є важливою для запобігання ураження електричним струмом.

- Усі персональні захисні засоби, такі як респіратори та рукавички, повинні бути відповідно заземлені.

3. Хімічна безпека:

- Якщо під час процесу сушіння використовуються хімічні речовини, такі як миючі засоби, необхідно дотримуватися інструкцій щодо їх правильного використання та зберігання. Персонал має мати доступ до відповідних захисних засобів та бути навчений їх безпечному використанню.

Заходи безпеки

1. Особистий захист:

- Персонал має носити захисні окуляри та захисні респіратори, особливо у зоні з високим рівнем пилу чи хімічних випарів.

					МММТ. 480.016.016-ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		56

- Захисні рукавички повинні бути використані для запобігання опіків та контактів з гарячими або хімічно агресивними речовинами.

2. Пожежна безпека:

- Виробничі приміщення повинні мати відповідні системи вентиляції та евакуації, щоб забезпечити швидкий вихід персоналу у випадку пожежі.

- Персонал має бути навчений правильним процедурам евакуації та використання вогнегасників.

3. Електробезпека:

- Забезпечення, щоб усі електричні системи були відповідно заземлені та відповідали стандартам безпеки.

- Регулярна перевірка стану ізоляції та електричної безпеки обладнання.

Навчання та інструктаж

1. Тренінг персоналу:

- Всі працівники повинні проходити обов'язковий навчальний курс з питань безпеки життєдіяльності та охорони праці.

- Тренінги повинні включати інструкції щодо правильного використання обладнання, розпізнавання потенційних небезпек та процедур дії в екстрених ситуаціях.

2. Інструкції та процедури:

- Всі процедури роботи та взаємодії з обладнанням мають бути чітко визначені та доступні для всього персоналу.

- Персонал повинен розуміти процедури аварійного вимкнення обладнання та евакуації.

Контроль та аудит безпеки

1. Регулярні перевірки:

					МММТ. 480.016.016-ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		57

- Проведення систематичних перевірок усіх аспектів безпеки, включаючи стан обладнання, електричні ізоляції, системи вентиляції та пожежні заходи.

2. Аудит безпеки:

- Регулярні аудити безпеки для оцінки відповідності усіх процедур та інструкцій вимогам законодавства та стандартам безпеки.

Взаємодія з усіма зацікавленими сторонами

1. Залучення персоналу:

- Всі працівники мають бути залучені до питань безпеки, імати можливість висловити свої спостереження та пропозиції з покращення безпеки на робочому місці.

- Регулярні зустрічі з командою для обговорення питань безпеки та вирішення потенційних проблем.

Загальні підходи

Всі ці заходи спрямовані на створення безпечного та здорового робочого середовища для персоналу, що працює у виробництві макаронних виробів під час їх сушіння. Дотримання цих стандартів дозволяє знизити ризики травм і аварійних ситуацій, а також забезпечити ефективну роботу [9].

					МММТ. 480.016.016-ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		58

ВИСНОВКИ

Розробка комп'ютеризованої інформаційно-вимірювальної системи для контролю процесу сушки макаронних виробів, з використанням програмованого логічного контролера SIMATIC S7-200 та датчика ПБТ100, є значним кроком у підвищенні ефективності та якості виробництва. Система забезпечує оптимальні умови сушіння, оперативний контроль і регулювання процесу, протоколювання і аналіз даних, високу точність вимірювань, та адаптацію до умов експлуатації.

Аналіз надійності системи показує, що середній час до відмови (MTBF) складає приблизно 66,667 годин, а ймовірність безвідмовної роботи протягом 1,000 годин ($R(t)$) становить 98.5%. Середній час ремонту (MTTR) системи близько 3 годин, а коефіцієнт готовності (Availability, A) досягає 99.995%. Ці показники свідчать про високу надійність і готовність системи до безперебійної роботи.

Щодо аспектів безпеки життєдіяльності та охорони праці, система включає заходи для зниження термічних ризиків, забезпечення електробезпеки, хімічної безпеки, особистого захисту персоналу, навчання та інструктажу, контролю та аудиту безпеки, а також взаємодії з усіма зацікавленими сторонами. Дотримання цих заходів забезпечує безпечне і ефективне робоче середовище, знижує ризики травм і аварійних ситуацій, сприяючи стабільній і безперервній роботі системи.

Враховуючи вищезазначене, впровадження цієї системи підвищує конкурентоспроможність підприємства, зменшує витрати на виробництво, підвищує якість макаронних виробів, і забезпечує високий рівень безпеки на виробництві.

					МММТ. 480.016.016-ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		59

ЛІТЕРАТУРА

1. Сушка домашніх макаронних виробів - поради щодо зберігання.
<https://chomu.koshachek.com/articles/sushka-domashnih-makaronnih-virobiv-poradi-shhodo.html>.
2. "Pasta and Semolina Technology" (2008) Ron Kill i K. Turnbull
3. "Pasta Production Technology" by James E. Kruger, Robert C. Matsuo, and Joel W. Dick
4. ДОСЛІДЖЕННЯ ФОРМ ЗВ'ЯЗКУ ВОЛОГИ ТА СОРБЦІЙНИХ
ВЛАСТИВОСТЕЙ МАКАРОННИХ
<https://dspace.nuft.edu.ua/bitstream/123456789/14980/1/MKyvgdfzvsvmvzhvz.pdf>
5. Дослідження впливу клітковини пшеничної на стан клейковинного комплексу борошна Збагачення борошняних кондитерських виробів каротиновмісною сировиною (nuft.edu.ua)
6. МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ НАЦІОНАЛЬНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ
<https://dspace.nuft.edu.ua/server/api/core/bitstreams/cccd8299-4029-41bc-a728-f57fa34458bd/content>.
7. Про конвективне сушіння довготрубчастих макаронних виробів у плоских
<https://dspace.nuft.edu.ua/items/cdc59676-8120-4f8d-9d8f-bf6a937591e0>.
8. Навчальний курс Siemens Simatic S7. Програмування . Курс ST-7PRO1/ST7PRO2. 458 стор .
9. Харківський національний університет внутрішніх справ БЕЗПЕКА
ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ ТА ОХОРОНА ПРАЦІ Підручник За загальною
редакцією доктора юридичних наук, професора, члена-кореспондента НАПрН
України В. В. Сокурєнка Харків – 2021 content (univd.edu.ua)
10. Bühler Group

					МММТ. 480.016.016-ПЗ	Арк.
						60
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

11. Лекція Технологічне обладнання підприємств макаронного виробництва
<http://www.tsatu.edu.ua/ophv/wp-content/uploads/sites/13/lekcija-4-tehnolohichne-obladnannja-pidpryyemstv-makaronnoho-vyrobnyctva.pdf>
12. ДСТУ 3191-95 (ГОСТ 12 2.137-96) Обладнання для кондиціонування повітря та вентиляції
13. Гвоздев А.В. Механізація виробництва хлібобулочних, мучних кондитерських і макаронних виробів. Курс лекцій. Мелітополь, ТГАТА, 2002. – 64 с.
14. Способи сушіння макаронних виробів. Десятов С.В., Буденко С.Ф., Антонова Г.В., Таврійський державний агротехнологічний університет
15. "Автоматизація технологічних процесів і виробництв" (Автоматизація харчових виробництв) під редакцією В.А. Михайлова (2013)
16. Акутек в Україні <https://aqteck.com.ua/ua/datchyky/pvt100-promyslovyi-datchyk-vologosti-ta-temperature/komplektnist>
 Як у Луцьку виготовляють макарони. [Електронний ресурс], Режим доступу: <https://konkurent.ua/publication/4245/ak-u-lucku-vigotovlyayut-makaroni>